

DESAFÍOS DE LA SEGURIDAD HÍDRICA EN AMÉRICA LATINA

Un enfoque hacia el nexo
agua - energía



Fernando
Anaya

Desafíos de la seguridad hídrica en América Latina: Un enfoque hacia el nexo agua - energía

Fernando Anaya

ÍNDICE

1. Contexto	5
1.1 Agua y los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)	6
1.2 Nexo agua - energía	9
2. Caracterización y análisis de situación actual	13
2.1 Disponibilidad de recursos hídricos	14
2.2 Presión sobre los recursos hídricos	16
2.3 Pobreza hídrica y el uso del agua	19
2.4 Leyes y políticas sobre recursos hídricos en AL	23
2.5 Cuantificación del nexo entre el agua y la energía	26
2.6 El cambio climático y disponibilidad del agua para la energía	30
3. Desafíos y recomendaciones	32
3.1 Sostenibilidad de los recursos hídricos y acceso	35
3.2 Eficiencia económica en el uso del agua	38
3.3 Marco legal y normativo	39
3.4 Coordinación y capacidad institucional	41
3.5 Disponibilidad de información	43
3.6 Instrumentos de gestión	45
3.7 Infraestructura	48
Referencias	56



Los servicios asociados al agua y la energía son elementos de desarrollo interdependientes. Por tanto, la seguridad y desarrollo energético de los países dependerá de la disponibilidad y seguridad de suministro del recurso hídrico. Para los países de América Latina (AL), la seguridad hídrica constituye un reto social, político y económico que permite mantener el desarrollo sostenible.

La Comisión Económica para América Latina¹ define la seguridad hídrica como la capacidad de un territorio para garantizar el acceso equitativo en calidad y cantidad a servicios hídricos resilientes que permitan el desarrollo humano y económico sostenible de su población. En este sentido la condición de inseguridad hídrica ocurre cuando el territorio presenta un estado de pobreza hídrica y/o cuando se enfrenta situaciones de riesgo de acceso o estrés hídrico.

El presente artículo tiene por objeto identificar los desafíos y recomendaciones para el fortalecimiento de la seguridad hídrica en diez países de la región: Chile, Colombia, Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras, México, Nicaragua, Panamá y Perú. El documento se divide en tres apartados. El primero, pone en contexto la evaluación del agua y energía en el marco de los Objetivos de Desarrollo Sostenible, seguido la conceptualización del nexo agua – energía. El segundo apartado describe y analiza la situación actual de los recursos hídricos y sus interrelaciones con el sector energía y cambio climático; mientras que el tercero resume los desafíos que enfrentan los países y se proponen recomendaciones para fortalecer la seguridad hídrica.

1 Urquiza y Billi. (2020).

01



Contexto



1.1

Agua y los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)

En 2015, la ONU aprobó la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, que define 17 ODS dirigidos a proteger el planeta y mejorar las condiciones de vida de las personas. Con la aprobación de la Agenda, los países analizados se comprometieron a dirigir recursos y capacidades institucionales para lograr las metas establecidas en cada ODS.



Fotografía de Gallery DS, fuente: www.unsplash.com

Si bien el agua es transversal a los ODS, a continuación sólo se describen aquellos objetivos de mayor vinculación con el nexo agua-energía.

El primer ODS a describir es el N°6 que busca *“Garantizar la disponibilidad y la gestión sostenible del agua y el saneamiento para todos”*. Su implementación contempla ocho metas aplicables en el contexto y realidad de cada país y que contribuyen a resolver dificultades asociadas al acceso al agua potable (6.1); acceso a servicios de saneamiento e higiene (6.2); calidad de las aguas (6.3); uso eficiente de los recursos hídricos (6.4); gestión integrada de los recursos hídricos (GIRH) (6.5); conservación de los ecosistemas relacionados al agua (6.6); cooperación internacional para la creación de capacidades (6.a); y la participación de las comunidades en la gestión del agua y saneamiento (6.b). El logro de las metas del ODS N°6 permite mejorar la seguridad hídrica que conceptualmente consiste en alcanzar: i) una disponibilidad de agua que sea adecuada en cantidad y calidad para el abastecimiento humano, usos de subsistencia, protección de los ecosistemas y la producción; ii) la capacidad institucional, financiera y de infraestructura para acceder y aprovechar los recursos hídricos de forma sostenible y manejar las interrelaciones y externalidades entre los diferentes usos y sectores de manera coherente; iii) un nivel aceptable de riesgos para la población, el medio ambiente y la economía, asociados a los recursos hídricos².

El ODS N°7 *“Energía asequible y no contaminante”* está estrechamente vinculado con el uso del agua y las actividades de aprovechamiento sostenible de los recursos del ODS N°6. Este objetivo plantea el logro de cinco metas: garantizar el acceso universal a servicios energéticos asequibles, fiables y modernos (7.1); aumentar la proporción de energía renovable en el conjunto de fuentes energéticas (7.2); duplicar la tasa mundial

2 UNESCO (2020).

de mejora en la eficiencia energética (7.3); aumentar la cooperación internacional para facilitar el acceso a la investigación y la tecnología (7a.); y ampliar la infraestructura y mejorar la tecnología para prestar servicios energéticos modernos y sostenibles (7.b).

A nivel de infraestructura y servicios en zonas pobladas, el ODS N°11 *“Ciudades y comunidades sostenibles”* orienta la rápida urbanización de los países con políticas que apoyen el desarrollo de ciudades inclusivas, seguras, resilientes y sostenibles. Estos compromisos reconocen el impacto que tienen las actividades económicas sobre los recursos naturales y el cambio climático y en consecuencia, sobre el bienestar de la población y de los ecosistemas. Con una visión del empleo y tecnología como motor de desarrollo económico, el ODS N°8 plantea *“promover el crecimiento económico sostenido, inclusivo y sostenible, el empleo pleno y productivo y el trabajo decente para todos”*. Las acciones de este objetivo apuntan a aumentar los niveles de productividad y la innovación tecnológica; estimular el espíritu empresarial y la creación de empleo, y erradicar el trabajo forzoso y la esclavitud. La tabla siguiente muestra parte de los indicadores relacionados con los ODS mencionados.

Tabla 1. Indicadores asociados a los ODS

País	Población sin acceso a servicios de agua gestionados de forma segura ³ (2017)	Población sin acceso a electricidad (2018)	Emisiones per cápita tCO2 (2016)	Crecimiento PIB % (2019)	Crecimiento proyecto PBI % 2021 ⁴
Panamá	251.351	251.351	0	4,71	5
Chile	13.091.490	13.091.490	30.204	2,03	5
Colombia	306.759	306.759	0	1,64	2,9
Costa Rica	Sin datos	Sin datos	0	1,13	3,5
El Salvador	7.079.947	7.079.947	880.013	1,06	3,5
Guatemala	Sin datos	Sin datos	790.410	1,06	4,5
Honduras	71.284.899	71.284.899	0	3,94	3,8
México	3.090.237	3.090.237	780.224	0,89	1,3
Nicaragua	Sin datos	Sin datos	0	2,65	5,5
Perú	15.611.889	15.611.889	1.560.502	1,86	9,2

Fuente: Elaboración propia con base a estadísticas del Banco Mundial.⁵

3 No se garantiza la disponibilidad y la calidad (física y química) del agua para el consumo humano.

4 CEPAL (2021).

5 Datos del Banco Mundial. <https://datos.bancomundial.org/>.

“

El nexo agua – energía tiene una interacción más compleja con el entorno en el que se efectúa la producción energética que incluye aspectos económicos, ambientales y socioculturales.

1.2

Nexo agua-energía

El nexo entre el agua y la energía ganó relevancia como tema de debate internacional en la Asamblea Anual del Foro Económico Mundial (WEF) del año 2008, que enfatizó la necesidad de desarrollar una mejor comprensión de cómo el agua está vinculada al crecimiento económico⁶. El nexo agua – energía tiene una interacción más compleja con el entorno en el que se efectúa la producción energética que incluye aspectos económicos, ambientales y socioculturales. A nivel sectorial, el agua permite la realización de procesos de producción de energía: la extracción y procesamiento de combustibles fósiles, la generación termoeléctrica, la generación hidroeléctrica y la producción de materias primas para la elaboración de biocombustibles, entre otros. La energía utilizada para producir el agua define la interdependen-

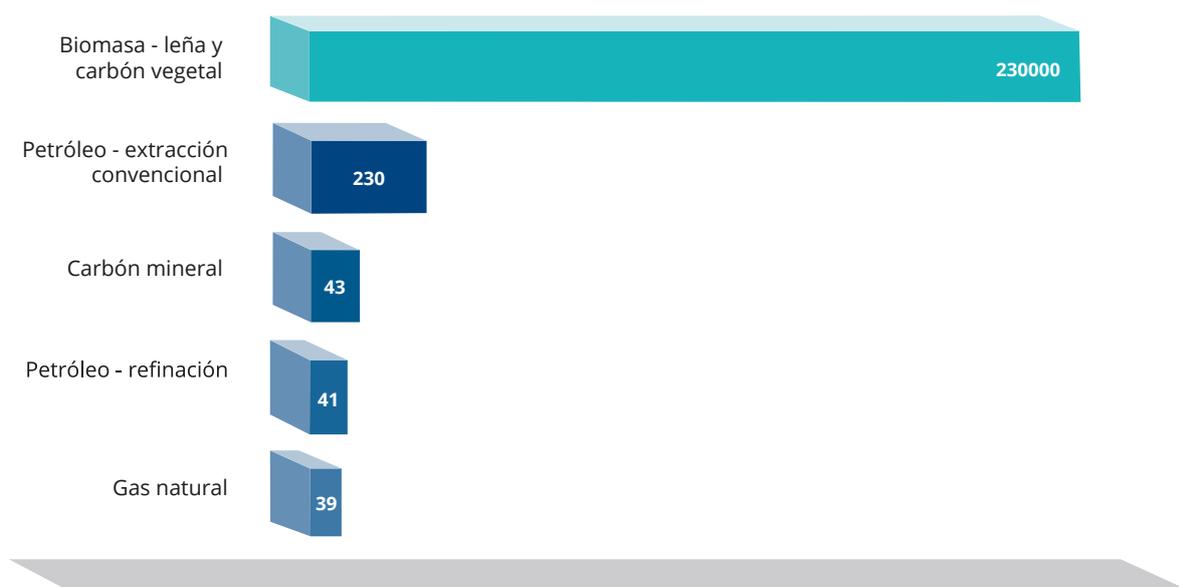
6 WEF (2011).

cia entre estos elementos y tiene su aplicación en los sistemas de suministro hídrico que requieren energía; destacando el bombeo para la extracción, transporte y distribución de agua, desalinización de agua de mar, tratamiento de aguas residuales y riego, entre otros.

La matriz energética primaria de los países de la región latinoamericana tiene una alta dependencia de los combustibles fósiles utilizados para procesos energéticos vinculados al consumo de agua. Las principales fuentes de consumo provienen de hidrocarburos (34% gas natural y 31% petróleo del consumo total de energía), mientras que las fuentes renovables, también dependientes del uso del agua, se componen por la hidroenergía; con el mayor aporte a la matriz (8% del total); seguida por la energía solar (6%), geotermia (1%) y la energía nuclear (1%). El 19% restante, corresponde a diversas fuentes de energía como carbón vegetal, bagazo o leña⁷.

El consumo de agua para la producción y transformación de energía es variable y depende principalmente del tipo de recurso o tecnología utilizada (Jin, et al., 2019; Lee et al., 2017; Spang et al., 2014 y Bakken et al., 2013). En la producción de combustibles, la biomasa tiene la mayor demanda de agua, siendo el cultivo la etapa que concentra su mayor consumo. **Para el caso de la biomasa utilizada para leña y carbón vegetal, el consumo promedio es de 230.000 litros (l) de agua por Gigajule (GJ) de energía producida.** Le siguen la extracción de petróleo convencional, el carbón natural y el gas natural con el menor consumo promedio de agua, como se muestra en la figura a continuación.

Figura 1. Consumo de agua por GJ producido (litros por GJ).



Fuente: Elaboración propia.

7 OLADE (2019).

La matriz de generación de electricidad de LA tiene una alta concentración tecnológica en las centrales hidroeléctricas y centrales termoeléctricas de ciclo combinado. Estas dos tecnologías producen entre el 70% y 98% del total de la electricidad consumida en ocho de los diez países bajo análisis (ver Figura 1).

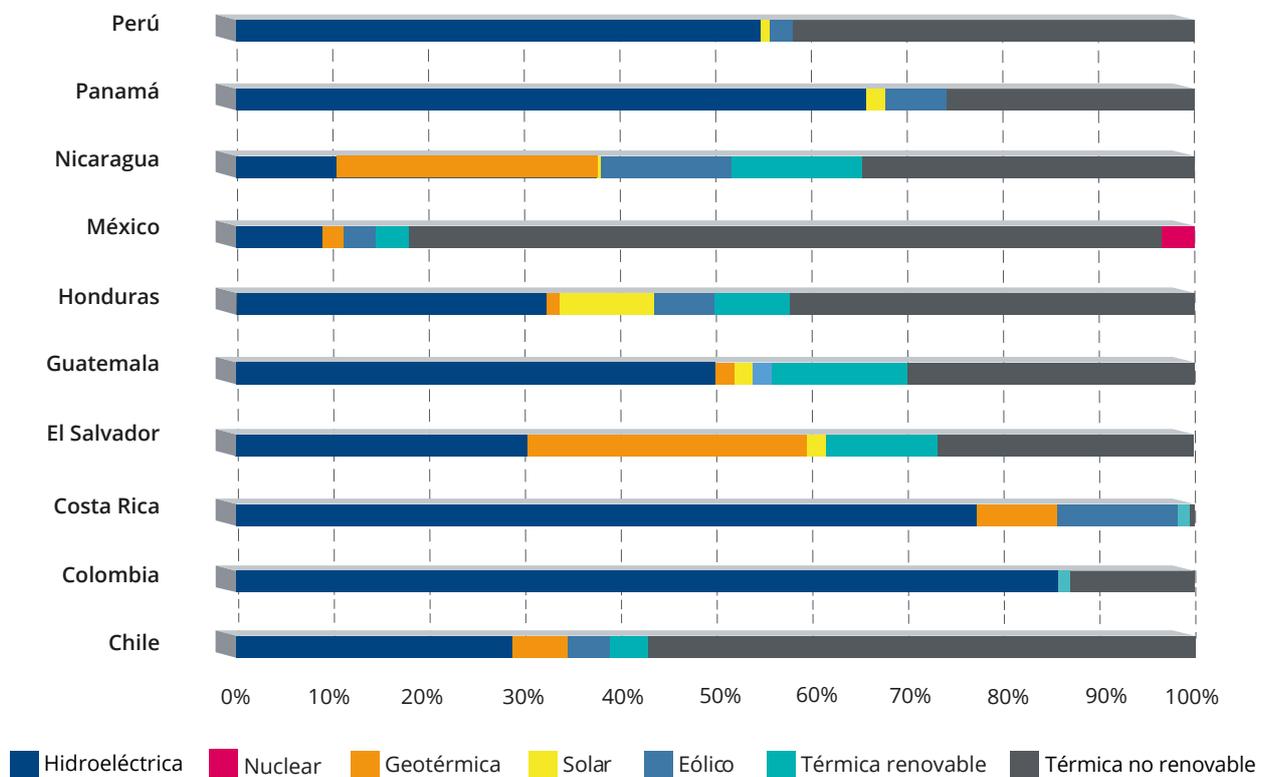
Ante episodios de disminución de disponibilidad de agua, los países con un reducido portafolio de tecnologías de generación enfrentan mayores riesgos para preservar su seguridad energética y estabilidad macroeconómica.

A distintos niveles, las sequías han impactado la seguridad de suministro y el gasto público dirigido a la instalación de estaciones auxiliares de generación de electricidad de alto costo; mientras que la volatilidad de los precios del petróleo afecta la balanza de pagos principalmente de aquellos países que mantienen subsidios en sus tarifas de electricidad y que tienen una alta dependencia de la importación de combustibles fósiles.

”

Ante episodios de disminución de disponibilidad de agua, los países con un reducido portafolio de tecnologías de generación enfrentan mayores riesgos para preservar su seguridad energética y estabilidad macroeconómica.

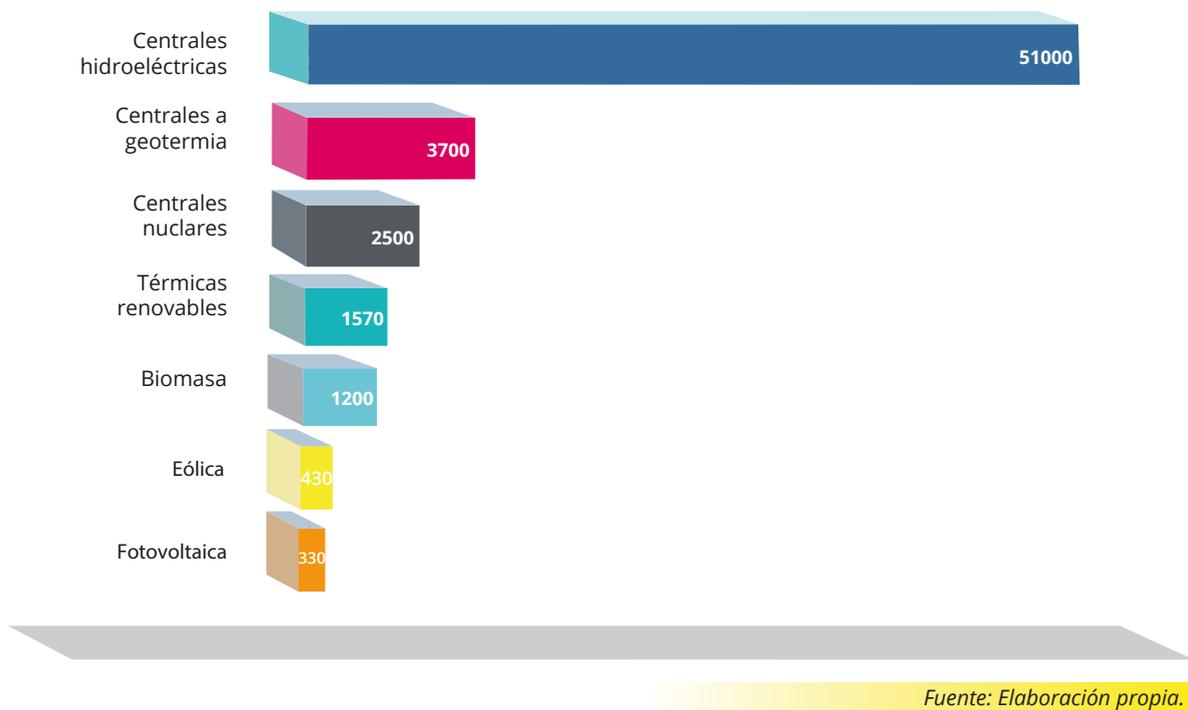
Figura 2. Participación de tecnologías en la generación de electricidad (2017).



Fuente: Elaboración propia basada en la información de OLADE (2019).

Entre los países seleccionados, el consumo de agua para la producción de electricidad está principalmente relacionado con la transformación de la energía hidráulica en electricidad y la refrigeración de las turbinas de centrales termoeléctricas. En este sentido, se destaca el alto consumo de agua de las centrales hidroeléctricas por MWh producido, con una magnitud promedio 51.000 litros por cada MWh; respecto al promedio de 1.190 litros por MWh de centrales térmicas tradicionales. La figura a continuación compara el consumo de agua por tecnología utilizada para producir electricidad en los países seleccionados.

Figura 3. Consumo de agua por MWh producido (litros por MWh).



Proyecciones de desarrollo del Banco Interamericano de Desarrollo (BID) indican que los países bajo análisis tendrán que aumentar en 56% su capacidad de almacenamiento de agua para sostener su crecimiento al 2050. En particular, Chile, Colombia, Costa Rica, Guatemala, México y Perú enfrentarán un déficit hídrico, de no incrementar su capacidad de almacenamiento y gestión de la demanda⁸.

8 BID (2019).

02

Caracterización
y análisis de
situación actual

2.1

Disponibilidad de recursos hídricos

América Latina tiene abundantes recursos hídricos. La región representa el 13% de la superficie total del planeta y agrupa un tercio del agua que corre por los cauces de los ríos a nivel global; lo que supone una oferta promedio de 22 mil metros cúbicos por habitante por año ($m^3/hab/año$), superando por mucho al promedio mundial de 6 mil $m^3/hab/año$ ⁹. Los países analizados enfrentan factores que limitan la disponibilidad del agua, entre estos: la variabilidad en la distribución espacial y temporal de los recursos hídricos; el desequilibrio del desarrollo territorial, caracterizado por la expansión de grandes ciudades e industrias en zonas con escasos recursos hídricos.

Perú, Chile, Colombia, Panamá, Nicaragua y Costa Rica, tienen una alta disponibilidad de agua per cápita con una distribución y disponibilidad desigual en el territorio. El valle central y región norte de Chile tiene una alta densidad de población y concentra importantes sectores productivos, sin embargo, su clima semiárido y

9 Peña (2016).

árido limita la disponibilidad del recurso. Similar ocurre en la costa peruana, los valles del Cauca y Tolima en Colombia y corredor seco centroamericano, que cubre las tierras bajas de la zona costera del Pacífico y la mayor parte de la región de la precordillera central de Chiapas (México), Guatemala, El Salvador, Honduras y Nicaragua, así como la provincia de Guanacaste en Costa Rica, y el arco seco de Panamá. En este contexto, la limitada disponibilidad hídrica en zonas con alta densidad de población dificulta su dotación, que depende de la existencia y estado de la infraestructura para el aprovechamiento, el tratamiento, distribución, e inclusive conservación del recurso hídrico.

La infraestructura de almacenamiento, infiltración artificial de acuíferos, desalinización y de trasvase de agua desde cuencas con mayor disponibilidad a cuencas con déficits hídrico, son parte de las medidas para garantizar la disponibilidad e incrementar la oferta del recurso. Sin embargo, el desafío de la disponibilidad de agua supera los límites de las zonas áridas o semiáridas de los países. El cambio climático está provocando efectos negativos en la distribución de las precipitaciones e incremento de las temperaturas en los países, reduciendo la disponibilidad de los recursos hídricos en zonas que se caracterizaban por su excedente hídrico. A esto se le añade la contaminación de napas de agua. El vertido de aguas residuales domésticas e industriales en cuerpos de aguas superficiales, afectan negativamente la calidad de las aguas, limitando las opciones de uso y en consecuencia su disponibilidad. La disponibilidad de recursos hídricos¹⁰ para los diferentes países analizados de AL se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 2. Recursos hídricos internos de los países bajo análisis

	Recursos hídricos internos 10 ⁹ m ³ /año	Recursos hídricos per cápita m ³ /hab/año (2017)
Perú	1.641	52.188
Chile	885	47.914
Colombia	2.145	43.856
Panamá	137	33.262
Nicaragua	156	24.466
Costa Rica	113	22.828
Honduras	91	9.615
Guatemala	109	6.456
México	409	3.278
El Salvador	16	2.447
<i>Promedio</i>	570	24.631

Fuente: Estadísticas de la FAO (AQUASTAT).

¹⁰ Corresponde al volumen de agua disponible en el territorio (superficiales y subterráneas) proveniente de las precipitaciones endógenas.

“

La extracción de un volumen de agua que supera el uso aprovechable natural de los países afecta las reservas del recurso en espacios superficiales y subterráneos.

2.2

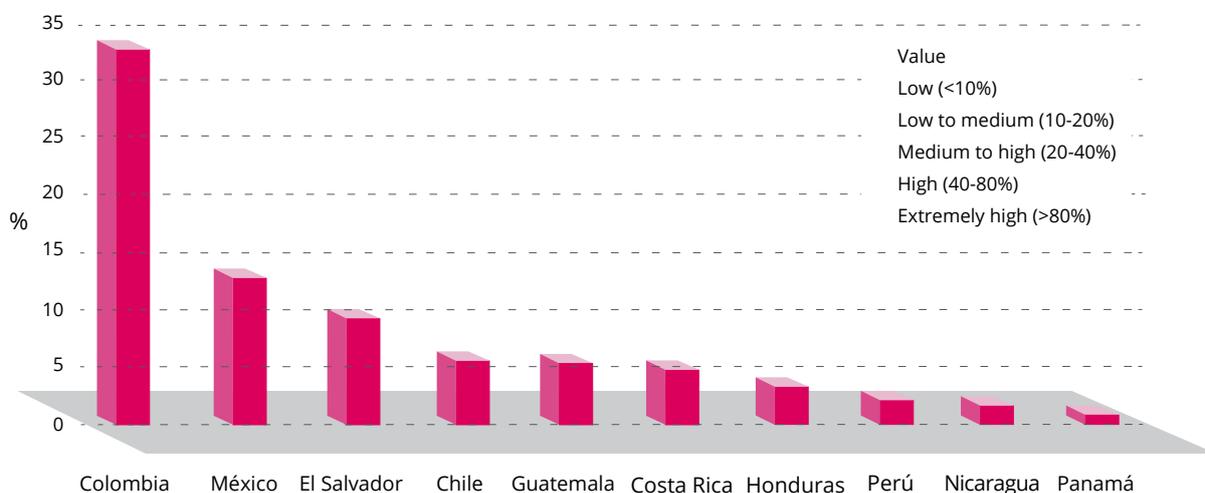
Presión sobre los recursos hídricos

La presión sobre los recursos hídricos puede explicarse a partir de factores que limitan la disponibilidad del agua en cantidad y calidad, particularmente los asociados a la sobreexplotación y contaminación de los acuíferos y la eficiencia en el uso del agua. La extracción de un volumen de agua que supera el uso aprovechable natural de los países afecta las reservas del recurso en espacios superficiales y subterráneos.

Este desbalance denominado estrés hídrico, se evalúa como un porcentaje de la extracción anual en relación con el total de agua apta para usos directos. A mayor porcentaje, más alto será el nivel de estrés sobre los recursos y menor su sostenibilidad en el tiempo. Estimaciones de organismos internacionales como la ONU y la FAO, indican que la demanda de agua, energía y alimentos en AL aumentará de forma significativa en las próximas décadas, por lo que se estima, que distintas ciudades de la región enfrentarían riesgos de abastecimiento de agua para suplir la demanda de los sectores productivos. El aumento de los niveles de estrés hídrico puede llevar a migraciones, conflictos locales, interregionales dentro de un mismo país e internacionales, como resultado de la multiplicidad de demandas que confluyen sobre los limitados recursos hídricos, y que por consiguiente, no pueden satisfacerse simultáneamente¹¹.

En 2017, América Latina alcanzó un nivel bajo de estrés sobre los recursos hídricos, con un valor promedio del 4%. No obstante, dentro de los países analizados, México y El Salvador alcanzaron niveles de moderados a altos, tal como se muestra en la figura a continuación.

Figura 4. Estrés sobre los recursos hídricos en diferentes países de la región (2017)



Fuente: Estadísticas de la FAO (AQUASTAT).

En AL el uso predominante del agua corresponde al riego en la agricultura, con extracciones que equivalen en promedio a un 70% del caudal total utilizado por país.

11 Martín y Bautista (2015).

Le sigue el aprovechamiento para fines domésticos, que alcanza un 19%, y usos menores e industriales con el 11% restante. Aunque las estadísticas no desagregan la participación del uso del agua en el sector energía, se estima que este sector duplicará al 2040 su presión sobre los recursos hídricos¹².



Fotografía de Phil DuFrene, fuente: www.unsplash.com

12 BID (2019).

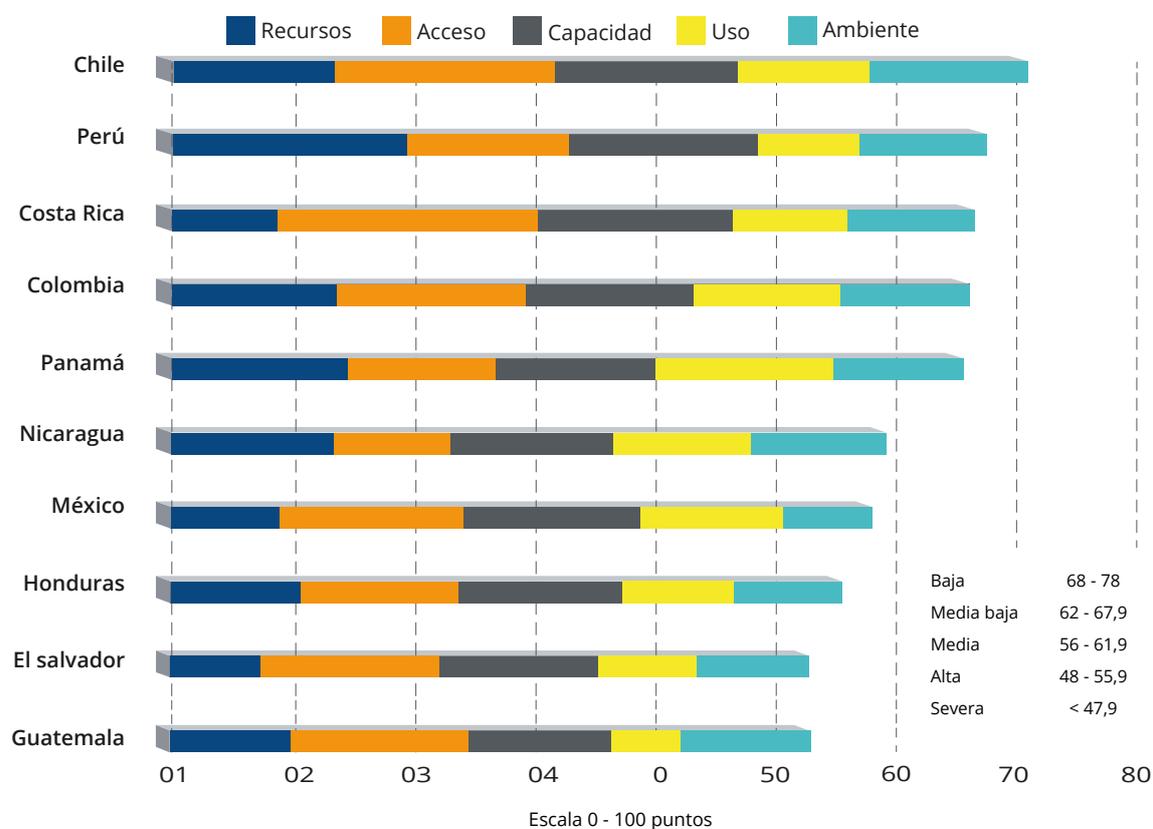
2.3

Pobreza hídrica y el uso del agua

Las personas o sectores bajo una situación de pobreza hídrica carecen de una fuente de agua cercana o estas no reúnen las condiciones higiénicas para su consumo o también, su acceso está restringido para ciertos usuarios. El Índice de Pobreza Hídrica (IPH)¹³, valora el nivel de escasez hídrica de los países con la evaluación de cinco componentes: recurso (disponibilidad de agua), acceso (a agua en calidad y cantidad suficiente para diversos usos), capacidad (de la población para manejar el agua eficientemente), uso (satisfacción de la demanda para diversos empleos) y ambiente (uso sustentable del agua y degradación ambiental). Valores más bajos reflejan mayor pobreza hídrica y, por ende, una menor disponibilidad o capacidad de acceso a los recursos hídricos para satisfacer la demanda de la población y sectores productivos. En la figura a continuación, se muestra la valoración del IPH para los países en análisis.

13 UNESCO (2002). http://ihp-wins.unesco.org/layers/geonode:wpif/metadata_detail

Figura 5. IPH para los países bajo análisis



Nota: Cada componente se evalúa en una escala de 0 - 20 puntos para una suma total de valoración de 0 - 100 puntos.

Fuente: Elaboración propia basada en la información de UNESCO (2002).

Los países de la región muestran un IPH de media a media baja, a excepción de Guatemala y El Salvador que se ubican en una categoría alta. En la mayoría de los casos se identifican dos factores de presión determinantes: uso del agua y ambiente. El primero se interpreta en conflictos por diversidad de usos, particularmente en Guatemala, Honduras, El Salvador y Costa Rica, donde se estima prevalecen demandas de agua insatisfechas para algunos sectores. El segundo factor se asocia a la degradación de las aguas por contaminación¹⁴ y su uso ineficiente, específicamente para Perú, México y El Salvador. En relación con la capacidad, se observa que los países de Centroamérica, registran los valores más bajos en este componente, lo que se traduce en menor capacidad de la población para manejar eficientemente el agua, que generalmente se vincula a bajos niveles de ingresos, educación y organización en la población. Similar

14 El crecimiento descontrolado de zonas urbanas con infraestructura precaria e informalidad de actividades económicas incrementan la contaminación de napas de agua. Parte de las políticas de desarrollo de los países analizados excluyen medidas para fortalecer la preservación y mejora de la calidad del agua para consumo humano, riego y uso industrial, entre otros. De acuerdo a la plataforma del BID 2021 "¿Cómo está América Latina en términos de saneamiento?", la principal fuente de contaminación de los recursos hídricos de la región proviene de aguas residuales con material químico y orgánico contaminante.

ocurre con el acceso, siendo Nicaragua y Panamá, los que registran el menor nivel, y que en general debe ser mejorado para todos los países, sobre todo en las zonas rurales que agrupan la mayor parte de la población con acceso limitado al agua potable.

El índice de pobreza hídrica y estrés hídrico son promedios nacionales que dificultan contrastar regiones de un mismo país. Por ejemplo, las cuencas hidrográficas de La Ligua y Los Choros en Chile, alcanzan niveles de estrés extrema con valores de 129% y 824%, respectivamente; dejando en evidencia una sobre explotación de los recursos hídricos¹⁵. Caso similar se registra en la región hidrográfica Aguas del Valle en México, que en 2014 alcanzó un grado de presión de 138%¹⁶.

En la agenda de crecimiento de los países de la región, el agua sigue siendo un insumo indispensable para sostener el crecimiento económico y consolidar las nuevas cadenas de valor de los procesos de producción. En este sentido, la iniciativa ONU-Agua calcula el valor agregado para la economía por volumen utilizado (US\$/m³), para evaluar el avance del ODS 6.4.1 “Cambio en el uso eficiente de los recursos hídricos con el paso del tiempo”¹⁷. Este indicador permite estimar la riqueza generada por país por cada metro cúbico de agua consumido. En 2017 este indicador alcanzó para AL un promedio de 13 US\$/m³, cercano a la media mundial de 15 US\$/m³. Entre los países seleccionados, Panamá agrupa un mayor aporte para su economía por metro cúbico consumido, con un promedio de 47 US\$/m³; mientras que, Chile ostenta el valor más bajo, con 6 US\$/m³; lo que significa que tiene una mayor dependencia del agua que Panamá para generar un mismo aporte económico para su PIB. Este indicador puede interpretarse como una valoración de la eficiencia en el uso del agua ya que, al aumentar, el aporte económico por metro cúbico de agua consumido

“

Panamá agrupa un mayor aporte para su economía por metro cúbico consumido, con un promedio de 47 US\$/m³; mientras que, Chile ostenta el valor más bajo, con 6 US\$/m³; lo que significa que tiene una mayor dependencia del agua que Panamá para generar un mismo aporte económico para su PIB.

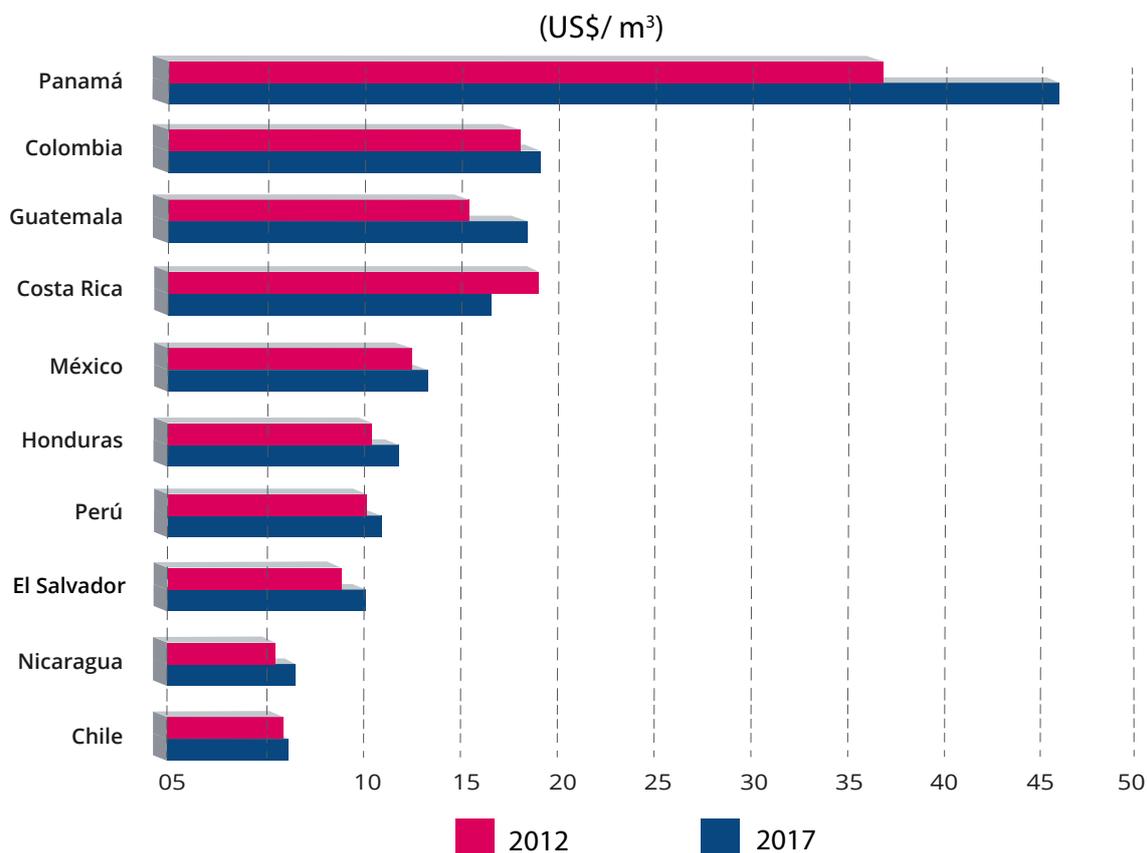
15 Escenarios Hídricos 2030. (2018).

16 Presión sobre el agua. https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe_resumen14/06_agua/6_1_2.html#.

17 El concepto del uso eficiente no es equivalente a productividad hídrica. En este caso no se tiene en cuenta la productividad del agua utilizada en una actividad determinada como insumo utilizado en la producción.

es mayor y, por lo tanto, se hace un uso más eficiente de los recursos hídricos. La figura siguiente muestra el aporte al crecimiento económico de los países bajo análisis por metro cúbico de agua consumido¹⁸.

Figura 6. Contribución a la economía por metro cúbico de agua consumido (2012, 2017)



Fuente: Elaboración propia tomando como base estadísticas de la FAO (AQUASTAT).¹⁹

La eficiencia del uso del agua presenta alta disparidad entre sectores productivos de los países analizados, particularmente el agrícola. En 2017 este sector alcanzó un promedio de 0,35 US\$/m³, muy por debajo de los 47 US\$/m³ de países de Europa central y occidental. En promedio los niveles de aprovechamiento de Europa y Oceanía logran aportes entre 38 US\$/m³ a 50 US\$/m³ producto de una cultura dirigida al ahorro del agua y el impulso de medidas de acción que promueven la reutilización del agua y la adopción de tecnologías para mejorar la eficiencia de la infraestructura existente.

18 Corresponde al promedio ponderado de eficiencia de los sectores agrícola, industrial y servicios, utilizando como factor de atención, la extracción de agua de cada sector como porcentaje de extracción total.

19 <http://www.fao.org/sustainable-development-goals/indicators/641/es/>

“

Las leyes en materia de agua regulan el derecho al uso, sus condiciones de aprovechamiento y servidumbres y, en menor medida, atienden temas asociados al abastecimiento y conservación de las mismas.

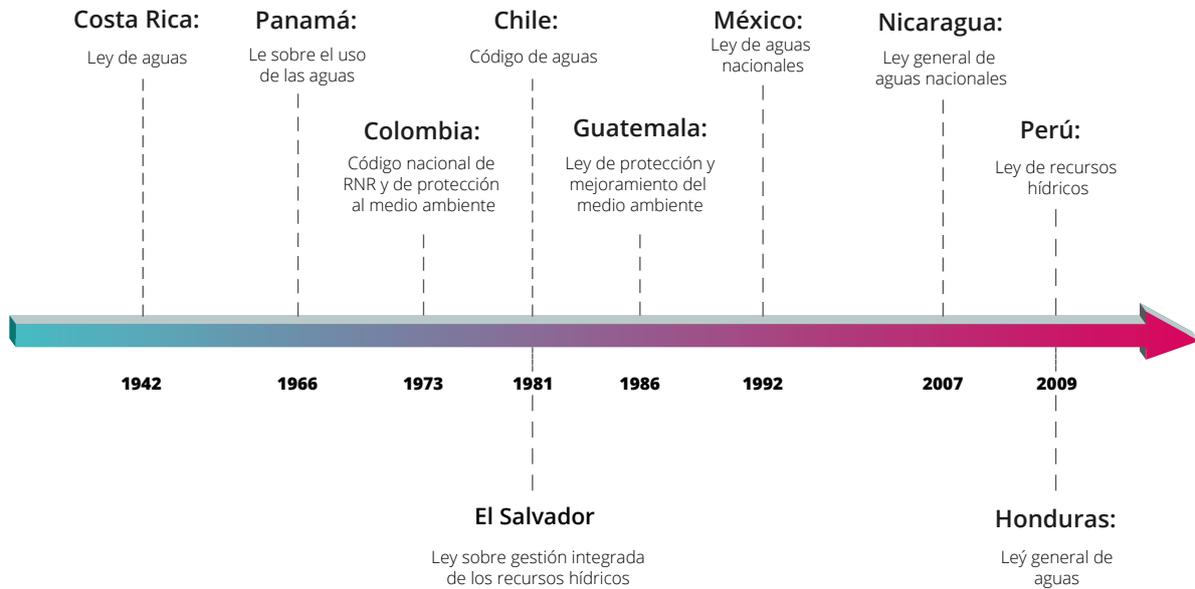
2.4

Leyes y políticas sobre recursos hídricos en AL

Las leyes en materia de agua regulan el derecho al uso, sus condiciones de aprovechamiento y servidumbres y, en menor medida, atienden temas asociados al abastecimiento y conservación de las mismas. Las leyes más recientes como las de Perú y Honduras, incorporan el concepto de gestión integrada de los recursos hídricos, que amplía el alcance tradicional de las leyes al integrar los principios que rigen su uso y gestión. Otros países que carecen de leyes exclusivas optan por establecer directrices por medio de regulaciones o decretos ministeriales. Por ejemplo, en Colombia, el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente, establece las disposiciones para el uso, conservación y preservación de las aguas, y las obligaciones de los usuarios y del Estado en la prevención y

control de la contaminación de las aguas superficiales y subterráneas. En la siguiente figura se muestra el marco legal existente en los países bajo análisis.

Figura 7. Legislación vinculada al recurso agua en los países bajo análisis



Fuente: Elaboración propia.



En la mayoría de los casos el marco legal tiene como objetivo definir las condiciones para la explotación de los recursos hídricos garantizando el equilibrio entre el crecimiento económico, el cuidado del medio ambiente y el bienestar social.

En la mayoría de los casos el marco legal tiene como objetivo definir las condiciones para la explotación de los recursos hídricos garantizando el equilibrio entre el crecimiento económico, el cuidado del medio ambiente y el bienestar social. Los principios básicos en los que coinciden los países son el fortalecimiento institucional, el reconocimiento de usos múltiples del agua y la elaboración de normas. También es un elemento común la falta de un presupuesto asignado a la implementación de la política, incentivos fiscales y medidas para promover la participación y empoderamiento de gobiernos locales.

Las leyes y decretos de los países son acompañados por planes y programas con objetivos que se pueden categorizar en dos grupos. El primer grupo procura garantizar el acceso al agua como un derecho humano, asegurando la disponibilidad de agua y saneamiento,

especialmente en la población más vulnerable; mientras que el segundo se enfoca en la gestión y uso eficiente del recurso, además de promover el ordenamiento territorial y la conservación de los ecosistemas. La figura a continuación muestra los instrumentos de política de los países bajo análisis.

Figura 8. Instrumentos de gestión de recursos hídricos



Fuente: *Elaboración propia.*

Se observa que las leyes de los países tienen cierta flexibilidad legal para integrar prácticas similares a la de países con alto desempeño en la eficiencia y sostenibilidad del uso de sus recursos hídricos. Las oportunidades de mejora incluyen fortalecer la coherencia con otras políticas sectoriales, que supone la gestión integrada de los recursos hídricos (nexo agua – energía – ambiente – alimentos), la asignación de fondos para el financiamiento de infraestructura, mejorar la disponibilidad de información y la definición de instituciones a cargo de fomentar la participación de gobiernos locales con competencia en la gestión de los recursos hídricos.

2.5

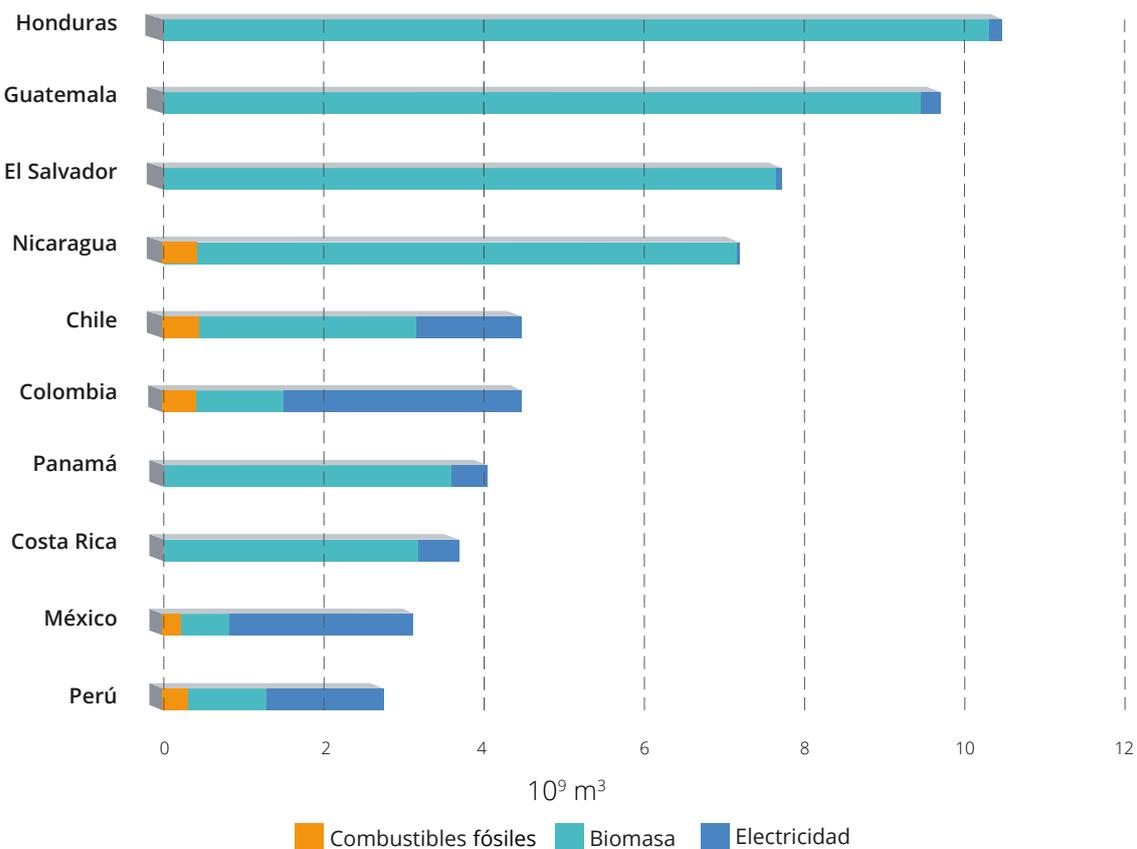
Cuantificación del nexo entre el agua y la energía

La producción de energía requiere de agua para casi todos los procesos de producción y conversión de la misma. La Agencia Internacional de Energía (AIE) estima que la producción de energía en AL triplicará su consumo de agua al 2035, tomando como base la cantidad que se necesitaba para 2010²⁰. Honduras, Guatemala, El Salvador y Nicaragua, tienen la mayor dependencia de consumo de agua en su matriz de energía, con el 98% del total destinado a la producción de biomasa, mientras que, Colombia, México y Perú, destinan entre 50% y 70% a la generación de electricidad. A continuación se muestra el consumo de agua de las matrices de energía de los países en análisis²¹.

20 World Energy Outlook, 2012. Agencia Internacional de Energía.

21 En el entendido que la biomasa se considera solo para la producción con fines energéticos. Los combustibles fósiles incluyen la producción de petróleo, gas natural y carbón mineral. La generación eléctrica toma en cuenta todas las tecnologías utilizadas por los países según sea el caso (Hidroeléctrica, Geotérmica, Solar, Eólica, Térmica renovable, Térmica no renovable y Nuclear)

Figura 9. Consumo de agua para energía primaria y su transformación (2017)

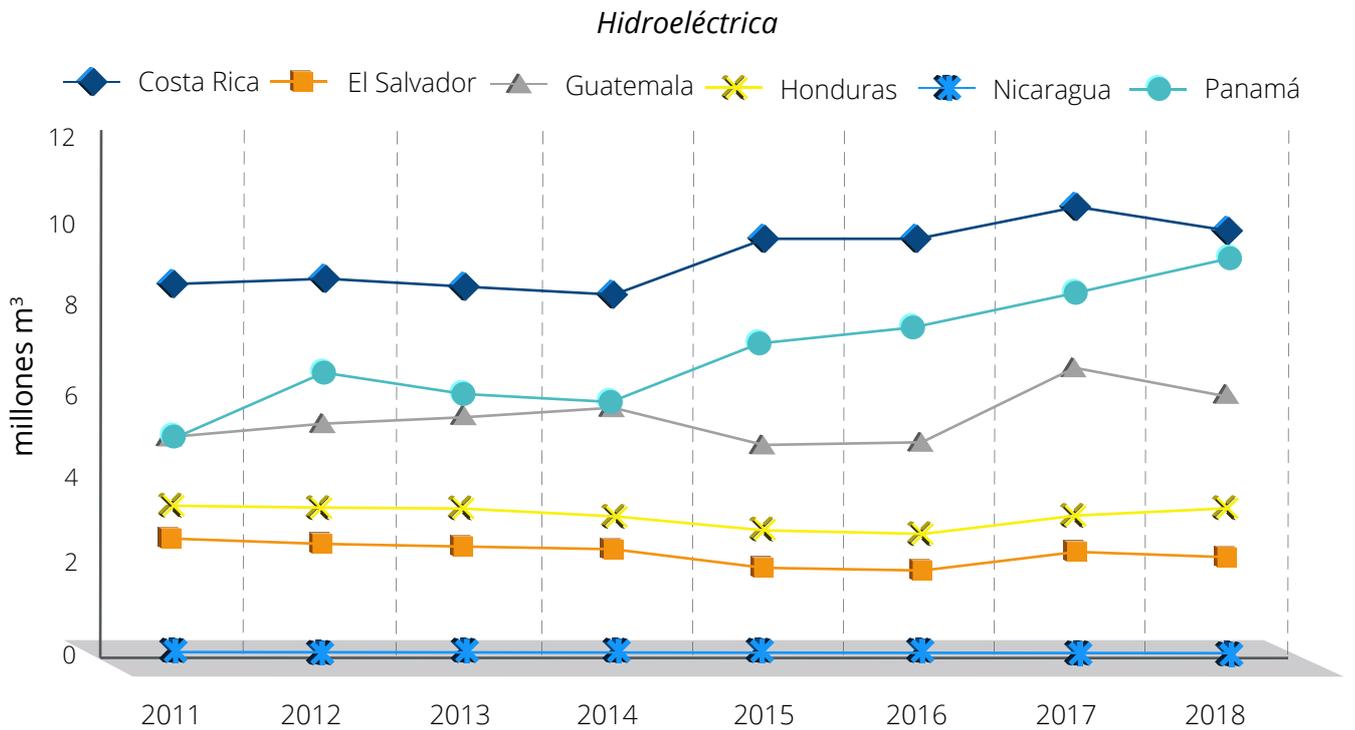


Fuente: Elaboración propia.

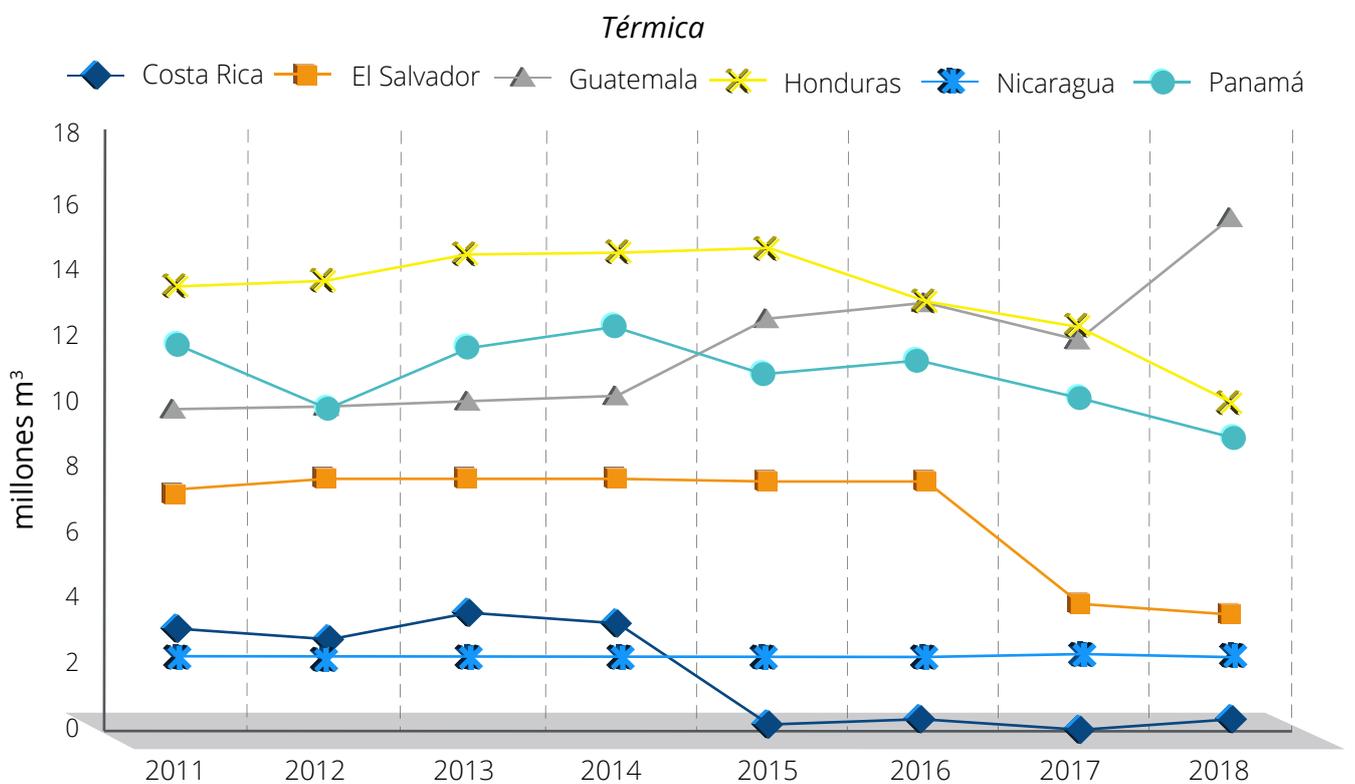
La demanda de agua en el sector energía de la región la determina el portafolio de las tecnologías que componen su matriz energética. Los países con alto consumo de biomasa tienen un mayor gasto promedio per cápita de agua para la producción de energía dirigida a cultivos dendroenergéticos, como por ejemplo, bagazo de caña y leña. Nicaragua, El Salvador y Honduras en particular se alejan por mucho del promedio de consumo de agua de los países analizados (640,6 m³/habitante), con consumos por encima de los 1.100 m³/habitante.

El desafío de cuantificar el nexo entre el agua y la energía radica en la falta de estudios y estadísticas que desagreguen los datos del consumo de agua en el sector por tipo de tecnología. Las estadísticas solo hacen referencia al uso consuntivo de agua en los sectores agrícola, industrial y de servicios; por lo que, no se desagrega el agua utilizada para enfriamiento en termoeléctricas y plantas nucleares y tampoco se incluye el uso en las hidroeléctricas y otras tecnologías renovables. En este sentido y como punto de comparación, se estimó el consumo teórico de agua para las dos tecnologías de generación con mayor relevancia en el nexo agua – energía de los países bajo análisis (hidroeléctrica y térmica). A continuación, se muestra la información disponible para seis de los diez países analizados.

Figura 10. Evolución del consumo teórico de agua (2011 - 2018)



Fuente: Elaboración propia.



Fuente: Elaboración propia.

SEGURIDAD HÍDRICA

SITUACIÓN ACTUAL DE AMÉRICA LATINA

¿QUÉ ES LA SEGURIDAD HÍDRICA?

Es la capacidad de un territorio para garantizar el acceso equitativo en cantidad y calidad a servicios hídricos resilientes que permitan el desarrollo humano y económico de su población.

Por lo tanto, la inseguridad hídrica es la condición de un territorio cuando enfrenta situaciones de riesgo de acceso o cuando presenta un estado de pobreza hídrica.

¿Y CÓMO SE DESARROLLA EL NEXO ENTRE AGUA - ENERGÍA?

El agua permite realizar procesos de producción de energía, como son:

- Generación termoeléctrica e hidroeléctrica.
- Extracción y procesamiento de combustibles fósiles.
- Producción de materias primas para elaborar biocombustibles.

La energía posibilita desarrollar sistemas de suministro hídrico, como son:

- Desalinización de agua de mar.
- Tratamiento de aguas residuales y riego.
- Bombeo para la extracción, transporte y distribución de agua.

Pobreza hídrica es la condición de territorios que carecen de una fuente de agua cercana o esta no reúne las condiciones para su consumo. El Índice de Pobreza Hídrica (IPH) mide el nivel de escasez hídrica considerando: acceso en calidad y cantidad a agua, capacidad de la población para el manejo eficiente del agua y uso sustentable del agua. La mayoría de los países del continente muestran un IPH de media a media baja.

La producción de energía requiere de agua para casi todos sus procesos de conversión y producción. La Agencia Internacional de Energía (AIE) estima que en América Latina la producción de energía triplicará su consumo de agua al 2035, tomando como base la cantidad que se necesitaba para 2010.

La ONU y la FAO indican que en las próximas décadas en América Latina la demanda de agua y energía aumentará significativamente. Considerando que en la región el uso predominante del agua corresponde al riego en la agricultura, distintos territorios enfrentarían riesgos de abastecimiento de agua para suplir la demanda de los sectores productivos, pudiendo ocasionar migraciones y conflictos sociales.



SITUACIÓN ACTUAL DE PAÍSES DE AMÉRICA LATINA

América Latina cuenta con abundantes recursos hídricos, con una oferta promedio de 22 mil metros cúbicos por habitante por año (m³/hab/año), superando al promedio mundial de 6 mil m³/hab/año. No obstante, la región enfrenta limitaciones a la disponibilidad del agua, ocasionado por el desequilibrio del desarrollo territorial, caracterizado por la expansión de grandes ciudades e industrias en zonas con pocos recursos hídricos.

El marco legal en la mayoría de los casos busca definir las condiciones para la explotación de los recursos hídricos garantizando el equilibrio entre el crecimiento económico, el cuidado del medio ambiente y el bienestar social. También es un elemento común la falta de un presupuesto para la implementación de la política, incentivos fiscales y medidas para promover la participación de gobiernos locales.

El cambio climático y el crecimiento de la concentración de gases de efecto invernadero (GEI) continuará teniendo impactos negativos en la generación de energía producto del aumento de las variaciones de las precipitaciones, ocurrencia de huracanes en la zona tropical y desglaciación en las zonas de Los Andes y en la vertiente del Pacífico.

Los países tienen el compromiso de trabajar para lograr los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible aprobada por la ONU. Los ODS de mayor vinculación con el nexo agua - energía son:

 ODS 6: Garantizar la disponibilidad y la gestión sostenible del agua y el saneamiento para todos.

 ODS 7: Garantizar el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna.

 ODS 8: Promover el crecimiento económico inclusivo y sostenible, el empleo y el trabajo decente para todos.

 ODS 11: Lograr que las ciudades sean más inclusivas, seguras, resilientes y sostenibles.

2.6

El cambio climático y la disponibilidad del agua para la energía

El crecimiento de la concentración de GEI continuará teniendo impactos negativos en la generación de energía producto del aumento de las variaciones de las precipitaciones, ocurrencia de huracanes en la zona tropical y desglaciación en las zonas de Los Andes y en la vertiente del Pacífico²². Por ejemplo, en la última década, Chile registró una reducción del 30% en sus precipitaciones, comparado con los registros históricos que redujeron de forma importante los glaciares y caudales que abastecen los reservorios de agua utilizados para la producción de electricidad²³. Las tendencias del clima a largo plazo muestran variaciones estacionales y un ascenso de las temperaturas medias anuales que reducen la capacidad de producción de energía eléctrica de las principales centrales hidroeléctricas de los países en análisis.

22 IPCC (2014). <https://www.ipcc.ch/report/ar5/wg2/>.

23 Stehr et al. (2019).

La AIE proyecta que durante el período de 2020 a 2060 el factor de capacidad hidroeléctrica media de Chile, Colombia, Costa Rica, Guatemala, Panamá, Perú y México disminuirá 9%. Las centrales hidroeléctricas en Centroamérica y México experimentarán la más alta variabilidad interanual de los factores de capacidad firme de la región durante los últimos 40 años de este siglo, especialmente bajo un escenario de aumento de la temperatura global por encima de 4°C al año 2100.

Por otra parte, las plantas termoeléctricas tradicionales de la región (a gas, carbón y fuel oil) utilizan agua para refrigerar sus turbinas de producción de electricidad durante su funcionamiento. Al interior de los países analizados, estas plantas están ubicadas a lo largo de ríos o lagos vulnerables a los fenómenos climáticos. Por un lado, el aumento de las temperaturas hace que el proceso de enfriamiento de los generadores sea menos eficiente y por otro, la ocurrencia de sequías pone en riesgo la continuidad de operación de estas centrales.

“

La AIE proyecta que durante el período de 2020 a 2060 el factor de capacidad hidroeléctrica media de Chile, Colombia, Costa Rica, Guatemala, Panamá, Perú y México disminuirá 9%.

03

Desafíos y recomendaciones



Los países enfrentan dificultades para crear las condiciones dirigidas a elevar la certidumbre de la provisión del suministro de agua e implementar un modelo de gestión que garantice su acceso universal, que maximice el desarrollo social equitativo y económico, sin comprometer la sostenibilidad de los recursos naturales. Se identifican al menos siete áreas temáticas sobre las que pueden trabajar los países para robustecer su seguridad hídrica: sostenibilidad de los recursos hídricos y acceso, eficiencia económica en el uso del agua, marco legal y normativo, coordinación y capacidad institucional, disponibilidad de información y finalmente, instrumentos de gestión e infraestructura.

Se priorizaron recomendaciones considerando la situación actual de los países. El nivel de preponderancia contempla las condiciones favorables y/o desfavorables de los países, en términos de los factores que limitan la distribución de los recursos hídricos (precipitaciones, tipos de clima y variabilidad climática) y los indicadores del ODS N°6. Asimismo, las recomendaciones consideran principios a incluir en instrumentos de política para abordar la alta dependencia del agua en la producción y transformación de la energía. En la tabla siguiente se resume y prioriza las recomendaciones para los países en análisis.

Tabla 3. Resumen de recomendaciones por el nivel de prioridad

Recomendaciones	Chile	Colombia	Costa Rica	El Salvador	Guatemala	Honduras	México	Nicaragua	Panamá	Perú
2.1 Sostenibilidad de los recursos hídricos y acceso										
Implementar medidas dirigidas al manejo de la oferta y demanda de agua	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Expandir la gestión segura de agua potable	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
2.2 Eficiencia económica en el uso del agua										
Implementar medidas para desacoplar el consumo de agua del crecimiento económico	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
2.3 Marco legal y normativo										
Promulgar leyes en materia de aguas con un enfoque multisectorial dirigido a garantizar la SH*		✓		✓	✓					
Actualizar leyes en materia de aguas con un enfoque multisectorial dirigido a garantizar la SH	✓		✓			✓	✓	✓	✓	✓
2.4 Coordinación y capacidad institucional										
Fortalecer la capacidad institucional de coordinación para la gestión integral de los RH*	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Promover la capacitación para el desarrollo de nuevas tecnologías dirigidas a la investigación, monitoreo y toma de decisiones para la gestión de los RH	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
2.5 Disponibilidad de información										
Implementar sistemas nacionales de información de RH	✓					✓		✓		
Reforzar y/o mejorar los sistemas nacionales de información de RH		✓	✓	✓	✓		✓		✓	✓
2.6 Instrumentos de gestión										
Formular y/o actualizar políticas de gestión de los RH	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Diseñar e implementar herramientas económicas y fiscales para garantizar la efectividad de las acciones en materia de SH	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Fomentar la participación de los gobiernos locales	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
2.7 Infraestructura										
Incrementar infraestructura de almacenamiento de agua	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Incrementar y mejorar la infraestructura para el tratamiento y reutilización de aguas residuales	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Mejorar la infraestructura para incrementar la eficiencia en el uso del agua de los sectores productivos	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Desarrollar y mejorar la infraestructura existente para enfrentar sequías	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Desarrollar y mejorar la infraestructura existente para enfrentar inundaciones	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Nivel de prioridad: ✓ = alta, ✓ = media, ✓ = bajar

*SH = Seguridad hídrica, *RH = Recursos hídricos.

Fuente: Elaboración propia.

3.1

Sostenibilidad de los recursos hídricos y acceso

Proyecciones de demanda hídrica al 2025 indican que los países analizados enfrentarán dificultades para abastecer su consumo de agua. La infraestructura actual de almacenamiento (embalses)²⁴ es insuficiente para satisfacer la demanda de los sectores productivos, siendo Chile el país más afectado de la región, con un déficit de $64 \times 10^9 \text{ m}^3$, seguido por Perú ($-22 \times 10^9 \text{ m}^3$), Colombia ($-6 \times 10^9 \text{ m}^3$), Guatemala ($-5 \times 10^9 \text{ m}^3$) y Costa Rica ($-1 \times 10^9 \text{ m}^3$).

En Chile, las sequías en el área de influencia de generación hidroeléctrica del sistema interconectado ocasionan reducciones significativas en los niveles de sus embalses durante los cuatro primeros meses de cada año. Para los países de la región centroamericana, los fenómenos climáticos introducen una variabilidad en

24 Bretas et al. (2020).



Fotografía de Zoe Schaeffer, fuente: www.unsplash.com

sus caudales de afluentes entre 10% y 20%, disminuyendo el potencial de generación eléctrica²⁵. Una de las principales consecuencias del cambio climático para la agricultura es la disminución de la humedad en la capa superior del suelo, lo que aumentará la demanda de sistemas de riego, que agregará una mayor presión sobre los recursos hídricos y conflictos de uso.

Para garantizar la sostenibilidad de los recursos hídricos será necesario que los países implementen medidas para incrementar la disponibilidad de agua superficial y subterránea, entre estas: i) implementación de infraestructura gris (construcción de lagunas y embalses) e infraestructura verde (establecimiento de cobertura vegetal y medidas vegetativas para la conservación de suelos y captación de aguas²⁶, conservación de humedales); ii) cosecha de agua (de techos de viviendas u otras coberturas impermeables); iii) reuso de las aguas residuales (a través de plantas de recuperación y transformación de recursos como lodos, fertilizantes, biosólidos y agua potable²⁷) y iv) protección contra la contaminación (tratamiento de aguas residuales).

Por su parte, el manejo de la demanda incluye medidas y/o acciones que permitan controlar o reducir el consumo de agua, entre estas: i) control del uso doméstico e

25 Plan Nacional de Gestión Integrada de Los Recursos Hídricos Costa Rica (2008).

26 Entre estos: cultivos en contorno, zanjas de infiltración, barreras vivas, terrazas, entre otros.

27 Agua residual: de residuo a recurso. <https://www.bancomundial.org/es/topic/water/publication/wastewater-initiative>



Para garantizar la sostenibilidad de los recursos hídricos será necesario que los países implementen medidas para incrementar la disponibilidad de agua superficial y subterránea.

industrial disminuyendo la presión de los sistemas de distribución, uso de instrumentos de medición, reducción de fugas de los sistemas, e implementación de programas de educación y concienciación sobre el ahorro de agua; ii) reducción de la demanda agrícola, a través del incremento de la eficiencia en la distribución y uso final, riego de cultivos con menores requerimientos hídricos y establecimiento de tarifas que reflejen el costo de oportunidad en el ahorro del agua en el sector agrícola.

Unido a lo anterior, los países enfrentan el desafío de incrementar el acceso al agua segura. Cinco de los países seleccionados tienen altas tasas de población sin acceso a servicios que garanticen la continuidad del suministro y la entrega de agua segura²⁸. México se ubica en la primera posición, con 57% de la población sin acceso a agua gestionada de forma segura. Le siguen Perú (47%), Nicaragua (48%), Guatemala (44%) y Colombia (27%). En este contexto, se recomienda establecer mecanismos para expandir la gestión segura de agua potable y saneamiento, que incluya, entre otros aspectos, la protección de fuentes hídricas, incremento en la infraestructura de tratamiento, alcantarillado y drenaje, y la adecuada planificación del desarrollo urbano y rural. Las acciones, deben acompañarse de mecanismos de financiación y diagnósticos que permitan garantizar su continuidad y la evaluación del estado de los servicios e innovación para el desarrollo.

²⁸ Con parámetros físicos y químicos que garanticen la salud de las personas.

3.2

Eficiencia económica en el uso del agua

El principal desafío que enfrentan los países de la región es desacoplar el crecimiento económico del consumo de agua, particularmente para Chile, El Salvador, Honduras, Nicaragua, México y Perú. Para ello, los países deberán estudiar y aplicar principios de economía circular, que en el marco de la gestión de los recursos hídricos se materializa en la reutilización del agua y con ello, obtener un mayor valor agregado. En las ciudades, la reutilización de las aguas residuales puede mitigar el consumo neto de agua para diferentes aplicaciones como el riego de jardines, mantenimiento de parques, limpieza, entre otros. En el sector industrial, se pueden reutilizar las aguas servidas para procesos de producción y de esta forma, reducir la demanda de agua del sector proveniente de plantas de tratamiento; además de recuperar y transformar recursos, como el lodo, que pueden ser utilizados para la elaboración de fertilizantes.

3.3

Marco legal y normativo

Las leyes analizadas carecen de una conceptualización de la seguridad hídrica. Los países seleccionados abordan parcialmente y en algunos casos excluyen acciones para garantizar: i) la disponibilidad de agua en cantidad y calidad, para el abastecimiento humano, protección de los ecosistemas y producción; ii) la capacidad institucional, financiera y de infraestructura para aumentar el acceso, sostenibilidad y herramientas para gestionar las interrelaciones y externalidades entre los diferentes usos y sectores y iii) un nivel aceptable de riesgos para la población, el medio ambiente y la economía, asociados a los recursos hídricos²⁹.

En este sentido, las reformas deben atender en un ámbito multisectorial, temas relativos al ordenamiento

29 Peña (2016).

y la planificación territorial, urbanística o ambiental, además de incluir la clara definición de mecanismos económicos y financieros de regulación y el establecimiento de lineamientos para mejorar la coordinación y promover la participación de los gobiernos regionales y locales en la gestión de los recursos hídricos. Las legislaciones nuevas pueden definir objetivos y funciones para guiar el actuar de los entes responsables y usuarios finales del agua, separando las atribuciones según sea su rol como rectores, planificadores, reguladores, operadores, entre otros. Las normativas deben incluir una visión de organización territorial y ser flexibles para integrar normativas complementarias relacionadas a las condiciones particulares de las localidades que controla y considera la interdependencia de los servicios hídricos y energéticos.

3.4

Coordinación y capacidad institucional

Las instituciones y agencias del Estado requieren mayor coordinación y recursos para mejorar su capacidad de implementación de políticas y gestión de los recursos hídricos. Uno de los desafíos principales es el fortalecimiento de las instituciones relacionadas al agua que históricamente han enfrentado dificultades al momento de gestionar los recursos hídricos. Parte de las vulnerabilidades observadas se relacionan a la falta de independencia en la toma de decisión, presupuesto y capacidad técnica para realizar sus funciones que se traducen en dificultades para aplicar el marco normativo; coordinar acciones con otras instituciones nacionales y locales y; lograr una planificación hidrológica eficiente. Los países podrían revisar los mandatos de las instituciones y marcos legales que las respaldan, a fin de robustecer las competencias institucionales para el cumplimiento coordinado de sus funciones. Chile, por ejemplo, tiene más de 42 instituciones con atribuciones



Uno de los desafíos principales es el fortalecimiento de las instituciones relacionadas al agua que históricamente han enfrentado dificultades al momento de gestionar los recursos hídricos.

sobre la gestión de los recursos hídricos, lo que dificulta la priorización de recursos e instrumentos destinados a su gestión y administración³⁰. Este país también puede generar capacidades profesionales y programas de financiamiento para la adopción de tecnologías de bajo consumo de agua e impacto ambiental y el fortalecimiento de la Dirección General de Aguas. Para Colombia se identifica la necesidad de fortalecer la coordinación entre el Ministerio del Ambiente y Desarrollo Territorial (MAVDT) con las autoridades ambientales locales y demás instituciones con atribuciones sobre el agua, a fin de mejorar la gestión integrada del recurso. Costa Rica tiene que otorgar mayores competencias y mandatos específicos en seguridad hídrica a divisiones y agencias que integran la estructura organizativa del Ministerio del Ambiente y Energía (MINAE). Para El Salvador es prioritario ordenar la asignación de atribuciones de regulación y gestión de los recursos hídricos por medio de la promulgación de una ley de aguas³¹. En México, las acciones de fortalecimiento incluyen la coordinación interinstitucional, mejorar la transparencia y la gestión de las aguas a nivel local³². La generación de capacidades en las instituciones se puede acompañar de acciones dirigidas a la adopción de nuevas tecnologías que permitan mejorar la cartografía y monitoreo del estado de las fuentes hídricas.

30 Política Nacional para los Recursos Hídricos Chile 2015.

31 Política Nacional de Gestión Integrada del Recurso Hídrico El Salvador (2017).

32 Programa Nacional Hídrico México (2020-2024).

3.5

Disponibilidad de información

Los países enfrentan obstáculos para generar, actualizar, sistematizar y difundir la información sobre sus recursos hídricos y uso racional. En los países seleccionados, se desconoce la disponibilidad real y la calidad de estos recursos a nivel local, tampoco la demanda de agua por sectores de consumo ni la vulnerabilidad de los recursos hídricos. Chile, tiene dificultades para contar con información confiable y oportuna acerca de la cuantía de los recursos hídricos disponibles, los derechos asignados y su uso activo a nivel de cuencas. En Colombia se destaca la importancia de profundizar la investigación sobre los recursos hídricos y fortalecer un sistema de información del agua integrado al Sistema de Información Ambiental. Para Costa Rica, es prioridad el asegurar la recolección y disseminación de la información climática, meteorológica, cartográfica e hidrológica, complementada con mediciones a los usuarios finales del agua. Además de fortalecer el sistema de alertas

tempranas ante eventos meteorológicos extremos y el cambio climático. En El Salvador se destaca la relevancia de desarrollar un Sistema de Información Hídrica (SIHI), que brinde continuidad en la recolección y análisis de la información del sector. En Panamá es prioritario el diseño y puesta en marcha del Sistema Nacional de Información del Agua y la creación del Servicio de Información Hidrológica Atmosférica, Geofísica y Oceanográfica (SIHAGO). Por último, Perú requiere mejorar el acceso a la información sobre recursos hídricos y su gestión integrada a nivel sectorial y multi-sectorial, además de la implementación de un Sistema Nacional de Información de la Cantidad de Agua.

Se recomienda reforzar los sistemas nacionales de información de recursos hídricos e implementarlos en aquellos países que aún no cuentan con un sistema de información integrado, como es el caso de Chile, Nicaragua y Honduras. En particular, se sugiere revisar la experiencia de Colombia, que dispone de un Sistema de Información del Recurso Hídrico (SIRH) organizado en cinco componentes: oferta de agua superficial y subterránea, demanda, calidad, riesgo y gestión del recurso hídrico. Se sugiere la modernización de la infraestructura de medición meteorológica e hidrométrica para monitorear la disponibilidad de los recursos hídricos superficiales, subterráneos y riesgos asociados a eventos extremos³³.

33 Estado actual del monitoreo de agua subterránea en América Latina e Introducción al programa GGMN. <https://www.un-igrac.org/es/resource/estado-actual-del-monitoreo-de-agua-subter-ranea-en-america-latina-e-introduccion-al>.

3.6

Instrumentos de gestión

Los países de la región enfrentan el desafío de diseñar e implementar instrumentos efectivos que les permitan balancear el crecimiento de la demanda de agua con la oferta sostenible de los recursos hídricos. Estos insumos de gestión del agua deben maximizar el aprovechamiento, conservación y protección de recursos hídricos.

Se recomienda que los países seleccionados cuenten con lo siguiente:

- Instrumentos de diagnóstico: dirigidos a generar, reunir y analizar datos de inventarios, proyecciones, mapas, sistemas de información, entre otros;
- Instrumentos de regulación y promoción: que permitan desarrollar la infraestructura, controlar y mitigar las externalidades asociadas al uso de los recursos hídricos;
- Instrumentos de organización para la gestión: que incluya la revisión y asignación de roles, equipamiento técnico y fortalecimiento de capacidades, y coordinación entre organizaciones;
- Instrumentos de intervención directa: compuestas por infraestructura que modifica el sistema natural para el control, aprovechamiento y tratamiento de las aguas.

La experiencia indica que es difícil disponer de todos los instrumentos para una gestión integral de recurso hídrico. Por ello, los países en análisis tienen que garantizar un equilibrio entre el diseño y aplicación de este conjunto de instrumentos, incorporando los principios expresados en las políticas públicas, privadas y de la sociedad, como son la conservación ambiental, equidad, derecho al agua, transparencia, participación, seguridad, entre otros. En este sentido, es relevante promover la participación de los gobiernos locales, para garantizar la implementación de acciones, siendo las municipalidades los socios estratégicos que tradicionalmente se encargan de prestar los servicios de dotación de agua y saneamiento, aunque su participación en la gestión de los recursos hídricos es escasa por no estar vinculada a sus atribuciones. Otorgar competencias a las municipalidades para la gestión de los recursos hídricos ayudaría a incrementar la proximidad de las acciones, en el marco de la promoción del desarrollo socioeconómico a nivel local, particularmente a nivel de cuencas³⁴.

Los países pueden evaluar la creación de nuevos aranceles de derechos de agua, vertidos de efluentes y pagos por servicios ambientales³⁵. Para ello, se requiere de un adecuado catastro, registro de derechos y la debida capacidad institucional de control, que garantice transparencia en los procesos de aprobación de concesiones y funcionamiento de sistemas tarifarios y pago de cánones por usos del agua (vertidos o descargas), servicios de agua potable y saneamiento y uso de determinadas infraestructuras. Costa Rica ha sido pionero en la región en establecer un sistema

34 Los municipios y la gestión de recursos hídricos. https://www.cepal.org/sites/default/files/publication/files/6429/S0310753_es.pdf.

35 Bretas et al. (2020).

de tarifas del agua de los servicios ambientales, que ha traído ventajas sociales adicionales en la concientización de la población en el uso racional del agua y fortalecimiento del empoderamiento de comunidades. Por otra parte, Colombia establece el cobro de tasas retributivas para ciertos vertimientos implementados bajo una estructura institucional autónoma que permitió reducir la carga contaminante de sus acuíferos³⁶.

“

[...] es relevante promover la participación de los gobiernos locales, para garantizar la implementación de acciones, siendo las municipalidades los socios estratégicos que tradicionalmente se encargan de prestar los servicios de dotación de agua y saneamiento [...].

36 Echeverría y Cantillo (2013).

3.7

Infraestructura

La infraestructura es transversal a las recomendaciones previamente abordadas, y es el principal mecanismo de intervención directa tradicionalmente utilizado para garantizar la disponibilidad y el acceso al agua. La modernización de la infraestructura debe dirigirse a mejorar la eficiencia del uso de los recursos, atender la creciente demanda de agua para riego y producción de energía, y expandir las redes de saneamiento e infraestructura resistente y resiliente a fenómenos climáticos.

Al agrupar los temas estratégicos analizados en la Sección 2, tres áreas clave de la infraestructura requieren acciones adicionales: i) infraestructura para aumentar la disponibilidad y saneamiento de las aguas; ii) infraestructura para mejorar la eficiencia del uso del agua y iii) infraestructura para hacer frente al cambio climático.

DESAFÍOS Y RECOMENDACIONES PARA FORTALECER LA SEGURIDAD HÍDRICA



Los países enfrentan dificultades en el esfuerzo de crear condiciones óptimas para **eleva la certidumbre de la provision del suministro de agua** e implementar un **modelo de gestión** que garantice su éxito.

Una de las principales **consecuencias del cambio climático para la agricultura** es la disminución de la humedad en la capa superior del suelo, lo que aumentará la **demanda de sistemas de riego**, generando mayor presión sobre los recursos hídricos y conflictos de uso.



7

Recomendaciones según prioridad



- SOSTENIBILIDAD DE LOS RH Y ACCESO

Implementar medidas dirigidas a la oferta y la demanda



Expandir la gestión segura de agua potable



- EFICIENCIA ECONÓMICA

Implementar medidas para desacoplar el consumo de agua del crecimiento económico



- MARCO LEGAL Y NORMATIVO

Promulgar leyes con enfoque multisectorial



Actualizar leyes con enfoque multisectorial



- COORDINACIÓN DE CAPACIDAD INSTITUCIONAL

Fortalecer capacidad de coordinación para gestión de los RH



Promover capacitaciones para el desarrollo de TICS dirigidas a los RH



- DISPONIBILIDAD DE INFORMACIÓN

Implementar sistemas nacionales de información



Reforzar y/o mejorar los sistemas nacionales de información



- INSTRUMENTOS DE GESTIÓN

Formular y/o actualizar políticas de gestión de los RH



Diseñar e implementar herramientas económicas y fiscales



Fomentar la participación de los gobiernos locales



- INFRAESTRUCTURA

Incrementar infraestructura de almacenamiento de agua



Incrementar infraestructura para el tratamiento y reutilización de agua



Mejorar infraestructura para incrementar eficiencia del uso del agua en los sectores productivos



Desarrollar y mejorar infraestructura para enfrentar sequías



Desarrollar y mejorar infraestructura para enfrentar inundaciones



Es necesario que se tomen medidas para incrementar la disponibilidad de agua: implementación de infraestructuras gris y verde; cosecha de agua; reúso de las aguas residuales y protección contra la contaminación.



Las reformas deben atender un ámbito multisectorial, relativo al ordenamiento y la planificación territorial. Además debe contemplar los mecanismos económicos y financieros para estas acciones.

Las instituciones estatales requieren mayor coordinación para mejorar su capacidad de implementar políticas y gestión de los RH. Se ha observado vulnerabilidades como falta de independencia, presupuesto y capacidad técnica para desempeñarse según el marco normativo, falta de coordinación con otras instituciones y lograr una planificación hidrológica eficiente.



Los países enfrentan obstáculos en generar, actualizar, sistematizar y difundir información sobre sus RH y su uso racional. Se desconoce la disponibilidad real y calidad de estos recursos a nivel local y la demanda de agua por sectores de consumo.

Los países de la región enfrentan el desafío de diseñar e implementar instrumentos efectivos que les permitan medir el crecimiento de la demanda de agua con la oferta sostenible de los RH.



La infraestructura es transversal a todo esto y es lo principal para garantizar la disponibilidad y el acceso al agua. La modernización de la infraestructura debe dirigirse a mejorar la eficiencia del uso de recursos, atender la creciente demanda de agua para su aprovechamiento.



Infraestructura para aumentar la disponibilidad y saneamiento de las aguas

Históricamente, los embalses han sido efectivos para cubrir los periodos de escasez y controlar los excesos hidrológicos. Su capacidad de almacenamiento y control de caudales contribuye a incrementar la disponibilidad de agua, hacer frente a sequías, inundaciones e inclusive, incrementar la capacidad instalada de generación eléctrica. No obstante, los embalses tienen una alta exposición a los fenómenos climáticos, por lo tanto, se recomienda que su consideración contemple realización de evaluaciones de riesgo al cambio climático para distintas ubicaciones potenciales y análisis comparativo de su relación costo-beneficio respecto a opciones substitutas.

Garantizar un suministro de agua seguro exige procesos avanzados y ambientalmente aceptables que permitan conservar el agua y reducir su consumo. **Por esta razón las iniciativas requieren de innovaciones en las siguientes acciones potenciales:**

- Reutilizar las aguas residuales industriales y municipales tratadas. Los sectores productivos y las ciudades tienen un alto impacto sobre la calidad de los reservorios de agua. A nivel regional, la cobertura de hogares con aguas residuales tratadas alcanza un promedio del 22%, con importantes variaciones entre países. Chile excede la media con 80%³⁷, seguido por México, con 37%. El resto de los países bajo análisis tienen coberturas del servicio de tratamiento de aguas por debajo del 15%³⁸.

37 No obstante, existe incidencia extensa de contaminación por efluentes mineros, residuos industriales líquidos y contaminación agrícola difusa de las aguas subterráneas.

38 BID (2017).

Los países pueden impulsar un cambio de paradigma en la gestión de aguas residuales para garantizar la seguridad hídrica. El tratamiento de las aguas residuales no solo reduce las externalidades negativas de las aguas contaminadas sobre el ambiente y la salud de la población, sino que también ofrece la posibilidad de reconsiderar su reutilización, representando una solución al problema de escasez y seguridad hídrica. En este ámbito, se proponen cuatro líneas de acción: i) desarrollar iniciativas para la gestión de aguas residuales dentro del marco de planificación de las cuencas para mejorar la eficiencia y la asignación de recursos e involucrar a los actores relevantes; ii) explorar y apoyar el desarrollo de financiamiento innovador y de modelos de negocios sostenibles en el sector; iii) implementar políticas públicas, y marcos regulatorios para promover la innovación en el sector.

- Desarrollar la institucionalidad del agua del futuro. Pasar del concepto de planta de tratamiento del agua residual a una de recuperación de los recursos para aprovechar el valor agregado del agua residual. Se recomienda que los países estudien las opciones de suministro de agua de diversa calidad a los usuarios finales en función de sus necesidades (potable, lavado, agricultura, riego y uso industrial). El uso de líneas de distribución de agua paralelas puede contribuir a lograr el nivel adecuado de purificación para distintos usos y la optimización del sistema de distribución de agua.
- Desalinizando fuentes de agua. Si bien este proceso es intensivo en energía, su evolución tecnológica registra importantes mejoras en eficiencia energética. Actualmente hay más de 7500 plantas de este tipo en todo el mundo, con el 60% de ellas ubicadas en Oriente Medio.

Infraestructura para mejorar la eficiencia del uso del agua

Existen oportunidades para reducir el consumo de agua dirigido a la generación de energía eléctrica, incorporando fuentes renovables de energía no convencional como la eólica, solar, entre otras; que suponen un menor consumo de agua e impacto ambiental para la generación de electricidad. Es importante señalar que los países de la región tienen un alto potencial de energía renovable y mercados de electricidad sólidos, que constituyen un atractivo para los desarrolladores de proyectos e inversores que buscan diversificación geográfica con tecnologías no contaminantes.

En países con alta dependencia de la generación térmica (México, Chile y Perú), se recomienda desarrollar un proceso de transformación tecnológica dirigido a incrementar la participación de térmicas renovables y la mejora de la eficiencia de plantas térmicas, sustituyendo, por ejemplo, los sistemas de refrigeración húmeda por sistemas secos (aire), estos últimos pueden disminuir hasta en 90% el consumo de agua. La demanda de agua para las tecnologías de generación de electricidad renovable varía desde insignificantes hasta comparables con la generación térmica que utiliza refrigeración de torre húmeda. Por esta razón, se recomienda que los países evalúen la factibilidad de integrar una mayor participación de tecnologías como la eólica y la solar fotovoltaica que utilizan bajas cantidades de agua³⁹. Además, los países con alto consumo de leña y bagazo de caña para la producción de calor pueden priorizar la implementación de iniciativas para desplazar la demanda de estos biocombustibles por tecnologías de alta eficiencia en base a energías renovables, por ejemplo, el desarrollo de sistemas distritales de calefacción y producción de calor de circuito cerrado de extracción de agua en base a geotermia e hidrógeno verde.

39 Agencia Internacional de Energía, 2012

“

Es importante señalar que los países de la región tienen un alto potencial de energía renovable y mercados de electricidad sólidos, que constituyen un atractivo para los desarrolladores de proyectos e inversores que buscan diversificación geográfica con tecnologías no contaminantes.

Dentro del sector agrícola, que ejerce una fuerte presión sobre los recursos hídricos, será preciso implementar medidas transformacionales para mejorar la eficiencia del uso y distribución del agua para riego. Se estima que en LA del total del agua extraída para el sector agrícola solo el 50% es utilizada de forma efectiva, mientras que el resto se pierde por evaporación y en la distribución. La demanda de agua para riego en la región es considerada moderadamente alta cuando se la compara con otras regiones del mundo⁴⁰. Dentro de las medidas comúnmente implementadas, se encuentran la modernización de los sistemas de distribución y el despliegue de infraestructura de riego por goteo e hidroponía, que pueden ahorrar entre 40% y 60% del consumo de agua.

40 El riego en América Latina y el Caribe en cifras. <https://agua.org.mx/wp-content/uploads/2017/08/El-riego-en-america-latina-y-el-caribe-en-cifras.pdf>.

Infraestructura para hacer frente al cambio climático

La infraestructura existente y las prácticas de gestión del agua se basan en supuestos históricos de condiciones meteorológicas que han perdido validez. La experiencia internacional indica que los embalses pueden contribuir a garantizar la disponibilidad de agua frente a escenarios de cambio climático, pero no compensa sus efectos. Por esta razón, el desarrollo y modernización de la infraestructura del sector energía debe incorporar variables de adaptación al cambio climático en el diseño y operación de sus distintos procesos de producción y transformación de la energía. En el subsector electricidad, **actualmente existe una brecha significativa entre el conocimiento de la forma tradicional de desarrollar la infraestructura y las variables de impacto del cambio climático a tomarse en consideración para el diseño de centrales hidroeléctricas y térmicas.** Las medidas para reducir la incertidumbre e identificar los riesgos potenciales, incluyen: i) el levantamiento de información adecuada (con escala temporal y espacial detallada), y ii) el diseño e implementación de nuevas herramientas para la modelación que incluyan variables de cambio climático que permitan mejorar el análisis tradicional de eventos y escenarios futuros.

Adicionalmente, el diseño de hidroeléctricas deberá incorporar un enfoque multisectorial para superar los desafíos asociados a los conflictos de uso del agua con comunidades locales y otros sectores productivos (particularmente en zonas con déficit hídrico). Además, este desarrollo de infraestructura debe considerar la mitigación de los impactos asociados a la construcción y operación, como, por ejemplo, la alteración del flujo de aguas abajo y las pérdidas de agua hacia la atmósfera causadas por la evaporación. En este sentido, se recomienda que los países elaboren análisis de riesgo al cambio climático e impacto medioambiental de los embalses existentes (y proyectados) para identificar las alertas tempranas que permita su mitigación.

“

La mitad de los embalses destinados a la generación hidroeléctrica tienen más de 30 años de antigüedad, debido a ello, surge una alta y urgente necesidad de modernización.

Por último, la mitad de los embalses destinados a la generación hidroeléctrica tienen más de 30 años de antigüedad, debido a ello, surge una alta y urgente necesidad de modernización. La modernización de estas instalaciones, como la mejora de la capacidad de los aliviaderos, el reemplazo de equipos y el aumento de la seguridad de las presas, reducirá su exposición a los riesgos climáticos futuros⁴¹.

41 Climate risks to Latin American hydropower. <https://www.iea.org/reports/climate-impacts-on-latin-american-hydropower/climate-risks-to-latin-american-hydropower#abstract>.

REFERENCIAS

Bakken, T. H., Killingtonveit, A., Engeland, K., Alfredsen, K., & Harby, A. (2013). *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 17, 3983–4000, 2013. Recuperado de <https://hess.copernicus.org/articles/17/3983/2013/hess-17-3983-2013.pdf>

BID (2017). Documento de Marco Sectorial de Agua y Saneamiento. Banco Interamericano de Desarrollo (BID). Recuperado de <https://idbdocs.iadb.org/wsdocs/getdocument.aspx?docnum=EZSHARE-1739234685-13>

BID (2019). La Electricidad en América Latina y el Caribe 2040. Banco Interamericano de Desarrollo. Recuperado de https://downloadapi.paperflite.com/api/2.0/shared_url/5d6522620b593a2b6eb4164a/asset/5d6522620b593a2b6eb41649/download

Bretas, F., Casanova, G., Crisman, T., Embid, A., Martin, L., y Miralles, F., Muñoz, R. (2020). Agua Para el Futuro: Estrategia de Seguridad Hídrica para América Latina y el Caribe. Banco Interamericano de Desarrollo (BID). Recuperado de <https://publications.iadb.org/es/agua-para-el-futuro-estrategia-de-seguridad-hidrica-para-america-latina-y-el-caribe>

CEPAL (2012). Disponibilidad futura de los recursos hídricos frente a escenarios de cambio climático en Chile. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). Recuperado de <https://www.cepal.org/es/publicaciones/5691-disponibilidad-futura-recursos-hidricos-frente-escenarios-cambio-climatico-chile>

CEPAL (2017). El Nexo entre el agua, la energía y la alimentación en América Latina y el Caribe. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). Serie Recursos Naturales e Infraestructura n° 179. Recuperado de https://codia.info/images/documentos/XVIII-CODIA/CEPAL_Agua_Energia_Alimentacin_AL-y-Caribe.pdf

CEPAL (2018). Segundo informe anual sobre el progreso y los desafíos regionales de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible en América Latina y el Caribe (LC/FDS.2/3/Rev.1). Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), Santiago. Recuperado de https://www.cepal.org/sites/default/files/publication/files/43415/S1800380_es.pdf

CEPAL (2019). Estadísticas de producción de electricidad de los países del Sistema de la Integración Centroamericana (SICA). Datos preliminares a 2018. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). Recuperado de https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/44661/4/S1900507_es.pdf

- CEPAL (2021). Balance Preliminar de las Economías de América Latina y el Caribe, 2020. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), (LC/PU-B.2020/17-P/Rev.1), Santiago, 2020. Recuperado de https://www.cepal.org/sites/default/files/publication/files/46501/S2000990_es.pdf
- Duarte, R., Pinilla, V., y Serrano, A. (2013). Is there an environmental Kuznets curve for water use? A panel smooth transition regression approach. *Economic Modelling*. Volume 31, March 2013, Pages 518-527. Recuperado de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0264999312004294>
- Echeverría, J., y Cantillo, B. (2013). Instrumentos económicos para la gestión del agua. *Revista de Ciencias Ambientales (Trop J Environ Sci)*. (junio, 2013). Vol 45 (1): 13-22. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5536182.pdf>
- Escenarios Hídricos 2030. (2018). Radiografía del Agua: Brecha y Riesgo Hídrico en Chile. Fundación Chile, Santiago, Chile". Recuperado de <https://escenarioshidricos.cl/wp-content/uploads/2020/06/radiografia-del-agua-1.pdf>
- Guzmán, A., y Calvo, A. (2013). Planificación del recurso hídrico en América Latina y el Caribe. *Tecnología en Marcha*, Vol. 26, N° 1, 4-17, 2013. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4835674.pdf>
- IEA (2012). *World Energy Outlook 2012*. International Energy Agency (IEA). Recuperado de <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2012>
- IFPR (2015). The murky future of global water quality. International Food Policy Research Institute. Recuperado de <http://ebrary.ifpri.org/utils/getfile/collection/p15738coll2/id/129349/filename/129560.pdf>
- Lee, U., Han, J., Elgowainy, A., & Wang, M. (2017). Regional water consumption for hydro and thermal electricity generation in the United States. *Applied Energy* (2017). Recuperado de <https://www.osti.gov/pages/servlets/purl/1427501>
- Martín, L., y Bautista, J. (2015). Análisis, prevención y resolución de conflictos por el agua en América Latina y el Caribe. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). Serie Recursos Naturales e Infraestructura n° 171. Recuperado de <https://www.cepal.org/es/publicaciones/37877-analisis-prevencion-resolucion-conflictos-agua-america-latina-caribe>
- OCDE (2015). Principios de Gobernanza del Agua de la OCDE. Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE). Recuperado de <https://www.oecd.org/cfe/regionaldevelopment/OECD-Principles-Water-spanish.pdf>

OLADE (2019). Panorama energético de América Latina y el Caribe 2018. Organización Latinoamericana de Energía. Recuperado de <http://biblioteca.olade.org/opac-tmpl/Documentos/old0416.pdf>

Pahl-Wostl (2019). Governance of the water-energy-food security nexus: A multi-level coordination challenge. Recuperado de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1462901117300758>

Peña, H. (2016). Desafíos de la seguridad hídrica en América Latina y el Caribe. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). Serie recursos Naturales e Infraestructura 178. Recuperado de <https://www.cepal.org/es/publicaciones/40074-desafios-la-seguridad-hidrica-america-latina-caribe>

Polanco, J., Ramírez, F., Montes, L., Botero, B, y Barco, M. (2020). Incidencia de la decisión de manejo de sedimentos en el valor de una central hidroeléctrica. Dyna rev.fac.nac.minas vol.87 no.213 Medellín Apr/June 2020. Recuperado de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0012-73532020000200232

PUC (2013). Marco estratégico para la adaptación de la infraestructura al cambio climático. Pontificia Universidad Católica de Chile. Recuperado de https://cambio global.uc.cl/images/proyectos/Documento_32_Marco-Estrategico-Adaptacin--Infraestructura-CC.pdf

Recursos hídricos en Chile: Impactos y adaptación al cambio climático. Informe de la mesa Agua. Santiago: Comité Científico COP25; Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación. Recuperado de <https://www.minciencia.gob.cl/comitecientifico/documentos/mesa-agua/19.Agua-Recursos-Hidricos-Stehr.pdf>

Rodríguez, DJ., Serrano, H., Delgado, A., Nolasco, D., y Saltiel, G. (2020). De residuo a recurso: Cambiando paradigmas para intervenciones más inteligentes para la gestión de aguas residuales en América Latina y el Caribe. World Bank, Washington, DC. Recuperado de <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/33436>

Spang, E., Moomaw, W., Gallagher, K., Kirshen, P., and Marks, D. (2014). The water consumption of energy production: an international comparison. Environ. Res. Lett. 9 (2014) 105002 (14pp). Recuperado de <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/9/10/105002/pdf>

UNEP (2016). A Snapshot of the World's Water Quality: Towards a global assessment. United Nations Environment Programme, Nairobi, Kenya. 162pp. Recuperado de https://unep live.unep.org/media/docs/assessments/unep_wwqa_report_web.pdf

UNESCO (2020). Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO). La seguridad hídrica y los Objetivos de Desarrollo Sostenible. Manual de capacitación para tomadores de decisión. Programa Hidrológico Internacional (PHI) VIII/Documento Técnico N° 42, América Latina y el Caribe. Recuperado de <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000374917.locale=en>

Urquiza, A., y Billi, M. (2020). Seguridad hídrica y energética en América Latina y el Caribe: definición y aproximación territorial para el análisis de brechas y riesgos de la población”, Documentos de Proyectos (LC/TS.2020/138), Santiago, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). Recuperado de https://www.cepal.org/sites/default/files/publication/files/46408/S2000631_es.pdf

Vergara, W., Rios, A., Trapido, P., Malarín, H. (2014). Agricultura y Clima Futuro en América Latina y el Caribe: Impactos Sistémicos y Posibles Respuestas. Banco Interamericano de Desarrollo (BID). Recuperado de <https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/Agricultura-y-clima-futuro-en-Am%C3%A9rica-Latina-y-el-Caribe-impactos-sist%C3%A9micos-y-posibles-respuestas.pdf>

WEF (2011). Water Security: The Water - Energy – Food - Climate Nexus. Recuperado de <https://www.weforum.org/reports/water-security-water-energy-food-climate-nexus>

Yi, J., Paul, B., Arnold, T., & Laura, S. (2019). Water use of electricity technologies: A global meta-analysis. Renewable and Sustainable Energy Reviews 115 (2019). Recuperado de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032119305994>



Konrad-Adenauer-Stiftung e.V.
**Programa Regional Seguridad Energética y Cambio
Climático en América Latina (EKLA)**

Directora: Nicole Stopfer

Coordinación editorial: Maria Fernanda Pineda / Giovanni Burga /
Anuska Soares / Johanna Pastor

Dirección fiscal: Av. Larco 109, Piso 2, Miraflores, Lima 18 - Perú

Dirección: Calle Cantuarias 160 Of. 202, Miraflores, Lima 18 - Perú

Tel: +51 (1) 320 2870

energie-klima-la@kas.de

www.kas.de/energie-klima-lateinamerika/

Fotografía de portada: Torres del Paine National Park

Autor: Liam Quinn. Derechos de autor: Attribution-ShareAlike 2.0
Generic.

Fuente: www.flickr.com



“Torres del Paine National Park”, de Liam Quinn, Está bajo la
licencia de Creative Commons CC BY-SA 2.0./Color modificado
del original. (Para ver una copia de esta licencia visita: [https://
creativecommons.org/licenses/by-sa/2.0/](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/2.0/))

Aviso:

Las opiniones expresadas en este documento son
de exclusiva responsabilidad del autor y no coinci-
den necesariamente con los puntos de vista de la
Fundación Konrad Adenauer.