



The Nature  
Conservancy 



# UNA CONEXIÓN FLUIDA



**UN FUTURO  
RENOVABLE PARA  
LOS RÍOS, EL CLIMA Y  
LAS PERSONAS**

# RESUMEN

La revolución de las energías renovables permite que los sistemas eléctricos puedan ser ahora bajos en emisiones de carbono, de bajo coste y de bajo impacto para los ríos, el medio ambiente y las personas

El mundo se enfrenta a múltiples desafíos críticos relacionados entre sí: ampliar la generación de electricidad para satisfacer las necesidades de las economías en crecimiento y suministrar energía a los mil millones de personas que actualmente carecen de acceso a ella, al tiempo que se reducen las emisiones de gases de efecto invernadero a casi cero para 2050, todo ello manteniendo la integridad de los ecosistemas de nuestro mundo, incluida la conservación de los ríos que siguen fluyendo libremente en el planeta.

Hoy en día, el mundo tiene una gran oportunidad para resolver estos desafíos, gracias a la revolución de las energías renovables, caracterizada por la rápida reducción de los costes de las tecnologías de generación y almacenamiento de energía eólica y solar, y por avances significativos en la eficiencia energética, la gestión de la demanda y la gestión de la red. Además, se ha avanzado mucho en la accesibilidad de herramientas que permiten a los gobiernos planificar estratégicamente los sistemas eléctricos para que la expansión y operación de los proyectos puedan maximizar las sinergias y minimizar los impactos negativos.

Ahora podemos prever un futuro en el que los sistemas eléctricos sean accesibles y asequibles, además de impulsar las economías con una combinación más sostenible de tecnologías de energía renovable, como la solar, la eólica, el almacenamiento, y la hidroeléctrica de bajo impacto. Por primera vez, existen alternativas viables y renovables a las presas hidroeléctricas de alto impacto,

que actualmente se proponen en muchos de los ríos de flujo libre que quedan en el mundo, una vía de desarrollo que podría desencadenar una serie de efectos negativos, entre ellos el desplazamiento de comunidades, la pérdida de pesquerías de agua dulce productivas y gran parte de los sedimentos necesarios para mantener los deltas económicamente cruciales por encima de los mares en ascenso.

Este informe describe cómo el mundo puede abordar estos desafíos interrelacionados y apoyar los esfuerzos globales para alcanzar los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y las metas del Acuerdo de París, avanzando rápidamente hacia los sistemas eléctricos que son:

- 1. Bajo en carbono.** El imperativo de descarbonizar los sistemas energéticos, y las economías en general, se hace cada vez más evidente cada año que pasa. Un clima estable —y sociedades prósperas y ecosistemas saludables— requiere que los sistemas eléctricos pasen rápidamente a ser eficientes y bajos en emisiones de carbono, y que algunos sectores, como la calefacción y el transporte, sean electrificados.
- 2. Bajo coste.** Los sistemas de energía bajos en carbono y de bajo impacto también deben satisfacer la demanda de energía de los países con electricidad que sea fiable y asequible. Además, la equidad social exige que las inversiones en energía garanticen el acceso a los mil millones de personas que todavía carecen de acceso a una electricidad fiable. De hecho, los breves plazos de construcción, la versatilidad y los bajos costes de las

nuevas energías renovables permiten a los países acelerar el acceso a la electricidad.

- 3. Bajo impacto.** Casi todas las opciones para producir energía tienen algún impacto negativo en las comunidades y el medio ambiente. Sin embargo, las opciones de sistemas de bajo impacto son cada vez más factibles y se pueden aplicar varias prácticas óptimas para reducir aún más dicho impacto, en particular en los ríos que siguen fluyendo libremente en el mundo.

El logro de esta visión no se alcanzará prejuzgando qué tecnologías y combinaciones de generación de energía deben desplegarse. Las decisiones sobre los futuros sistemas eléctricos deben seguir un proceso para identificar opciones que sean coherentes con los principios anteriores. Cualquier combinación de fuentes que pueda cumplir con estos principios (bajo coste, bajo carbono y bajo impacto) funcionará para las personas, la naturaleza y el clima.

En la práctica, creemos que los sistemas eléctricos que cumplan con estos principios serán cada vez más aquellos que eviten las importantes compensaciones asociadas con los proyectos hidroeléctricos de alto impacto. Sin embargo, evitar esas compensaciones e impactos no equivale a poner fin al desarrollo de la energía hidroeléctrica, sino a un cambio significativo en su papel y en su nicho competitivo. Los proyectos hidroeléctricos

proporcionan una gama de servicios que pueden ayudar a equilibrar los sistemas de energía y facilitar la integración de una mayor proporción de generación eólica y solar, tanto a través de la reoperación de la energía hidroeléctrica existente como a través de nuevos proyectos diseñados estratégicamente, incluyendo el almacenamiento por bombeo fuera del canal, que evitan las importantes compensaciones asociadas con el desarrollo del pasado. Estos proyectos cuidadosamente planificados proporcionarán un menor riesgo y un mayor valor a los inversores y promotores, a la vez que aportarán un mayor valor general a los países y las comunidades.

## La urgente necesidad de ampliar el acceso a la energía y descarbonizar los sistemas energéticos

Para evitar un aumento de la temperatura global por encima de 1,5°C, el IPCC informa que el mundo necesitará reducir las emisiones globales de CO<sub>2</sub> en aproximadamente un 40-50% para el 2030 y que las economías necesitarán estar casi exentas de carbono para el 2050. Dado que la generación de electricidad es una de las principales fuentes de emisiones de gases de efecto invernadero, la descarbonización de los sistemas eléctricos es fundamental para lograr las reducciones de emisiones necesarias, sobre todo porque la

## PUNTOS CLAVE

- Los costes de la energía eólica, solar y el almacenamiento en baterías han bajado drásticamente en los últimos años, y siguen bajando. Las fuentes renovables representaban dos tercios de la nueva capacidad mundial de generación de energía en 2018, liderada por la energía eólica y la solar.
- El potencial técnico mundial de los sistemas eólicos y solares de bajo impacto a escala de servicios públicos es 17 veces superior a los objetivos de energía renovable que los países se han comprometido a alcanzar en el marco del Acuerdo de París, y está bien distribuido. Esto debería permitir que casi todos los países logren sistemas de energía bajos en carbono, de bajo coste y de bajo impacto en términos de recursos sociales y ambientales.
- Reducir el número total de nuevas presas hidroeléctricas mediante una mayor inversión en energía eólica y solar puede reducir los impactos negativos en los ríos y evitar la fragmentación de decenas a cientos de miles de kilómetros de ríos que fluyen libremente en todo el mundo, dependiendo de cómo se desarrolle el despliegue en las cuencas fluviales.
- Planificar herramientas que integren modelos de expansión de la capacidad con modelos para guiar la ubicación de bajo impacto de las nuevas energías renovables puede ayudar a los responsables de la toma de decisiones a diseñar sistemas de baja emisión de carbono, bajo coste y bajo impacto.
- La revolución de la energía renovable no señala el fin del desarrollo de la energía hidroeléctrica, sino un cambio significativo en su papel. Ciertos tipos de energía hidroeléctrica se están volviendo menos competitivos y la aparición de alternativas fiables debería disminuir la necesidad de presas de alto impacto. Sin embargo, las centrales hidroeléctricas de bajo impacto, que proporcionan capacidades de almacenamiento y flexibilidad, podrían convertirse en un componente importante de la transición mundial hacia el despliegue de energías renovables considerablemente más intermitentes.
- Al capitalizar las tendencias económicas y financieras, así como las tecnologías mejoradas, podemos asegurar un futuro más brillante para las personas y la naturaleza con sistemas de energía de bajo carbono, bajo coste y bajo impacto para los ríos y otros ecosistemas.

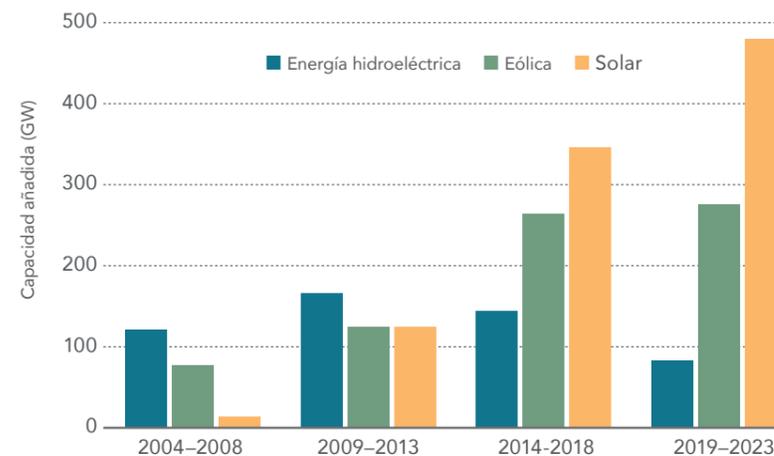
generación de electricidad debe aumentar para proporcionar electricidad a los mil millones de personas de todo el mundo que todavía carecen de acceso a la misma. Esto requerirá una rápida transición de los combustibles fósiles (carbón, gas natural y petróleo) a las energías renovables bajas en carbono como la eólica, solar, geotérmica e hidroeléctrica. Si bien la energía hidroeléctrica ha sido la fuente dominante de generación renovable hasta ahora, las proyecciones de cómo el mundo puede satisfacer la demanda futura de electricidad y al mismo tiempo alcanzar los objetivos climáticos incluyen un aumento masivo de la proporción de energía eólica y solar, y se espera que estas fuentes alcancen una proporción de generación comparable o superior a la de la energía hidroeléctrica.

### La revolución de las energías renovables está cambiando rápidamente el panorama de los sistemas eléctricos

Los costes de una serie de fuentes de energía renovables han disminuido drásticamente en el último decenio. Los costes de la energía solar y eólica se acercan ahora a los 0,05 dólares por kilovatio hora, lo que es comparable a los bajos costes de los combustibles fósiles y a los costes promedio de la energía hidroeléctrica<sup>1</sup>, y se espera que disminuyan aún más.

Debido a estos rápidos cambios en los costes relativos en los últimos años, el crecimiento de la generación de energía es impulsado ahora por las inversiones en nueva capacidad solar y eólica (Figura 1). El aumento de la capacidad de la energía hidroeléctrica ha ido disminuyendo desde 2013, debido no solo a la disminución de los costes de las tecnologías competidoras, sino también a un conjunto más amplio de problemas, entre ellos las cancelaciones de alto perfil, los crecientes riesgos hidrológicos, los excesos de costes y calendarios, los problemas técnicos y el aumento de la resistencia social.

Ciertos tipos de energía hidroeléctrica se están volviendo menos competitivos con la aparición de alternativas fiables que disminuyen la necesidad de presas de alto impacto. Sin embargo, las centrales hidroeléctricas de bajo impacto que proporcionan capacidades de almacenamiento y flexibilidad tienen que desempeñar un papel importante en el respaldo de fuentes variables, como la solar y la eólica, y en la prestación de los servicios auxiliares que contribuyen a la estabilidad de la red. La energía hidroeléctrica de bajo impacto podría seguir siendo un componente importante de la transición mundial hacia el despliegue de energías renovables considerablemente más intermitentes.



### 1. Reciente crecimiento de las energías renovables por tipo

Capacidad global de producción de energía renovable agregada 2004-2023 (tomado de IEA 2017)<sup>2</sup>

### La revolución de las energías renovables puede aumentar la conservación de los ríos que fluyen libremente mediante redes de bajo coste, bajo carbono y bajo impacto

Las proyecciones varían ampliamente en cuanto a la cantidad de energía hidroeléctrica que se desarrollará para satisfacer la demanda de energía de 2050 y alcanzar los objetivos climáticos. Por ejemplo, a partir de una línea base de capacidad actual de aproximadamente 1.200 GW, los escenarios del IPCC que limitan las temperaturas globales por debajo de un aumento de 1,5°C tienen una proyección media de energía hidroeléctrica global de 1.820 GW - un nivel que tendría como resultado 190.000 kilómetros adicionales de cauce de río afectado por la fragmentación, con más del 70 % de este impacto en las cuencas de los ríos con la mayor abundancia de peces y la mayor riqueza de especies de peces<sup>3</sup>.

Sin embargo, las tendencias en el coste y los niveles de inversión para la energía hidroeléctrica en comparación con otras tecnologías renovables, y el potencial para reacondicionar las presas existentes y volver a operar las cascadas —junto con proyecciones más bajas para la energía hidroeléctrica en 2050, como la de Teske (1.523 GW)<sup>4</sup>— sugieren que el desarrollo futuro de la energía hidroeléctrica podría ser menor. Un nivel más bajo de desarrollo podría reducir los impactos en 65.000 km. Con una buena planificación espacial, los impactos podrían reducirse otros 100.000 km —en total, una reducción de casi el 90% en el impacto sobre la fragmentación de los ríos (Figura 2)— asegurando los diversos beneficios que los ríos saludables proporcionan a las personas y a la naturaleza.

La capacidad de sustituir la energía eólica y solar por una parte del desarrollo de la energía hidroeléctrica depende de la mejora de la competitividad de esas tecnologías, y la capacidad de las redes para incorporar altos niveles de energía renovable variable, que se describen en los

estudios de los casos que figuran a continuación. Sin embargo, para que esta sustitución se traduzca en unos sistemas eléctricos con el menor impacto posible, es necesario que haya una amplia disponibilidad de energía eólica y solar en las zonas con un bajo impacto en los recursos sociales y medioambientales. El potencial técnico mundial de la energía eólica y solar a escala de servicios públicos de bajo impacto (en tierras convertidas, como la agricultura, las tierras degradadas y los tejados) es 17 veces superior a los objetivos de energía renovable que los países se han comprometido a alcanzar en el marco del Acuerdo de París, y está bien distribuido (Figura 3).<sup>5</sup> Esto debería permitir a casi todos los países lograr sistemas de energía que sean bajos en carbono, de bajo coste y de bajo impacto.

#### (a) Ejemplos de casos de redes de bajo carbono, bajo coste y bajo impacto

Varios estudios recientes han demostrado la viabilidad económica y técnica de las redes de baja emisión de carbono con expansión dominada por las energías renovables. Además, exploramos el potencial de las redes de bajo coste y bajo carbono para tener un bajo impacto en los ríos mediante la integración de modelos de expansión de la capacidad para dos países, Chile y Uganda, con el modelado básico del paisaje de los valores ambientales de los ríos.

- En Uganda, un escenario que evitó futuras represas hidroeléctricas dentro de los parques nacionales no tuvo ningún impacto en los costes del sistema de energía en comparación con el escenario de referencia, o el escenario de «todo sigue igual» (BAU, por sus siglas en inglés, «Business as usual»); la energía solar fotovoltaica y el almacenamiento reemplazarían a las dos centrales hidroeléctricas dentro de un parque nacional que se seleccionan en el escenario de referencia.
- En Chile, el escenario de referencia (BAU) incluyó tanto el carbón como una expansión significativa de la energía hidroeléctrica. Los escenarios con bajas emisiones de

## 2. Expansión de la energía hidroeléctrica y su impacto en los ríos

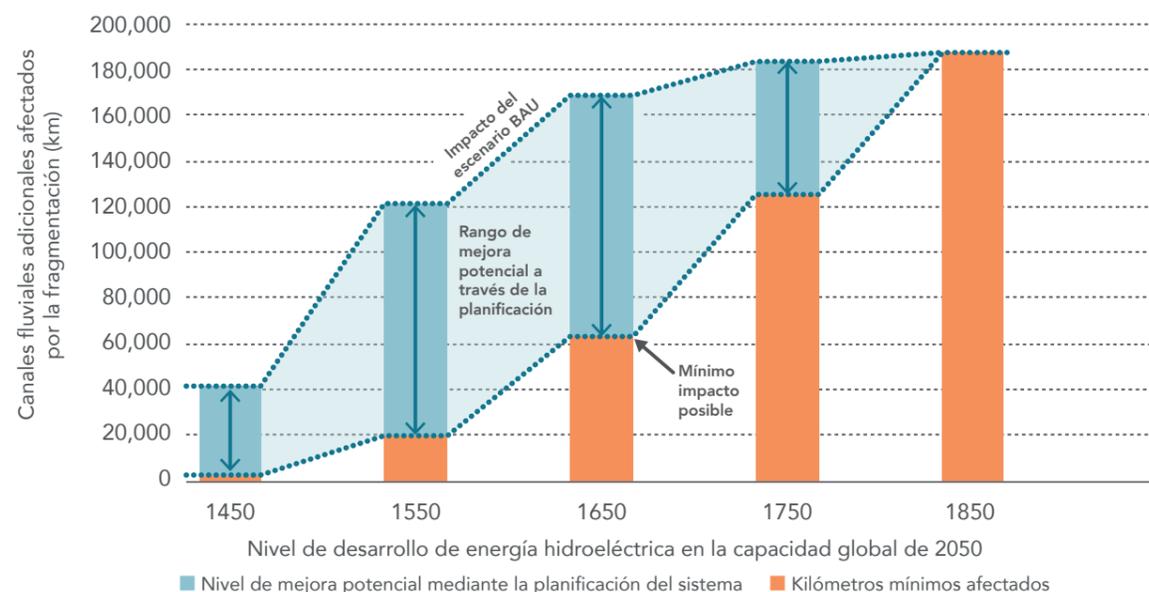


Figura 2. Posibles resultados mejorados para los ríos del mundo mediante la sustitución de la energía hidroeléctrica por otras tecnologías (cambiando de derecha a izquierda) y a través de la planificación del sistema para optimizar el rendimiento entre la generación y el medio ambiente dentro de las cuencas fluviales (área sombreada en azul dentro de cualquier nivel de desarrollo dado). La parte superior de la barra combinada representa el nivel de impacto del desarrollo del status quo de las represas hidroeléctricas para un nivel total dado de capacidad hidroeléctrica global para 2050 y la parte superior de la barra roja representa el impacto mínimo posible en ese nivel de desarrollo<sup>i</sup> (de Opperman et al. 2015 basado en la base de datos de presas de Zarfl et al. 2015)<sup>9</sup>.

carbono que también evitaron el desarrollo de nuevas represas en los ríos de flujo libre restantes de Chile tuvieron costes que fueron solo un 1,5-2 % más altos que el escenario de referencia, con una intensidad de carbono que fue un cuarto de la del escenario de referencia.

Estos ejemplos demuestran cómo la integración de modelos de expansión de capacidad con modelos de paisaje para guiar la ubicación puede reducir los impactos de la energía hidroeléctrica dentro de los sistemas de energía. Se puede utilizar una serie de mejores prácticas diferentes para minimizar aún más los impactos de la generación de energía hidroeléctrica, como la rehabilitación y ajuste de las presas hidroeléctricas existentes, la reoperación de las presas y cascadas y la adición de turbinas a las presas que no son de energía eléctrica. En general, la incorporación de la jerarquía de atenuación en

<sup>i</sup> Il faut noter que la barre de 1 850 GW est décrite comme n'ayant aucune amélioration potentielle à partir de la planification du système, mais ceci est lié au fait que le niveau de développement nécessite de construire tous les barrages dans la base de données et donc nous ne pouvons modéliser différentes configurations.

la planificación regional de nuevos proyectos de energías renovables puede reducir los impactos y los conflictos, contribuyendo a la conservación y facilitando la agilización de los permisos y el desarrollo.

### Lo que el mundo debe hacer para lograr la visión de bajo carbono, bajo coste y bajo impacto

La aceleración de la transición hacia las energías renovables requiere la eliminación de barreras, incluidas las reformas políticas y reglamentarias, la reorientación de los flujos financieros hacia nuevas energías renovables y la innovación tecnológica. Hay ejemplos de éxito para todos ellos que pueden ser emulados por otros países. Muchos gobiernos necesitan modernizar sus políticas del sector energético para aprovechar plenamente la revolución de las energías renovables, por ejemplo, comprometiéndose con objetivos de energía renovable o introduciendo subastas específicas de energías renovables para identificar las opciones de menor coste.

La financiación de las nuevas energías renovables no solo debe aumentar de forma espectacular, sino que también debe incluir la financiación para la planificación del sistema, tanto a través de los presupuestos nacionales como del apoyo de las instituciones financieras internacionales. La integración de modelos de expansión de la capacidad con modelos para guiar la ubicación de nuevas fuentes de energía renovables puede ayudar a los responsables de la toma de decisiones a comprender las ventajas y desventajas de las diferentes opciones e identificar aquellas opciones que tienen un buen desempeño en una serie de objetivos (véase el recuadro 1).

## CUADRO 1

### SISTEMAS ENERGÉTICOS SOSTENIBLES PARA LA CUENCA DEL RÍO MEKONG

El río Mekong sustenta la pesca de agua dulce más productiva del mundo y suministra sedimentos que mantienen la integridad física y los ecosistemas productivos del Delta del Mekong, una parte crucial de la economía de Vietnam y de la seguridad alimentaria regional, y hogar de 21 millones de personas.

La energía hidroeléctrica ha sido una fuente primaria de electricidad para los países del Mekong, pero los estudios muestran que una continuación de la trayectoria actual de la energía hidroeléctrica causaría la pérdida de casi la mitad de la biomasa de peces migratorios. Privado de sedimentos atrapados detrás de las presas y sujeto a otras presiones, el delta podría estar más de la mitad bajo el agua a finales de este siglo.

Estudios recientes sugieren que la región podría satisfacer la demanda futura de energía con un desarrollo de la energía hidroeléctrica considerablemente menor que las proyecciones

de la situación actual. La integración de modelos de expansión de la capacidad con modelos para guiar la ubicación de la energía hidroeléctrica de bajo impacto proporcionó pruebas sólidas de que la región del Mekong puede desarrollar sistemas de energía de bajo carbono y bajo coste que no requieran represas en el tronco principal o en los pocos afluentes principales de flujo libre que quedan, y que cualquier energía hidroeléctrica adicional puede ubicarse de manera que tenga un impacto mínimo en las pesquerías y los sedimentos por unidad de energía hidroeléctrica producida.

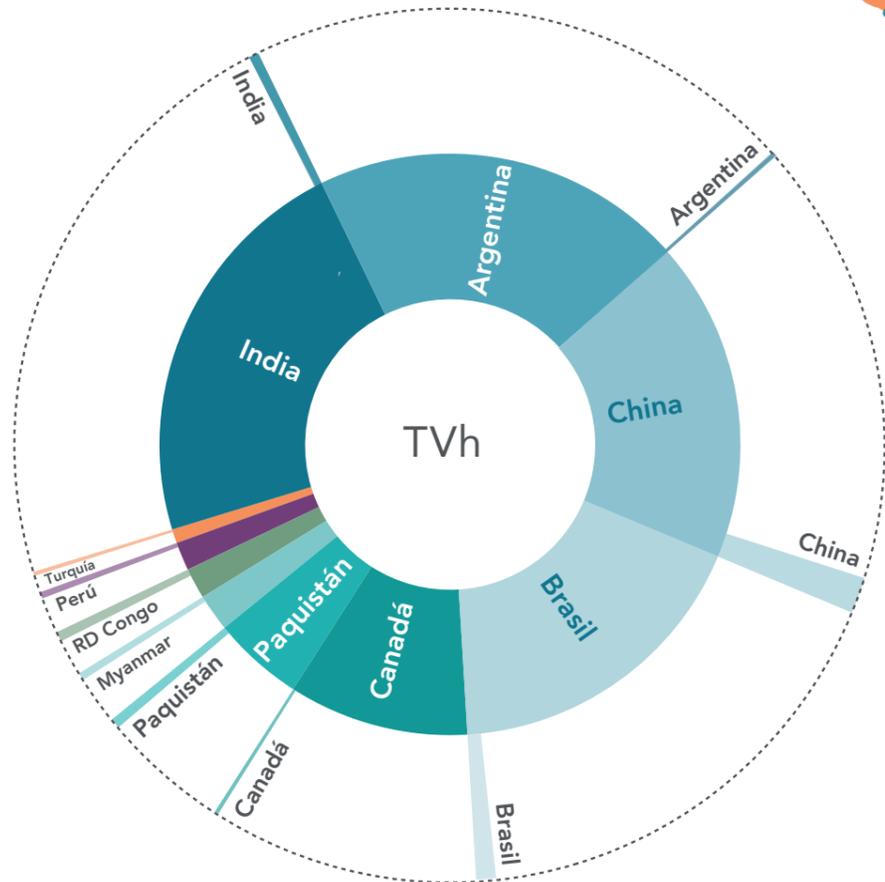
Aunque existen indicios de que la revolución de las energías renovables se está afianzando en la región del Mekong, las decisiones que se tomen en los próximos años sobre las presas de gran impacto, como la de Sambor, podrían impedir que los resultados sean más equilibrados. Se necesitan políticas y planificación coordinadas y proactivas para garantizar que los países sigan una vía energética más sostenible.



Adam Oswell / WWF - Greater Mekong

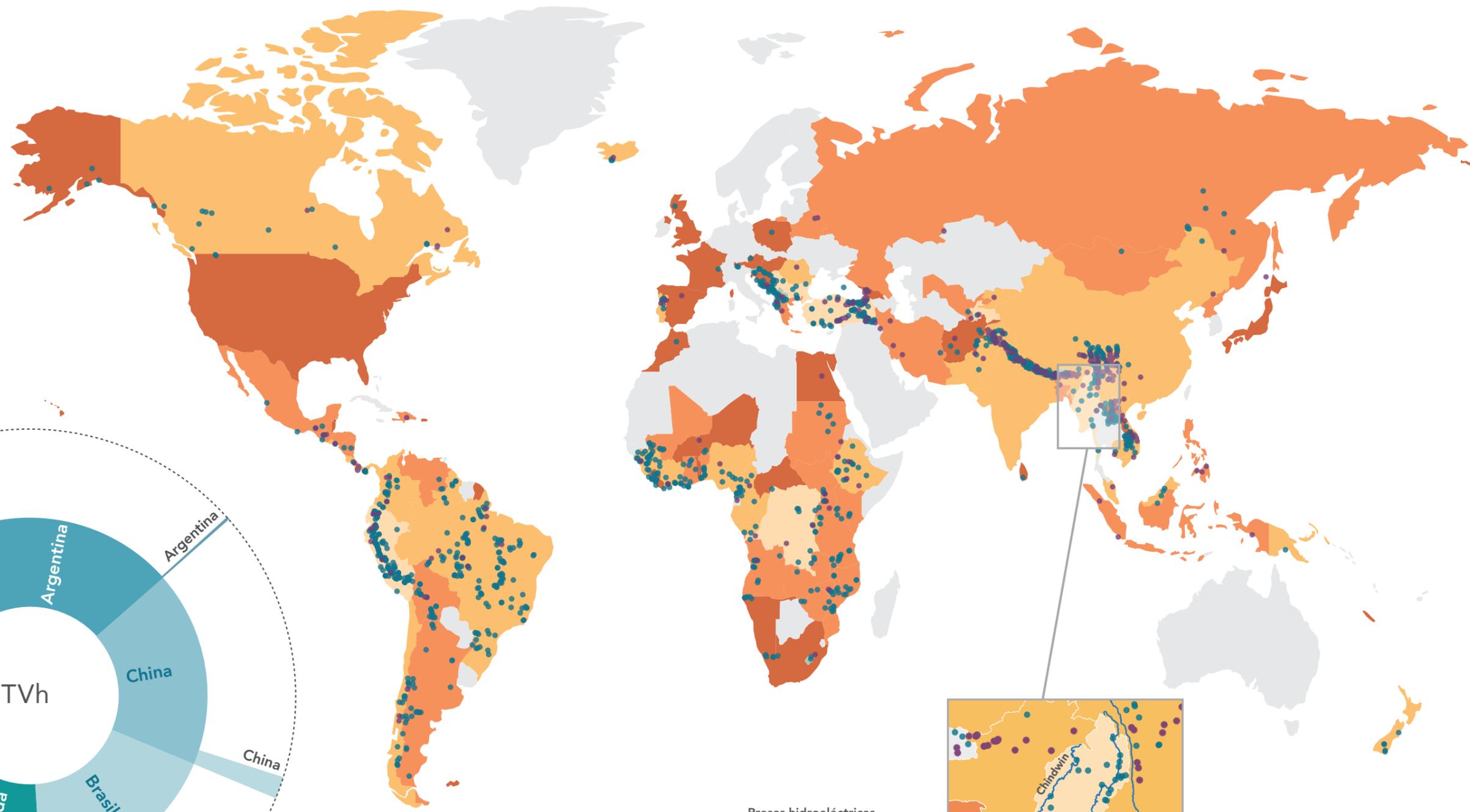
### 3A. Generación potencial por país: hidroeléctrica y eólica y solar de bajo impacto

Generación potencial, en toneladas de kilovatios hora, de eólica y solar de bajo impacto (anillo interior, de Baruch-Mordo et al 2018) y la futura hidroeléctrica potencial (anillo exterior, de Zarfi et al. 2015).



### 3B. Mapa global de hidroeléctrica potencial y generación potencial de eólica y solar de bajo impacto

Proportión de la generación potencial de eólica y solar de bajo impacto con respecto a la futura hidroeléctrica potencial, por país. También se muestran las presas en construcción y potenciales. El mapa muestra las presas potenciales en los ríos de Myanmar, los últimos ríos de flujo libre en el sur y sureste de Asia

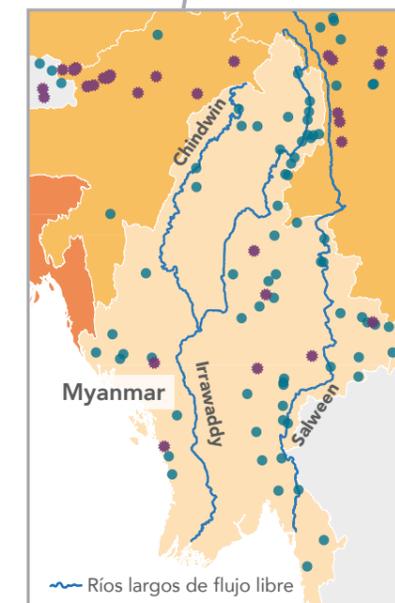


#### Presas hidroeléctricas

- En construcción
- Potencial

Proportión de la generación potencial de eólica y solar de bajo impacto con respecto a la generación de las presas hidroeléctricas propuestas

- Datos no disponibles en hidroeléctricas propuestas
- < 1
- 1.1-10.0
- 10.1-100.0
- 100.1-1000.0
- > 1000



## CONCLUSIÓN

En muy poco tiempo, la visión de sistemas de energía de bajo coste, bajo carbono y bajo impacto se ha convertido en una posibilidad real. Gran parte de la revolución de las energías renovables ya está en marcha. Aunque esta transición recibió cierto impulso inicial de las políticas, ahora está impulsada tanto por la innovación tecnológica y la competencia en el mercado como por las políticas<sup>9</sup>.

No solo podemos imaginar un futuro en el que los sistemas eléctricos sean accesibles, asequibles y que impulsen las economías con una combinación de tecnologías de energía renovable —incluyendo la solar, la eólica, el almacenamiento y la hidroeléctrica de bajo impacto—, sino que ahora podemos construir ese futuro. Las crecientes demandas de electricidad y los objetivos climáticos pueden lograrse al mismo tiempo que se evitan los impactos negativos que la energía hidroeléctrica de alto impacto tiene sobre los ríos que aún fluyen libremente en el mundo.

El logro de esta visión requerirá innovaciones políticas, financieras y técnicas en todos los países. Afortunadamente, en esta etapa la factibilidad de los sistemas de bajo carbono, bajo coste y bajo impacto —y los beneficios de lograrlos— se están volviendo claros, creando poderosos incentivos para diferentes grupos de interesados (véase el recuadro 2). Estas partes interesadas deben tomar medidas proactivas y de colaboración para garantizar una transición rápida hacia sistemas de energía más sostenibles. Si varias limitaciones retrasan la transición solo una década, la salud y la productividad de ríos como el Mekong, el Irrawaddy y el Amazonas —y docenas o cientos de otros en todo el mundo— disminuirán debido a impactos significativos que son casi permanentes y evitables. Sería una gran tragedia que todos los beneficios ambientales de la revolución de las energías renovables llegaran solo unos años más tarde para salvaguardar los grandes ríos del mundo y todos los diversos beneficios que proporcionan a las personas y a la naturaleza.

Para evitar esas pérdidas —y aprovechar la gran oportunidad que se presenta— esperamos que este informe sirva como un llamamiento a la acción para acelerar la colaboración. Trabajando juntos los gobiernos, instituciones financieras, sector privado, sociedad civil y científicos, se pueden construir las herramientas y los mecanismos necesarios para catalizar la creación rápida de un futuro energético más sostenible para el clima, los ríos y las personas.

### CUADRO 2

## CONTRIBUCIONES CLAVE PARA UN FUTURO ENERGÉTICO SOSTENIBLE

- Los gobiernos pueden (1) implementar la planificación a escala de sistema y la concesión de licencias centradas en los sistemas integrados de energía para identificar y desarrollar aquellos que son de bajo coste, bajo carbono y bajo impacto. De esta forma, los países pueden reevaluar los planes para la energía hidroeléctrica a fin de tener en cuenta el valor total de los ríos y considerar la disponibilidad de alternativas de menor impacto; y (2) crear marcos competitivos para acelerar la revolución de la energía renovable para ayudarles a cumplir con los compromisos internacionales, sobre todo las contribuciones nacionales al Acuerdo de París, los ODS y las metas del CDB.
- Los desarrolladores pueden facilitar la transición apoyando una planificación más completa y mejorando sus propias evaluaciones de proyectos utilizando protocolos y salvaguardas de sostenibilidad. Los desarrolladores se beneficiarán de una serie de proyectos de menor riesgo y, específicamente para el sector hidroeléctrico, de la prestación de servicios auxiliares de mayor valor.
- Las instituciones financieras también pueden apoyar una planificación más integral como una forma de desarrollar una cartera de proyectos de menor riesgo, centrando sus préstamos en las oportunidades que surjan de dichos planes y exigiendo a sus clientes que apliquen protocolos y salvaguardas de sostenibilidad ambiciosos. La disponibilidad de fondos directos para esas actividades puede ser fundamental. Los financiadores se beneficiarán de proyectos de menor riesgo y, particularmente relevantes para los bancos de desarrollo, lograrán diversos objetivos, incluyendo múltiples ODS.



The University of Manchester