

RESUMEN EJECUTIVO

El Poder de los Ríos Caso de Negocio

Cómo la planificación y la administración de la energía hidroeléctrica a escala de macrocuenca pueden producir beneficios económicos, financieros y ambientales

La hidroenergía por diseño (HbD por sus siglas en inglés: Hydropower by Design) permite identificar sistemas hidroeléctricos estratégicos y sostenibles que generen valor económico a los países, rendimientos financieros para los desarrolladores, y mayores beneficios ambientales de los ríos.

PUNTOS CLAVES

- El análisis a escala de macrocuenca para la planeación y manejo de la energía hidroeléctrica –lo que llamamos hidroenergía por diseño (HbD por sus siglas en inglés) –está en capacidad de producir beneficios económicos significativos para los países, así como de reducir los impactos ambientales, los conflictos sociales y los riesgos de inversión.
- A través de una serie de casos de estudio, hemos demostrado que la HbD puede mejorar notablemente el desempeño ambiental para la generación de energía, mientras produce ganancias del 5 al 100% en otros servicios ecosistémicos importantes.
- Mientras que la planeación estratégica requerida para lograr un balance en los resultados ha sido relacionada frecuentemente con una ejecución retrasada o asociada con proyectos que no son atractivos financieramente, para esta investigación se han utilizado modelos financieros y de sistematización energética para demostrar que el manejo del riesgo y la adopción de la HbD dan como resultado proyectos que son financieramente competitivos y, también, estratégicos y de bajo impacto.
- En efecto, los beneficios de la planeación a escala de macrocuenca en materia económica y ambiental pueden considerarse “pagados” por los beneficios financieros que proporciona la HbD. Los beneficios económicos potenciales con la adopción generalizada de este marco de trabajo, a nivel global, son altamente significativos: por ejemplo, incluso el mejoramiento de un 5% en la gestión de recursos del agua en cuencas donde la energía hidráulica juega, o jugará en el futuro, un papel importante podría producir más de US\$38 mil millones por año, una suma comparable al promedio de la inversión en energía hidráulica.

La energía hidroeléctrica contribuirá de manera importante a los sistemas energéticos con bajas emisiones de carbono, representando cerca de US\$2 billones de inversión entre 2017 y 2040. En las cuencas hidrográficas del mundo, el desarrollo y la gestión hidroeléctrica tendrán impactos positivos y negativos sobre otros usos de los recursos hídricos, los cuales pueden valorarse entre US\$285 y US\$770 mil millones por año.

- Para preservar el clima dentro de los límites seguros, el mundo debe descarbonizar de manera rápida los sistemas de energía actuales, incluyendo la triplicación de la generación de electricidad a partir de fuentes con bajas emisiones. Junto a la considerable expansión de la energía solar y de la energía eólica, es probable que la energía hidroeléctrica se mantenga como una tecnología clave, tanto para equilibrar las redes como para aumentar la capacidad de los sistemas energéticos (Figura 1).
- Las proyecciones que asumen que el mundo cumplirá con las expectativas climáticas sugieren que la capacidad hidroeléctrica se incrementará en al menos un 50% para el 2050, pasando de 1.200 GW a aproximadamente 2.000 GW (Figura 2). Con base en los costos promedio de inversión, esto representa un fondo total de inversión de US\$2 billones. Asia verá el mayor incremento total, mientras que África experimentará el mayor incremento proporcional.
- El desarrollo y la gestión hidroeléctricas se llevan a cabo en cuencas hidrográficas donde confluyen diversas necesidades alrededor de los recursos hídricos. Las hidroeléctricas que se planean y operan como parte de un sistema más grande (como la cuenca de un río, red eléctrica o una jurisdicción) tienen el potencial de incrementar los beneficios de estos recursos. Sin embargo, la energía hidráulica que no forme parte de un sistema tenderá a

© ERIKA GRIFFIN U. STROM THURMOND DAM RELEASE, SAVANNAH RIVER, GEORGIA, USA)

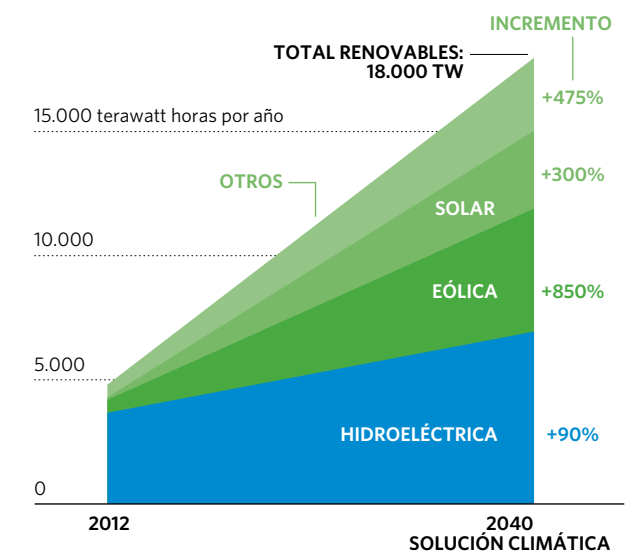


perder oportunidades de beneficiarse de otras demandas y puede, en ocasiones, entrar en conflicto con estas últimas. Dentro de las cuencas con intervención hidroeléctrica, el rendimiento financiero por concepto del manejo de los servicios del agua es considerable (Figura 2), estimado entre US\$285 y US\$770 mil millones por año.

- 180 millones de hectáreas de tierra cultivada producen entre US\$100 y US\$140 mil millones anuales en rendimientos financieros.
- 660 millones de personas y 145.000 kilómetros cuadrados se encuentran en riesgo de inundación dentro de zonas urbanas; los daños anuales por inundaciones dentro de las cuencas con intervención hidroeléctrica varían entre US\$20 y US\$40 mil millones, y pueden asimilarse al valor potencial del manejo de las inundaciones.
- 88.000 millones de metros cúbicos (Mm³) almacenados para suministro son suficientes para abastecer aproximadamente a 600 millones de personas con agua potable, con un valor económico estimado entre US\$160 y US\$320 mil millones.

FIGURA 1

Incrementos proyectados en las fuentes de energía de bajo carbono necesarios para llegar a los objetivos climáticos del 2040, en cuyo punto las energías renovables podrían representar más de la mitad de la generación eléctrica¹

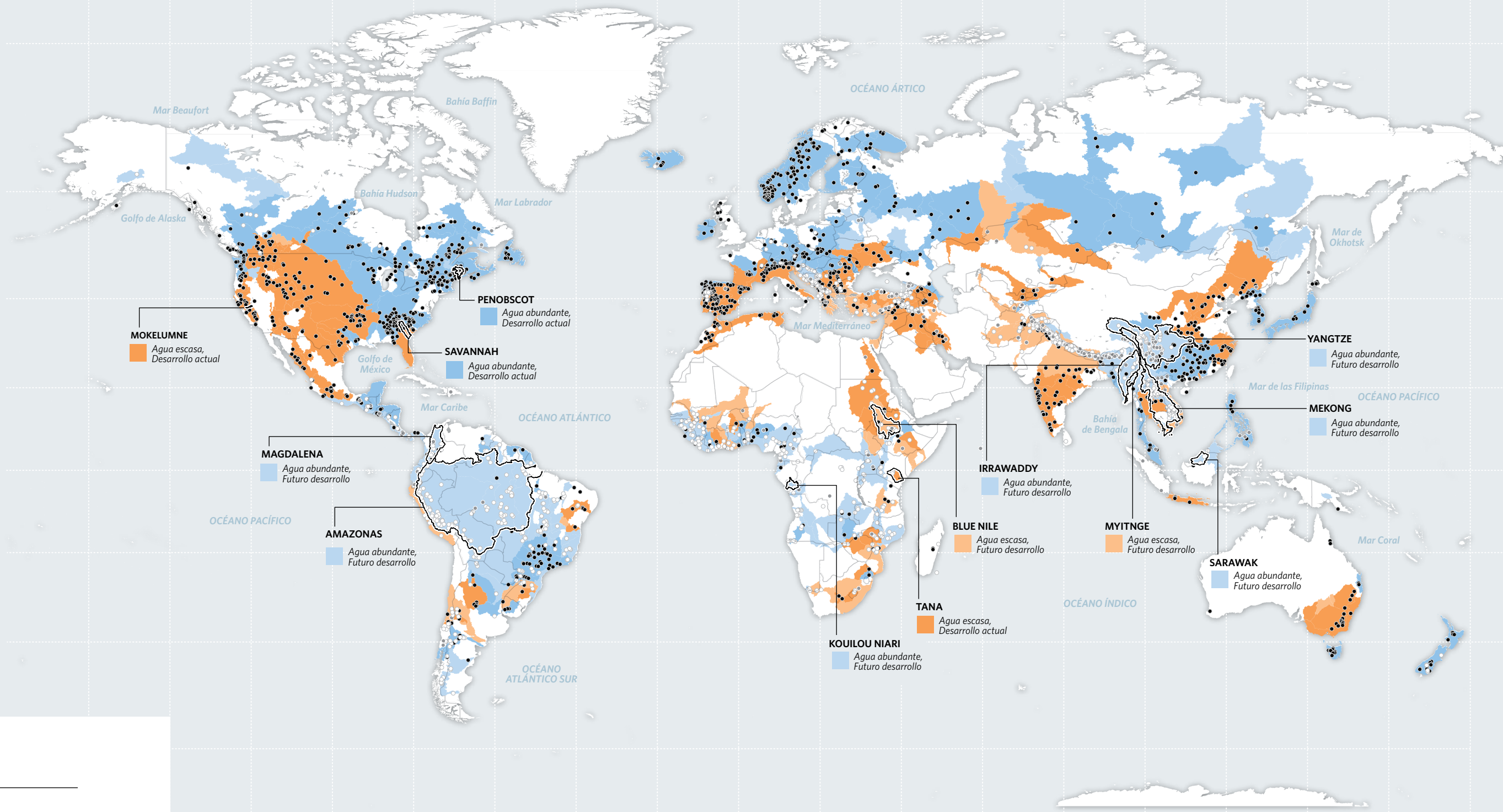


¹ IEA, 2014

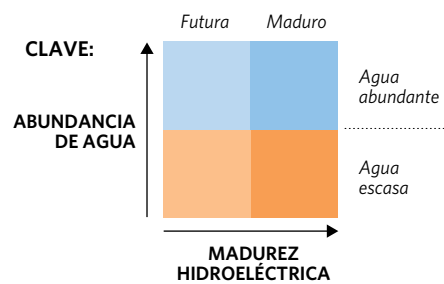
FIGURA 2

Cuencas con intervención hidroeléctrica. Las cuencas con intervención hidroeléctrica y abundante agua se resaltan con color azul: el sombreado azul oscuro identifica las cuencas "maduras" en términos de desarrollo ("desarrollo actual"), y el sombreado azul claro señala las cuencas que tendrán un mayor desarrollo en el futuro. El sombreado naranja muestra las áreas donde el agua es más escasa: el color naranja oscuro indica cuencas "maduras" ("desarrollo actual"), mientras que las de color naranja claro representan las que tendrán un mayor desarrollo en el futuro. Los puntos negros son los proyectos hidroeléctricos existentes, los puntos grises son las que están en construcción, y los círculos abiertos representan los proyectos hidroeléctricos en planeación. Las cuencas estudiadas se encuentran resaltadas.

El gráfico de barras de la parte inferior izquierda muestra los niveles de almacenamiento de agua, la población que tiene riesgos de inundación en áreas urbanas y las hectáreas de tierras cultivadas con agua superficial, en comparación con los cuatro tipos de cuencas con intervención hidroeléctrica (futuras = desarrollos futuros, maduras = desarrollo actual, abundante = agua abundante, escasa = agua escasa).



CATEGORÍAS DE CUENCAS



- PRESAS HIDROELÉCTRICAS EXISTENTES
- EN CONSTRUCCIÓN
- EN PLANEACIÓN

TIPOS DE CUENCAS	ALMACENAMIENTO PARA SUMINISTRO DE AGUA (MM ³)	RIESGO DE INUNDACIÓN (MILLONES DE PERSONAS)	TIERRAS CULTIVADAS (MILLONES DE HA)
FUTURA ABUNDANTE	888	70	16
MADURA ABUNDANTE	42,317	238	22
FUTURA ESCASA	6,531	97	53
MADURA ESCASA	38,157	256	88



© MICHAEL YAMASHITA (DALAH MARKET, MYANMAR)

Sin embargo, la expansión de la energía hidroeléctrica debe hacerse correctamente. Si la planeación se realiza de manera aislada (por ejemplo, si se piensa únicamente a escala del proyecto sin incorporar objetivos para otros recursos), los proyectos hidroeléctricos generalmente no logran su verdadero potencial y dejarán de producir múltiples beneficios. De hecho, podrían causar impactos significativamente negativos en más de 300.000 km de ríos y en el entorno asociado, así como en los valores sociales.

- El desarrollo de un proyecto basado únicamente en criterios financieros puede dar como resultado proyectos hidroeléctricos que generan energía pero que no contribuyen al cumplimiento de las metas globales –tales como la integración intermitente de energías renovables dentro de la red– y que de hecho, al ocupar un lugar ventajoso, hacen aún más difícil el logro de tales objetivos.
- La energía hidroeléctrica mal planificada, sumada a la pérdida de oportunidades para lograr beneficios amplios, ha contribuido a la generación de conflictos sociales alrededor del desarrollo y operación de los proyectos hidroeléctricos. Para los proyectos existentes, los conflictos pueden conducir a pleitos y retiros obligatorios o a cambios en la operación. Para los proyectos en planeación o en etapas de construcción, los conflictos pueden causar demoras, sobrecostos y cancelaciones. Los proyectos hidroeléctricos son regularmente proyectos grandes y complejos, específicos para el lugar donde se realizan y, por lo tanto, cuentan con un amplio rango de factores que pueden contribuir al desarrollo de estos problemas. Sin embargo, los conflictos sociales y ambientales pueden convertirse en factores importantes, y los impactos de algunas hidroeléctricas pueden aportar, sin duda, al hecho de que los proyectos hidroeléctricos tengan grandes retrasos y sobrecostos comparados con otros grandes proyectos de infraestructura. Estos, a su vez, contribuyen a las percepciones de riesgo e incertidumbre que pueden afectar el flujo de la inversión. Ejemplos recientes de retrasos en proyectos de alto nivel e incluso de cancelación –entre los cuales se incluyen Myotone, (Myanmar), HidroAysen (Chile), San Luis de Tapajos (Brasil) y Belo Horizonte (Brasil)– muestran de forma

contundente cómo una apreciación incompleta de los impactos sociales y ambientales durante la planeación y la selección del lugar pueden conducir a desafíos importantes para desarrolladores e inversionistas. Los tres primeros proyectos mencionados anteriormente representan un incremento de US\$1.300 millones de inversión total y 18 GW de capacidad no desarrollada.

- Los costos sociales y ambientales de la expansión de la energía hidroeléctrica pueden ser gigantescos. Los impactos negativos de las hidroeléctricas en los ecosistemas y en las personas se encuentran bien documentados tanto en los resultados reales como en los estimados; tal es el caso de la disminución proyectada del 40 al 60% en la biomasa de peces migratorios en la cuenca del río Mekong a causa del desarrollo total de las principales represas. Dentro de los países de altos ingresos, las represas ya son una de las principales causas de la extinción de especies de agua dulce y de la alteración de sus ecosistemas. Los niveles de desarrollo proyectados para nuevas hidroeléctricas en los países de ingresos medios y bajos pueden afectar más de 300.000 km de ríos libres, y la mayoría de esos impactos ocurrirían en los ríos que proveen grandes beneficios a las comunidades rurales a través de la producción de alimentos y especies vivas. Por ejemplo, las cuencas de los ríos con la mayor expansión hidroeléctrica proyectada proveen, por lo menos, 6 millones de toneladas de pescado, cantidad suficiente para ser la fuente principal de proteína animal para 130 millones de personas.

Los Gobiernos se enfrentan a una creencia generalizada: planificar y gestionar a escala de macrocuenca reduce el impacto negativo social y ambiental, a costo de que la implementación sea financieramente menos atractiva.

- La planeación estratégica ha sido a menudo comparada con procesos largos y complejos, y es posible que un Gobierno sienta que este enfoque puede identificar proyectos y opciones de gestión que, si bien están dentro de los intereses estratégicos de la nación, no son financieramente atractivos para los desarrolladores e inversionistas, lo que inhibe el flujo de la inversión para cumplir con las necesidades de desarrollo. Desde este punto de vista, la selección de un desarrollo estratégico implicaría retrasar o inhibir la inversión.

2 Los peces migratorios representan la parte más importante de la pesquería actual, valorada en US\$11 mil millones por año, y es el primer recurso proteínico y de sustento de decenas de millones de personas.
3 Las cifras de pesca de agua dulce generalmente están subestimadas respecto de los valores reales, de tal manera que los totales actuales pueden ser considerablemente más altos.

- Por otro lado, los proyectos seleccionados inicialmente por ser financieramente atractivos para los desarrolladores pueden estimular la inversión, pero resultan siendo proyectos con mayores impactos y que contribuyen con menor eficiencia a metas estratégicas tales como el valor económico.
- Se requieren procesos y herramientas que permitan identificar opciones de desarrollo y gestión que sean a su vez estratégicas y de bajo impacto, y financieramente competitivas.

La hidroenergía por diseño (HbD) se puede definir en términos generales como un enfoque de planificación y gestión integral de la energía hidroeléctrica a escala de macrocuenca. Este enfoque busca articular otros sectores e incorporar temas sociales y ambientales desde las etapas iniciales para promover la sostenibilidad y optimizar la retribución de los beneficios.

La integración de las perspectivas y modelos de la HbD hace posible captar dos fuentes claves de valor financiero: primero, la optimización del diseño del sistema, y segundo, el mejoramiento de la gestión del riesgo para reducir los retrasos y los sobrecostos debidos a los impactos sociales y ambientales. La HbD puede identificar portafolios de proyectos que tengan valores mayores de tasa interna de retorno (TIR). Estos rendimientos superiores pueden “pagar” los objetivos económicos, sociales y ambientales. A través de la aplicación del modelo HbD los países pueden permitirse ser más estratégicos.

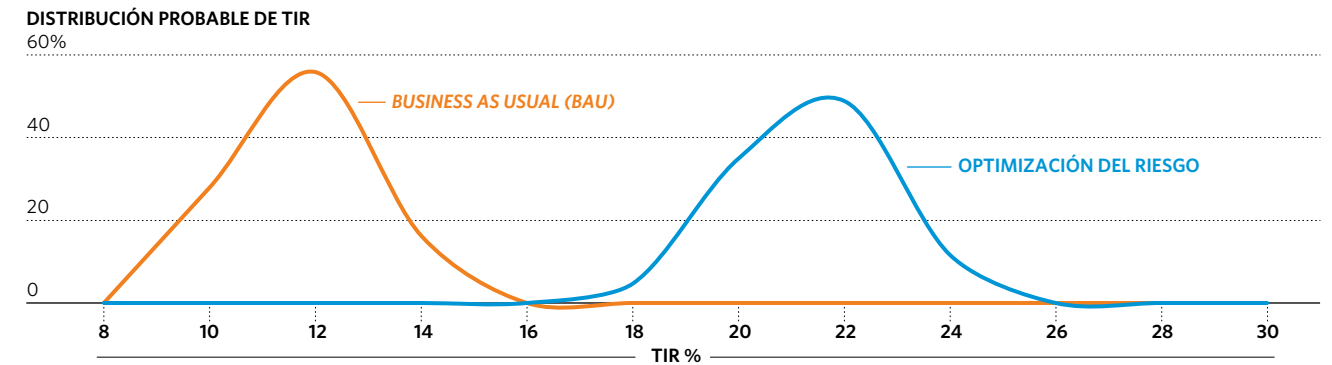
- Las hidroeléctricas normalmente se desarrollan a través de un conjunto de decisiones desconectadas entre sí a nivel de proyecto. El enfoque de diseño de proyectos aislados pierde oportunidades de capitalizar el valor financiero a escala de macrocuenca porque cada proyecto, construido para cumplir las expectativas de un solo desarrollador, cambia el entorno físico de la cuenca (por ejemplo, las líneas de transmisión de los flujos y de otra infraestructura) para todas las posibilidades de desarrollo futuro. El enfoque de HbD para la selección de proyectos – guiado por la integración de los modelos de gestión del agua, el medioambiente, la energía y las finanzas– incorpora las decisiones sobre proyectos individuales en función de la optimización del sistema, identificando un conjunto de proyectos que captan la eficiencia a nivel del sistema financiero. Esto da como resultado un portafolio de proyectos individuales con un rendimiento financiero promedio mayor al del enfoque tradicional de negocio de pro-

yecto por proyecto (BaU, por sus siglas en inglés: *Business as Usual*).

- Una segunda fuente de valor financiero comparada con el enfoque BaU surge a partir de la mejor identificación de la gestión de riesgos, que puede informar sobre la selección de sitios y el diseño, y contribuir a minimizar los conflictos, los sobrecostos y los retrasos en la ejecución ocasionados por los impactos sociales y ambientales. Las demoras pueden ocasionar reducciones significativas de la TIR del proyecto ya que cada mes de retraso es un mes más de desembolsos adicionales y de ingresos perdidos. Considerando los modelos de manejo de los recursos hídricos y del ecosistema dentro del proceso de selección y diseño de nuevos proyectos, los riesgos pueden evaluarse de manera más real y las proyecciones de los riesgos pueden incorporarse dentro de los modelos del retorno de la inversión. Esto da como resultado un portafolio de proyectos con menores riesgos, mejorando la distribución de la TIR comparada con el enfoque BaU.
- Captando estas fuentes de beneficios financieros, los proyectos seleccionados bajo el enfoque de la HbD en un caso estudiado en Colombia pudieron cumplir los objetivos energéticos reduciendo en un 66% los impactos sociales y en un 5% los ambientales en comparación con el enfoque BaU, al tiempo que se logró una mayor TIR promedio del 22% contra 13% (Figura 3) y un mayor valor presente neto (VPN), de \$5300 millones contra \$2400 millones.

FIGURA 3

Comparación de la distribución de la TIR para un conjunto de proyectos individuales seleccionados a través de HbD (“optimización del riesgo”) y a través de los enfoques BaU (enfoque tradicional de negocio) para el río Magdalena en Colombia. La incorporación de modelos relacionados con la HbD generan conjuntos de proyectos con TIR más alta (desplazando la curva en el eje horizontal).



© TIM LAMAN/NATIONAL GEOGRAPHIC CREATIVE (LAMBIR HILLS NATIONAL PARK, SARAWAK RIVER, MALAYSIA)

La hidroenergía por diseño (HbD) puede identificar opciones que proporcionan niveles de generación eléctrica similares a los que provee el enfoque BaU, pero con menores impactos ambientales y logrando mejoras en el rendimiento desde 5 hasta más de 100 % para otros valores de la gestión del recurso hídrico, tales como la irrigación y el hábitat de peces migratorios.

- La HbD tiene un gran potencial para la obtención de mayores beneficios económicos por parte de los países. En un conjunto de casos de estudio, los enfoques de HbD para la planeación y gestión incrementaron los niveles de otros valores económicos desde el 5% hasta más del 100%, comparados con enfoques BaU, generalmente sin reducción en la generación de energía y, en algunos casos, inclusive con un aumento de esta. En las cuencas donde el agua es escasa y las represas tienden a tener diversos propósitos, los valores económicos incluyen el riego, el suministro de agua, el manejo de inundaciones y la ganadería en llanuras inundables. En el caso de las cuencas que tienen agua abundante, las represas hidroeléctricas son generalmente unipropósito, aunque el manejo de inundaciones y el suministro de agua se hayan mejorado en algunas de estas cuencas. En casi todas las cuencas se pudo mejorar significativamente la actividad ambiental (Figura 4). Estas mejoras son altamente específicas para cada cuenca debido a la naturaleza compleja en la interacción de sistemas económicos, sociales, biofísicos y de infraestructura.
- Es posible lograr importantes mejoras en muchos recursos cuando la HbD se implementa en la etapa de planeación influyendo en la selección del sitio.
- Las cuencas son inherentemente complejas por las combinaciones de recursos, restricciones y oportunidades específicas para un sitio en particular. Por ejemplo, algunos recursos que se correlacionan positivamente en una cuenca pueden estar correlacionados negativamente en otra. Por lo tanto, extrapolar de un conjunto de casos estudiados a una perspectiva global conlleva retos importantes. En todo caso, es importante considerar el potencial alcance global de un mejor desempeño económico que podría surgir de un uso generalizado de la HbD. Por ejemplo, si los enfoques de HbD a escala de macrocuenca pudieran lograr un incremento neto de 5% en otros servicios de gestión del agua, se obtendría un aumento del valor económico glo-

bal de aproximadamente US\$14 a US\$38 mil millones por año, una cifra que es comparable a la inversión promedio anual en energía hidroeléctrica. Esto acentúa la importancia de que los países y las organizaciones de desarrollo se encuentren motivados a promover la planeación, la toma de decisiones, la financiación y los procesos reguladores necesarios para asegurar estas ganancias potenciales. El hecho de que es posible obtener un rendimiento mayor al 5% en numerosas áreas debería motivar aún más la implementación.

El camino a seguir: la HbD puede ser implementada de manera práctica, asequible y oportuna.

- A través de nuevas herramientas de modelación y de un proceso que reúne diversos objetivos, fuentes de datos y familias de modelos, la HbD puede proporcionar información útil acerca de las opciones de desarrollo y administración en un periodo de tiempo relativamente corto. En lugar de retrasar las decisiones o las inversiones, estas herramientas y enfoques a nivel de sistema pueden reducir la incertidumbre y los retrasos de los proyectos, minimizando los riesgos de inversión.
- La HbD no es un proceso completamente nuevo, sino que sus principios y herramientas pueden integrarse dentro de planeaciones existentes y procesos reguladores, con un alcance que puede ir desde una evaluación de las opciones de generación hasta un plan maestro para la cuenca o evaluaciones ambientales estratégicas.

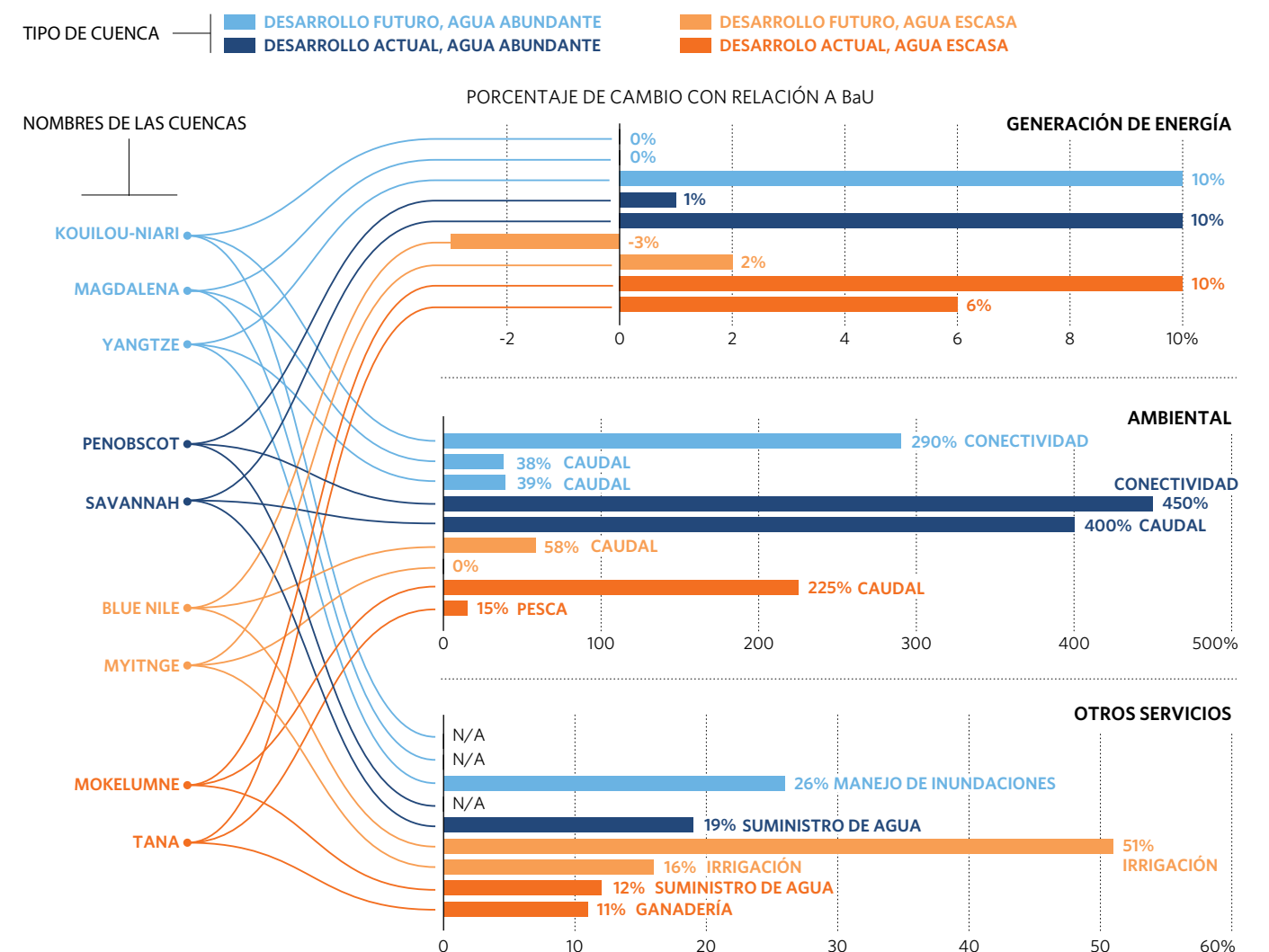
Se pueden utilizar una serie de mecanismos para implementar los sistemas de planeación y obtener los resultados equilibrados descritos en este análisis:

- Un mecanismo para la preparación de proyectos que: primero, incluya capacidades de planeación río arriba para ayudarles a los Gobiernos a seleccionar sitios para los proyectos a escala de macrocuenca con base en los principios de la HbD y, en segundo lugar, prepare los sitios con información del lugar de desarrollo. Este mecanismo podría ayudar al acceso de los bancos de desarrollo a un portafolio de proyectos bancarios preseleccionados y de alta calidad que también cumplan con los objetivos estratégicos más amplios del país que liderará su implementación.

- Basados en los procesos de planeación estratégica, los Gobiernos pueden realizar subastas que les permitan identificar desarrolladores de proyectos estratégicos preseleccionados, haciendolos más atractivos al ofrecer acceso a acuerdos de compra de energía, pagos por energía firme o tarifas de suministro garantizadas.
- El acceso a los préstamos de bancos de desarrollo, bonos verdes y otras fuentes de capital preferenciales puede facilitarse para proyectos seleccionados a través de un proceso de planeación estratégica.
- Las agencias ambientales pueden incorporar la jerarquía de la mitigación en la revisión ambiental, licenciando procesos y requerimientos de mitigación. Adicionalmente, los procesos de licenciamiento para los proyectos preseleccionados pueden tramitarse rápidamente por la disponibilidad de información acerca de los objetivos del proyecto y del conocimiento del sistema desde su primera etapa.

FIGURA 4

El mejoramiento económico y ambiental es posible a través de la aplicación de la HbD en los casos estudiados para las cuencas de nueve ríos. En cada caso el escenario fue comparado con enfoques BaU con costos financieros o económicos similares. Las cuencas fueron categorizadas con base en su estatus de desarrollo (actual o futuro) y la disponibilidad de agua (abundante o escasa).



La hidroenergía por diseño (HbD) puede identificar los sistemas hidroeléctricos estratégicos y sostenibles que aportan beneficios económicos a los países, valor financiero a los promotores de proyectos, y un mayor aprovechamiento del entorno de los ríos.



Acerca de The Nature Conservancy

Los programas de aguas de The Nature Conservancy están respaldados por 400 grupos de trabajo en más de 500 proyectos de conservación de agua dulce alrededor del mundo. Utilizamos la ciencia, la innovación y la colaboración para satisfacer los retos globales que enfrentan hoy los ríos. Proporcionando una guía estratégica en la planeación de las hidroeléctricas aguas abajo y otras soluciones para proteger y restaurar los ríos, hemos colaborado en la conservación y en soluciones de restauración con la industria, los Gobiernos y otras partes interesadas.

Para más información visite: [nature.org/powerofrivers](https://www.nature.org/powerofrivers)

