

TÉRMINOS DE REFERENCIA

Impacto del cambio climático en la producción hidroeléctrica del país y medidas de adaptación

País: Costa Rica

Número de Cooperación Técnica: CR-T1283

Nombre de la Cooperación Técnica: Impacto del cambio climático en la producción hidroeléctrica del país y medidas de adaptación.

1. Antecedentes y Justificación

- 1.1. La División de Energía (INE/ENE) del Banco Interamericano de Desarrollo (BID) está buscando a una firma profesional en vulnerabilidad al cambio climático y medidas de adaptación de sistemas hidroeléctricos.
- 1.2. La energía hidroeléctrica representa la mayor contribución a la generación de electricidad en Costa Rica, en el 2023 fue cercana al 70%. Es por esta razón que es de vital importancia analizar el impacto del cambio climático sobre las plantas hidroeléctricas y ver qué medidas de adaptación se pueden implementar.

2. Objetivos

- 2.1. El objetivo de esta Cooperación Técnica es fortalecer la capacidad de Costa Rica para atender la vulnerabilidad de la generación hidroeléctrica ante el cambio climático, identificando su impacto en las principales cuencas hidrológicas del país mediante tecnologías de punta para la elaboración de modelos hidrológicos y climáticos que permita estimar cambios en la generación hidroeléctrica y desarrollar propuestas de adaptación. Los objetivos específicos son los siguientes:
 - (i) Cuantificar el impacto del cambio climático sobre el recurso hídrico y la generación eléctrica que permita conocer la vulnerabilidad de las plantas hidroeléctricas y el riesgo en su producción ante los efectos del cambio climático en las cuencas del país donde se ubican las principales centrales hidroeléctricas existentes y futuras, a saber: Río San Carlos, Sarapiquí, Reventazón, Pirrís, Grande de Tárcos y Grande de Térraba.
 - (ii) Identificar y diseñar diferentes acciones de adaptación para las plantas hidroeléctricas, según el estado del arte y las mejores prácticas a nivel mundial; y para cada una de las acciones propuestas llevar a cabo un análisis de costo-beneficio, en relación con el sistema eléctrico nacional.
 - (iii) Capacitar a las partes interesadas dentro del sector eléctrico del país, en relación con el riesgo climático y sus impactos en el sector eléctrico y el diseño y la adopción de medidas de adaptación.

3. Alcance de los Servicios

- 3.1 En línea con los objetivos presentados anteriormente, los resultados generados por la consultoría propuesta deben ofrecer respuestas a las siguientes preguntas:
 - (i) ¿Qué cambios se producirán en temperatura y precipitación bajo diferentes escenarios de cambio climático?
 - (ii) ¿Cómo afectarán estos cambios al recurso hídrico en las cuencas de estudio mencionadas?

- (iii) ¿Qué impacto tendrá sobre la generación hidroeléctrica en el país en escenarios de largo plazo?
- (iv) ¿Cuáles son las mejores prácticas para incorporar la vulnerabilidad ante el cambio climático en la planificación de largo plazo del sistema eléctrico?
- (v) ¿Qué tipo de acciones de adaptación se deberían implementar para asegurar la confiabilidad de los sistemas de generación hidroeléctricos en el corto, mediano y largo plazo?

4. Actividades Clave

La consultoría se ha dividido en los siguientes componentes.

- 4.1. **Componente I: Análisis cuantitativo de los riesgos climáticos e impactos sobre los sistemas hidroeléctricos frente al cambio climático con base en los datos hidrometeorológicos y energéticos recopilados.** Este componente comprende la recopilación de datos hidrometeorológicos y energéticos, así como la modelación climática e hidrológica de última generación para las principales cuencas hidrológicas del país. Los datos que deberán ser recopilados son: datos nacionales y regionales de variables hidrometeorológicas, datos de ubicación de plantas hidroeléctricas y su generación, datos hidrológicos relevantes para el sector eléctrico, proyecciones de inversión en infraestructura eléctrica, además de cualquier otro dato necesario para el análisis. Como parte de la recopilación de información se deberán considerar los estudios previos realizados a nivel nacional.

Se deberán definir escenarios climáticos futuros y utilizar un modelo hidrológico adecuado y ajustado de tal manera que reproduzca el régimen hidrológico de cada cuenca, y que pueda ser utilizado en la evaluación de los escenarios climáticos futuros. El período histórico será la referencia y a partir de las diferencias que llegaran a observarse, se analizará si existen cambios de régimen hidrológico y de producción hidroeléctrica asociados al cambio climático.

Como resultado del Componente I se espera que el país disponga de la cuantificación del impacto del cambio climático sobre el recurso hídrico y la generación eléctrica que le permita conocer la vulnerabilidad de las plantas hidroeléctricas y el riesgo en su producción ante los efectos del cambio climático. La valoración del impacto debe incluir los efectos esperados para eventos extremos.

Los productos que se esperan de este componente son:

- (i) análisis detallado relativo a cambios en temperatura, precipitación, viento, radiación solar y evapotranspiración a nivel nacional, así como, la ocurrencia y magnitud de eventos extremos hasta el final del siglo;
- (ii) análisis de los impactos de dichos cambios en la oferta hídrica de las cuencas mediante el uso de modelos de simulación;
- (iii) análisis de las consecuencias energéticas y económicas relacionadas a la variación del caudal a nivel intra e interanual en las cuencas;
- (iv) identificación del estado del arte en relación con la integración de elementos de vulnerabilidad climática en la planificación eléctrica de largo plazo y recomendaciones

Antes de iniciar el análisis de impactos y vulnerabilidad al cambio climático, el consultor deberá proponer y acordar con el ICE:

- a) el número de escenarios de cambio climático a utilizar; estos deberán ser desarrollados a un futuro próximo (2024-2040), futuro medio (2041-2070) y futuro lejano (2071-2100), a nivel mensual y definidos por el conjunto de variables exógenas identificadas. Lo anterior llevará a definir y acordar entre 3 y 5 escenarios futuros con mayor probabilidad de ocurrencia y mayor impacto relativo en la cuenca, incluyendo también el escenario tendencial.
- b) Se realizará una reducción de escala dinámica del grupo de modelos/ensambles de las proyecciones globales, hasta llegar a una resolución espacial de al menos 5 kilómetros, la cual refleje de forma correcta el patrón climático del país; para posteriormente utilizar esta información como insumo para la ejecución y calibración de un modelo hidrológico conceptual.
- c) En la determinación del modelo y el método de *downscaling* a utilizar, el consultor deberá considerar los datos históricos disponibles, la calidad, escala y tipo de proyecciones de cambio climático disponibles para las cuencas.

Las siguientes actividades serán desarrolladas como parte de esta actividad:

- a) Análisis de cómo la disponibilidad del recurso hídrico será afectada por el cambio climático.
- b) Análisis sobre cómo el cambio climático afectará la frecuencia e intensidad de los eventos extremos.
- c) Análisis de cómo los impactos observados y esperados del cambio climático sobre la disponibilidad de agua podrían afectar la producción de energía hidroeléctrica a nivel mensual.
- d) Análisis de cómo con los escenarios de cambio climático podría verse afectada la demanda de electricidad a nivel nacional en el período de estudio.
- e) Análisis del impacto que lo anterior tendrá en las metas de reducción de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) del país, en línea con las rutas descarbonización o las metas oficiales de la Contribución Nacional Determinada (NDC).
- f) Identificación del estado del arte con respecto a la incorporación de la vulnerabilidad ante el cambio climático en los análisis de planificación eléctrica de largo plazo. Considerando que a nivel nacional el ICE utiliza en la planificación eléctrica de largo plazo los modelos de optimización *OPTGEN Model for generation expansion planning and regional interconnections* y el *SDDP - Stochastic hydrothermal dispatch with network restrictions*, y tomando en cuenta los análisis de vulnerabilidad que se realizan actualmente, elaboración de recomendaciones hacia estos procesos donde se integre el estado del arte.

4.2. Componente II: Identificación y análisis económico de medidas de adaptación. El objetivo de este componente es identificar y diseñar diferentes acciones de adaptación para las plantas hidroeléctricas ubicadas en las cuencas de estudio. Entre las acciones de adaptación están el desarrollo de infraestructura, definición de barreras de protección para poblaciones aguas abajo de embalses, sistemas de alerta temprana y cualquier otra que sea aplicable, según el estado del arte en la materia. Se agruparán las acciones de adaptación por cuenca.

Las acciones de adaptación propuestas deberán tomar en cuenta lo siguiente:

- (i) Tipo de impacto al cual se busca adaptar, como cambios en la frecuencia y magnitud de eventos extremos;
- (ii) Variaciones en la disponibilidad de agua;
- (iii) Identificación y evaluación de los elementos ambientales (físicos, ecológicos, culturales, demográficos, económicos, entre otros) que puedan inviabilizar las medidas de adaptación propuestas; y
- (iv) Ubicación geográfica e influencia sobre la cuenca en estudio

Se deberá realizar una priorización de medidas de adaptación que sean factibles desde el punto de vista técnico, económico, financiero y social. Las medidas identificadas y priorizadas deberían responder efectivamente a las recomendaciones del estudio de impactos del cambio climático, reduciendo los niveles de riesgo identificados.

Las acciones de adaptación identificadas deberán someterse a discusión con la contraparte nacional, por medio de la realización de un taller que recoja la retroalimentación con respecto a la viabilidad de las medidas propuestas. Para cada una de las acciones propuestas, se llevará a cabo un análisis de costo- beneficio, en relación con el sistema eléctrico nacional. El resultado esperado de este componente será que el país cuente con el conocimiento sobre las medidas de adaptación frente al cambio climático aplicables a las plantas hidroeléctricas y su viabilidad económica, social y ambiental.

Las siguientes actividades serán desarrolladas como parte de esta actividad:

- a) Cálculo de los impactos económicos derivados de los cambios en la disponibilidad del recurso hídrico, a partir de los planes de expansión del país, incluyendo la necesidad de cubrir los déficits de producción de electricidad de una planta hidroeléctrica, si la hubiera, por otros medios a fin de satisfacer la demanda del sistema;
- b) Identificación de posibles medidas de adaptación para las plantas hidroeléctricas, según su ubicación por cuencas;
- c) Comparación de los impactos económicos de escenarios sin medidas de adaptación con los impactos de escenarios con medidas de adaptación;
- d) Identificación y análisis de los obstáculos y beneficios financieros, económicos, políticos, ambientales, regulatorios y sociales para implementar las medidas de adaptación identificadas;
- e) Evaluación, en términos generales, de los impactos socioeconómicos/ambientales del cambio climático en el sector energía; y en particular en el sector hidroeléctrico;
- f) Análisis económico de posibles medidas de adaptación incluido el costo de la no adaptación (que incluya un cuadro comparativo);
- g) Análisis y propuesta de recomendaciones.

Como producto de este componente se obtendrá un documento que recopile los análisis y resultados de la aplicación de medidas de adaptación con respecto a un caso base sin aplicación de medidas, con las respectivas recomendaciones.

4.3 Componente III: Fortalecimiento de capacidades. El objetivo de este componente es fortalecer las capacidades institucionales en relación con los impactos de cambio climático sobre el sector eléctrico del país y la adopción de medidas de adaptación, de tal manera que fortalezca la toma de decisiones y los procesos de planificación en el sector eléctrico.

Comprende la realización de talleres de capacitación a partes interesadas del sector público en el sector eléctrico del país.

Los temas que se deberán cubrir en los talleres de capacitación son los siguientes:

- (i) Escenarios climáticos y variables hidrometeorológicas.
- (ii) Estrategias para la medición y la modelación del recurso hídrico a partir de escenarios climáticos futuros.
- (iii) Impacto sobre la generación hidroeléctrica e impactos económicos, sociales y ambientales.
- (iv) Integración de elementos novedosos y buenas prácticas en estudios de vulnerabilidad dentro de la planificación eléctrica de largo plazo.
- (v) Soluciones de adaptación de plantas hidroeléctricas.

El resultado esperado con este componente, son las capacidades creadas a nivel institucional que permiten reducir la vulnerabilidad de las plantas hidroeléctricas y la producción eléctrica ante los efectos del cambio climático.

El producto de este componente son dos talleres de capacitación para funcionarios públicos del MINAE, la ARESEP y el ICE. El primero de ellos dirigido a Planificación del ICE, enfocado en el punto 4; el segundo al final de la consultoría que incluye la presentación de resultados de esta y los puntos 1,2,3 y 5. El diseño de los talleres será propuesto por el equipo consultor y acordado con la contraparte en el ICE.

5. Resultados y Productos Esperados

No.	ACTIVIDAD	REPORTES / PRODUCTOS
5.1	Presentación de un Plan y metodología de trabajo a seguir.	A 15 días hábiles de firmado el contrato, la consultora deberá proponer una metodología de trabajo a seguir, con los temas específicos a tratar, según las especificaciones de los términos de referencia.
5.2	Componente I: Análisis cuantitativo de los riesgos climáticos e impactos sobre los sistemas hidroeléctricos frente al cambio climático con base en los datos hidrometeorológicos y energéticos recopilados	<p>Documento con los resultados y el análisis detallado relativo a cambios en temperatura, precipitación, viento, radiación solar y evapotranspiración a nivel nacional, y los impactos de dichos cambios en la oferta hídrica de las cuencas mediante el uso de modelos de simulación; así como los impactos sobre la ocurrencia y magnitud de eventos extremos hasta el final del siglo.</p> <p>Documento con resultados y el análisis de las consecuencias energéticas y económicas relacionadas a la variación del caudal a nivel intra e interanual en las cuencas.</p> <p>Documento con la identificación del estado del arte en relación con la integración de elementos de vulnerabilidad climática en la planificación eléctrica de largo plazo.</p> <p>Adicionalmente se solicita las salidas de los datos crudos generados en la reducción de escala para las proyecciones de cambio climático para cada uno de los horizontes a futuro.</p>

firma consultora para presentar los avances y principales resultados bajo el formato de PPP. Una vez la actividad terminada, la firma consultora mandará el informe en formato editable Word para revisión y aprobación del Banco. Se realizará una reunión en formato virtual al fin de la consultoría para mostrar resultados, conclusiones y recomendaciones.

- 7.9 Se definirá una contraparte técnica en el Banco como punto focal, a quien la firma consultora deberá informar de los avances del proyecto y coordinar todas las actividades necesarias. Dicha contraparte deberá comunicar oficialmente cualquier comentario, revisión, observaciones, solicitudes y aprobación de los productos entregados por la firma consultora. Las comunicaciones con la firma consultora se realizarán mediante email y deberá concretarse una reunión de inicio para ajustar tiempos y detalles de comunicación.

8. Criterios de aceptación

- 8.1. Para que el producto sea aceptado debe contener toda la información que establece los TDRs y además debe contar con el parecer favorable de los involucrados en la revisión del Producto y la especialista de energía.

9. Calificaciones y Propuesta Técnica-Económica

- 9.1. Para la ejecución de la presente consultoría, la firma consultora deberá contar con el siguiente perfil:

- 9.2. Experiencia: La empresa consultora deberá contar con profesionales con experiencia específica en estructuración técnica de proyectos y estudios analíticos de Cambio Climático específicamente en adaptación y mitigación.

- Experiencia General de 15 años
- Experiencia específica de por lo menos 7 años en temas relacionados a la evaluación y recomendación relacionados en la vulnerabilidad ante del cambio climático, acciones de mitigación y adaptación al cambio climático.

- 9.3. Competencias generales y técnicas.

- Trabajo en equipo, capacidad demostrada de contribuir a equipos de proyecto multidisciplinarios y multiculturales.
- Capacidad para construir y mantener relaciones positivas dentro y fuera del Banco.
- Iniciativa y adaptabilidad: capacidad de actuar de manera independiente e ingeniosa para responder a las demandas del trabajo, adaptarse a múltiples demandas, cambiar prioridades, ambigüedad y cambio. Capacidad fuerte para absorber y procesar rápidamente grandes cantidades de información compleja y producir análisis concisos de los problemas en cuestión.
- Comunicación: Capacidad para escribir y hablar clara y concisamente, escribir documentos analíticos claros y precisos y adaptar el estilo de comunicación a diferentes audiencias.

- 9.4. PROPUESTA TECNICA-ECONOMICA: Las firmas interesadas deberán presentar una propuesta incluyendo las cuatro secciones que se enumeran a continuación y no deberá exceder de 10 páginas (secciones principales sin los anexos):

- 9.5. Alcance del Trabajo. Esta sección deberá incluir una descripción de las actividades específicas presentadas en la sección 4 y los productos referenciados en la sección 5 que se llevarán a cabo con el fin de realizar las tareas requeridas.
- 9.6. Equipo del Proyecto y sus calificaciones. El Equipo Clave requerido, estará conformado de manera que cumpla íntegramente con los Productos especificados en el tiempo definido, según los siguientes perfiles, en condición de plantel mínimo:

Personal Clave

- Jefe de Equipo—Profesional senior con experiencia en gestión de la energía, recursos hídricos y cambio climático y experiencia específica en gestión de proyectos hidroeléctricos. Título en ingeniería, economía o áreas afines, con especialización, maestría o doctorado en áreas afines. Por lo menos 15 años de experiencia general, 10 años de experiencia específica en el desarrollo de estudios de viabilidad técnica y económica para el sector energético, con dominio del idioma español. Experiencia relevante en el sector de energía, hídrico y de cambio climático. Se valora experiencia en América Latina y el Caribe.
- Profesional con experiencia de por lo menos 8 años en modelación hidro-climática
- Profesional con experiencia de por lo menos 8 años en manejo de cuencas hidrográficas
- Profesional con experiencia de por lo menos 8 años en el diseño y/o construcción y/o operación de hidroeléctricas con criterios de adaptación al cambio climático.
- Profesional con experiencia de por lo menos 8 años en planificación energética y evaluación de proyectos del sector energético incluyendo manejo de información socioeconómica, ambiental y análisis costo-beneficio.

Personal de Apoyo:

- Profesional en economía ambiental
 - Profesional en estadísticas energético-ambientales con experiencia en análisis series de tiempo,
 - Profesional en sistemas informáticos con experiencia en manejo de base de datos, y sistemas de Información Geográfica.
- 9.7. La experiencia específica de los profesionales clave se calificará según los siguientes criterios: formación académica, años de experiencia, número de proyectos relevantes en el tema de su especialidad requerida, manejo del idioma español, participación de nacionales de los países beneficiarios y experiencia en el desarrollo de proyectos relacionados en la región andina (número de proyectos). Las Firmas Participantes no pueden proponer un mismo consultor para el desempeño simultáneo de dos o más de las posiciones requeridas. Cualquier cambio que se deba efectuar en el equipo deberá contar con la no objeción del organismo ejecutor y el Banco.
- 9.8. Adicionalmente se calificará a la Firma Consultora o Consorcio de Firmas Consultoras de conformidad con la calidad del plan de trabajo, equipo de trabajo propuesto, la metodología propuesta, así como la capacidad para transmitir conocimientos.
- 9.9. Cronograma. Se deberá presentar una propuesta de cronograma para la ejecución y productos esperados. El cronograma deberá indicar las fechas propuestas para el inicio y la finalización de cada una de las actividades requeridas en el trabajo y todo

hito importante o específico.

- 9.10. Costos estimados. Se deberá entregar un estimativo de costos total global en dólares americanos para el trabajo propuesto. Asimismo, se deberá presentar una lista detallada de costos estimados por tarea (i.e., formato tabular) que incluya costos laborales directos (i.e., número de horas o días por miembro del equipo y sus costos asociados por unidad) y costos laborales indirectos (i.e., viajes si es aplicable). Todo supuesto relacionado con el estimativo de costos deberá ser claramente especificado.

10. Supervisión e Informes

- 10.1. La firma consultora trabajara bajo la supervisión de Sylvia Larrea, Sector Lead Specialist de Energía (sylvial@iadb.org).

11. Plan de Pagos

Plan de Pagos	%
Entregable 1. Presentación de un Plan y metodología de trabajo a seguir.	10
Entregable 2. Análisis detallado relativo a cambios en temperatura, precipitación, ocurrencia y magnitud de eventos extremos hasta el final del siglo. Análisis de los impactos de dichos cambios en la oferta hídrica de las cuencas.	35
Entregable 3. Análisis de las consecuencias energéticas y económicas relacionadas a la variación del caudal a nivel intra e interanual en las cuencas estudiadas. Identificación del estado del arte en relación con la integración de elementos de vulnerabilidad climática en la planificación eléctrica de largo plazo. Identificación de medidas de adaptación. Análisis costo beneficio de medidas de adaptación priorizadas. Sesión de trabajo para validar medidas de adaptación.	35
Entregable 4. Taller de capacitación	20