

Seminario Internacional:

CAMBIO CLIMÁTICO, POLÍTICA FISCAL AMBIENTAL Y CAUDALES AMBIENTALES

Buenos Aires, Mayo 2015



***Vulnerabilidad al cambio climático
de los sistemas de producción
hidroeléctrica en Centroamérica y
sus opciones de adaptación
(2012-2014)***

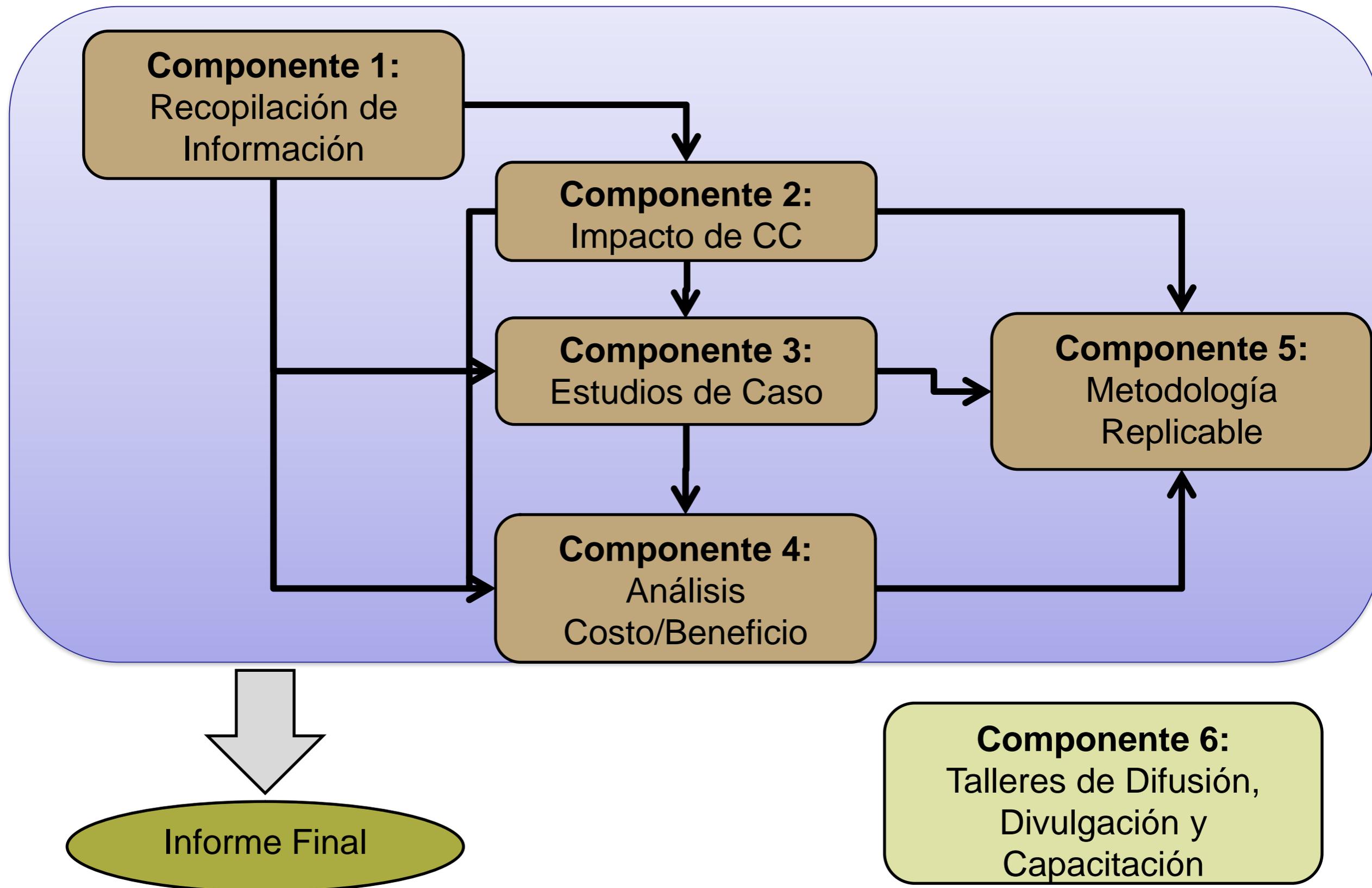
**Daniel Hugo Bouille
Fundación Bariloche**



Introducción

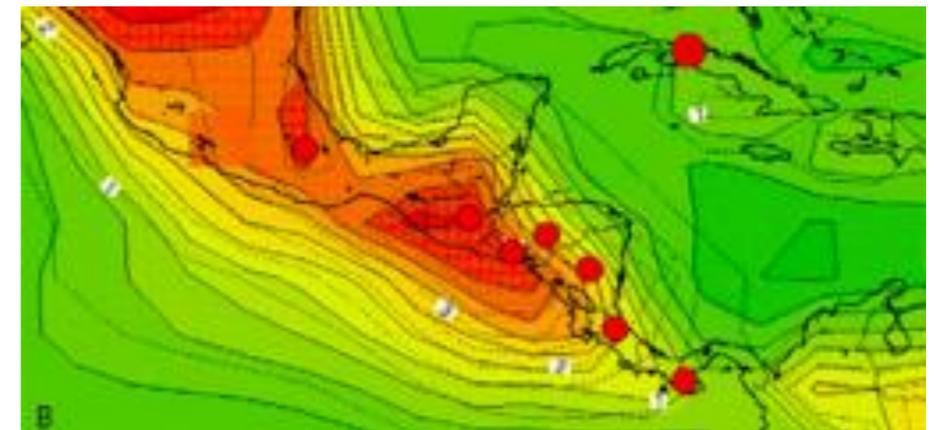
- Realizar **estimaciones de los recursos hídricos** en distintos escenarios de cambio climático existentes y estudiados de forma que se pueda conocer **la vulnerabilidad de las centrales hidroeléctricas de Centroamérica**.
- Identificar aquellas acciones que se puedan tomar para permitir la **adaptación de la infraestructura y del sistema eléctrico al futuro**, a través de análisis de costo/beneficio.
- Desarrollo de una **metodología replicable** que permita la **transferencia de tecnología** a los países latinoamericanos

Esquema de Componentes



Componente 1: Información

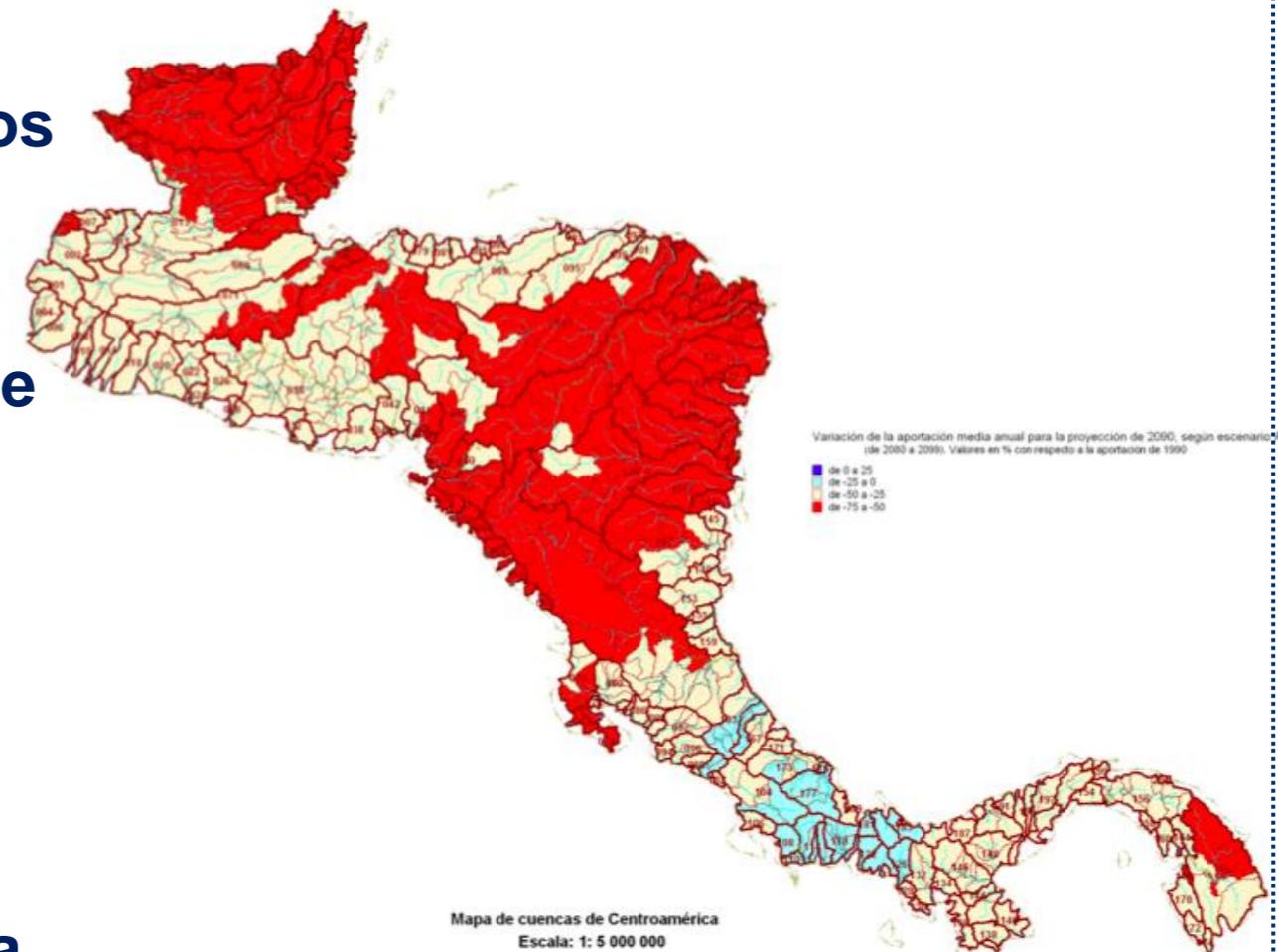
- Para la correcta ejecución de los trabajos se ha considerado necesario recopilar la siguiente información
 - a. Modelos Climáticos Globales y Regionales
 - b. Datos referentes a Centrales Hidroeléctricas de los distintos países objetivo de los trabajos
 - c. Datos Hidrometeorológicos de los países de Centroamérica o bien de las cuencas en las que se desarrollarán los casos de estudio
 - d. Estudios disponibles centrados en el tema que nos ocupa para los países de Centroamerica



Componente 2: CC en Centroamérica

- Se ha estudiado el impacto hidrológico del Cambio Climático de las 577 cuencas de Centroamérica, para poder analizar la vulnerabilidad de las las centrales hidroeléctricas de los 7 países involucrados
- Los recursos hídricos, pueden llegar a disminuir de forma muy significativa; sobre todo en los países del norte de Centroamérica.
- El impacto en la producción hidroeléctrica comienza a ser relevante a partir de 2030, encontrando en 2050 un punto de disminución brusco que se mantiene hasta finales del siglo XXI

- Rangos de variación de la aportación***



*** Imagen mostrada de la variación de aportación en % calculada para el escenario A2 y proyección 2080-2100

Principales Resultados (C2): Prod. Hidro.

- La producción Hidroeléctrica del conjunto de aprovechamientos simulados no disminuye significativamente hasta el horizonte 2050
- En 2090 se prevee una disminución del 40% de la producción hidroeléctrica según el escenario A2; 13% según el escenario B1 y 30% para el escenario A1B
- Los efectos varían mucho según el aprovechamiento del que se trate (Variaciones (%)) encontradas superiores a 30 puntos entre distintas centrales)
 - **Panamá: Aprovechamientos de la cuenca del Chiriquí, se estima una disminución del 14; 0 y 7% en el horizonte 2090 para los escenarios A2, B1 y A1B respectivamente**
 - **Nicaragua: En sus aprovechamientos principales se estima una disminución de la producción del 55; 19 y 38% en el horizonte 2090 para los escenarios A2; B1 y A1B**

Principales Resultados (C3): Estudios de Caso.

- **Propuesta de selección de estudios de Caso (C3) en función de un conjunto de aspectos relevantes**
 - **Vertiente en la que se encuentran**
 - **Tipo de aprovechamiento**
 - **Ajuste de los resultados de la información de CC respecto a la observada en las estaciones de medición**
 - **Recursos disponibles para el aprovechamiento**
 - **Grado de Turbinación de los recursos**
 - **Impacto sobre la cantidad de energía producible en función de los efectos derivados del CC**
 - **Problemática de aterramiento del embalse por acumulación de sedimentos**
 - **Problemática derivada de la deforestación de zonas boscosas**
 - **Preferencias manifestadas por los países respecto del caso a seleccionar**

Estudios de Caso

- Se han seleccionado 7 centrales hidroeléctricas, en los 7 países de Centroamérica para realizar el estudio de detalle de las mismas
- Para cada una de las centrales involucradas en los casos de estudio, se ha realizado análisis detallados de su posible vulnerabilidad al cambio climático, y las medidas de adaptación de las mismas
- Para el desarrollo de los trabajos (C3) además de haber trabajado con información observada de las cuencas, se ha confeccionado un modelo hidrológico de precipitación/escorrentía y un optimizador de la producción hidroeléctrica

- Centrales Hidroeléctricas
 - Chixoy (Guatemala)
 - Mollejón (Belice)
 - Cerrón Grande (El Salvador)
 - El Cajón (Honduras)
 - Centro América (Nicaragua)
 - Reventazón (Costa Rica)
 - Bayano (Panamá)

Se analizaron diferentes alternativas de adaptación para cada caso

- **Ejecución de un aprovechamiento futuro situado aguas arriba . (Chixoy;Bayano)**
- **La alternativa de intercalar aprovechamientos de poco salto, con capacidad de regulación y alto caudal turbinable permitirá aprovechar la capacidad de regulación de los embalses aguas arriba (Río Lempa).**
- **Reforestar la cuenca (El Cajón).**
- **No ha sido posible la selección de una medida de adaptación f(Centroamérica)**
- **Rediseño de una central en construcción (Reventazón).**
- **Se ha analizado la influencia de incorporar una nueva turbina, (Bayano).**

En general la adaptación de equipamiento existente no resulta muy efectiva

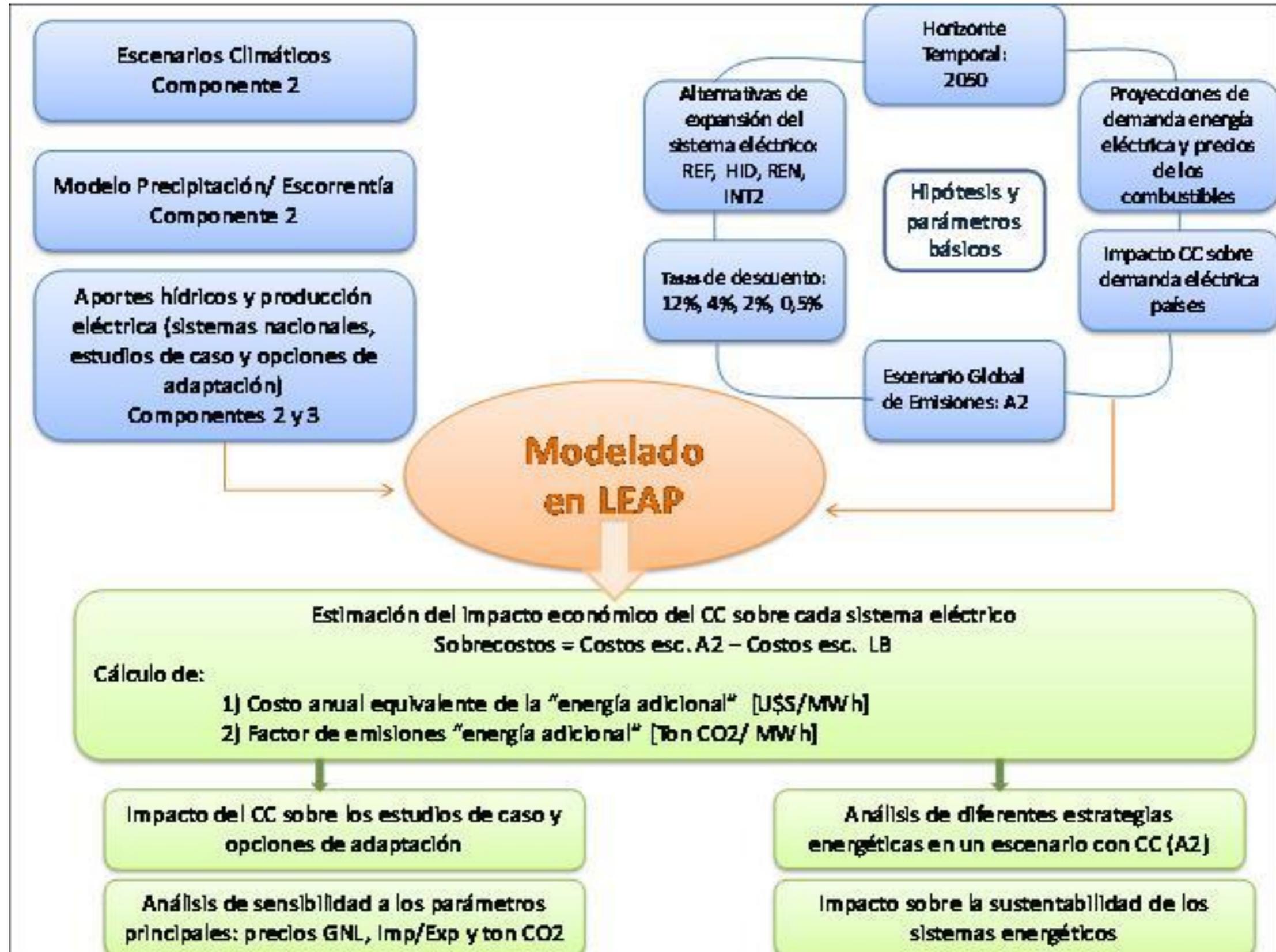
Conclusiones Componentes 2/3

- Disminución importante de precipitación e incremento notable de la temperatura media .
- El efecto de ambos factores, los recursos hídricos de la región se verán sometidos a fuertes disminuciones.
- Cambios adversos en el régimen hidrológico, Se prevé que los eventos extremos en avenidas se incrementen para periodos de retorno elevados, mientras en que las sequías se prevén más profundas y de mayor duración.
- Disminuye la producción como la potencia firme de los mismos.
- La adaptación de las infraestructuras existentes, es de difícil aplicación, dada la rigidez de las citadas infraestructuras.
- Por lo tanto, las medidas más eficaces, son aquellas que se pueden incorporar en el diseño de las centrales, o aquellas que van orientadas a la mejora de la gestión del recurso, o aumento del mismo (regulación)

Componente 4: Análisis Beneficio-Costo

- I. Calcular los impactos económicos derivados de los **cambios en la confiabilidad** del suministro de agua para los sistemas hidroeléctricos, incluida la necesidad de **cubrir los déficits** de producción de electricidad de una central hidroeléctrica por otros medios.
- II. Analizar los impactos económicos del CC **sobre la rentabilidad de la generación** de energía hidroeléctrica en los estudios de caso seleccionados bajo diferentes escenarios de cambio climático.
- III. Identificar y analizar los **obstáculos y beneficios financieros, económicos, políticos, regulatorios y sociales** para implementar las medidas de adaptación identificadas en el componente anterior.
- IV. Evaluar en términos generales los **impactos socioeconómicos del CC** en el sector **energético**, y en particular en el sector **hidroeléctrico**.
- V. Estimar los **beneficios económicos netos de diferentes opciones de política** energética.

Metodología General



Hipótesis de trabajo: desafíos

- Selección de un escenario global de emisiones: A2.
- Horizonte del estudio para la evaluación económica: 2050.
- Tasas de descuento: 0.5%, 2%, 4% y 12%.
- Escenarios de evolución de la expansión de la generación (4): REF, HID, REN, INT2.
- Precios de los Combustibles (AIE).
- Impacto del CC sobre la demanda
- Tratamiento de los intercambios

Necesidad de abordar integralmente el sistema

Análisis de Costos de adaptación de los sistemas eléctricos

- Acciones implementadas a **nivel del conjunto del sistema eléctrico de cada país**, para abastecer las correspondientes demandas, incluyendo aquellas acciones que tiene como objeto afrontar los impactos de CC en el sector.
- Estrategia de **expansión de la generación y desarrollo del comercio trans-fronterizo**, definidas a nivel país y con proyección regional.
- **Esfuerzo económico adicional** que tiene que realizar cada sistema eléctrico nacional para abastecer la demanda de energía eléctrica en las condiciones generadas por el CC.
- Costos de abastecimiento de la demanda, a **igualdad de condiciones de confiabilidad del suministro**, para un escenario de cambio climático A2 y para un escenario Línea de Base (LB).
- Idea aproximada del **costo en que incurriría el conjunto del sistema eléctrico nacional para generar cada MWh de energía “adicional”** necesaria para suplir el déficit de producción hidro y el incremento de demanda provocados por el CC (costo anual equivalente energía adicional).

- ✓ Se consideró a cada central como **una “unidad de negocio”**, que cubre sus déficits de producción (respecto de la producción del “periodo de observación”, interactuando con el mercado eléctrico mayorista, de acuerdo al precio resultante del análisis realizado a nivel sistémico: costo anual equivalente energía adicional (en U\$/MWh).
- ✓ En una segunda instancia, **se incorporan a la evaluación económica las medidas de adaptación identificadas en la componente 3**, lo que implica inversiones y gastos que se agregan al flujo y también menores compras de energía (en el entendido que las medidas de adaptación van a permitir morigerar la pérdida de producción).
- ✓ Para la **monetización de la variación de las emisiones de GEI** de cada central se consideró un coeficiente de emisión obtenido en el estudio de cada sistema nacional. El precio considerado fue de **20 U\$S la ton evitada de CO₂**.

Planes y Normativas

Estado actual del marco de políticas en materia de adaptación al CC en los países de Centroamérica

País		Estrategia/Plan Nacional de Cambio Climático	Estrategia Nacional de Adaptación al cambio climático	Política Nacional de Cambio Climático/ Adaptación	Plan de Adaptación Nacional (PAN)	Estrategia Nacional de Mitigación
1	Belice	No	Estrategia Nacional de Adaptación para el sector agua	Política Nacional de Adaptación	No	No
2	Guatemala	No	No	Política Nacional de Cambio Climático	No	No
3	Honduras	Estrategia Nacional de CC	Objetivos y lineamientos estratégicos para la adaptación	No	No	Objetivos y lineamientos estratégicos para la mitigación
4	El Salvador	Estrategia Nacional de CC	No	Política Nacional de Medio Ambiente y CC	No	No
5	Nicaragua	Estrategia Nacional Ambiental y del CC y Plan de Acción 2010-2015	No	No	No	No
6	Costa Rica	Estrategia Nacional de CC	No	No	No	Neutralidad de Carbono en 2021
7	Panamá	No	No	Política Nacional de Cambio Climático	No	Estrategia Nacional de Mitigación 2010-2015

Barreras

- **Cuales han sido las principales barreras por las cuales se observa la situación mencionada y las demoras observadas en los avances en la concreción de las políticas de adaptación?**
 - **Las dificultades para la Generación y seguimiento de información (climática, T, ppt, eventos, daños, localizaciones, etc.) para la efectiva planificación.**
 - **Falta de Infraestructura y recursos humanos técnicos para la efectiva aplicación de las medidas de adaptación.**
 - **Necesidad de Instituciones e instrumentos de políticas nacionales, vinculados a la adaptación y con efectiva coordinación.**
 - **Falta de recursos financieros para la sostenibilidad de las acciones emprendidas.**

Medidas de adaptación: Recursos Hídricos

- *Medidas normativas:* Desarrollo de una GIRH; Ordenamiento territorial; capacitación y difusión sectorial; uso racional del agua; comportamiento durante emergencias; estudio de las aguas subterráneas; mejora regulación de explotación de aguas subterráneas.

Medidas no estructurales: sistema de alerta temprana; estudios, seguimiento continuidad y aplicación de Técnicas apropiadas; reciclaje del agua; métodos de producción amigables; reevaluación del balance hídrico nacional; censo de la infraestructura vulnerable; censo de los poblados vulnerables; actualizar delimitación espacial de zonas problemas y zonas de afectación estimada

- *Medidas estructurales:* eficiencia en riego y del uso del agua; sistemas de gravedad; dragado y retención de sólidos; embalses para almacenamiento; desarrollo de múltiples medianos y pequeños reservorios; captación de aguas lluvia y/o crecidas; reforestación y aforestación; rehabilitación de suelos y pastizales; prácticas forestales y pecuarias sostenibles.

Sector Eléctrico

• *Algunas Medidas de Adaptación de Corto plazo:* Contactos estables e información clima; sistemas de alerta temprana; delimitación espacial de zonas problemas y zonas de afectación estimada; censo de la infraestructura vulnerable; fortalecimiento y/o reubicación de torres de transmisión y de sistemas de distribución; esquemas de abastecimiento de emergencia; monitoreo y control para administración de la demanda; monitorear y sincerar el sistema eléctrico; capacitación sectorial sobre comportamiento durante emergencias; esquemas de emergencia para el abastecimiento de combustibles; incorporar a los entes reguladores operantes en el control de los daños y responsabilidades.

Sistema Energético: mediano plazo

- Realizar estudios a nivel sectorial de fuentes y los servicios energéticos que permitan conocer las potencialidades de eficiencia energética.
- Revisar política tarifaria y de subsidios en el sector energético.
- Evaluar potenciales de recursos energéticos disponibles, así como definir estrategias de integración regional.
- Prospectiva del sector energético en el marco del plan de desarrollo con escenarios de CC.
- Realizar campañas de educación, concientización y difusión.
- Estudios de las cuencas hidrográficas.
- Actualizar los recursos: eólico, solar, geotérmico.

Otros Sectores: mediano plazo

- En el sector hídrico, desarrollar múltiples fuentes de agua y aumento en la capacidad de almacenamiento de agua.
- La mejora de la calidad del agua disponible es relevante implementando: Reducción de las fuentes de contaminación del agua.
- Mayor conocimiento de la demanda de agua con CC.
- Planes sectoriales (agricultura, industria, turismo, transportes, explotación forestal, ordenamiento urbano) con introducción del impacto del CC.

Referencias Nacionales

- Los países indican como barreras las siguientes:
 - No se ha incorporado el tema del cambio climático en la mayoría de leyes, planes y programas de políticas públicas
 - Se necesitan Instituciones e instrumentos de políticas nacionales, vinculados a la adaptación y con efectiva coordinación entre sí.
 - Falta Infraestructura y recursos humanos para la efectiva aplicación de las medidas de adaptación.
 - Hay dificultades para la Generación y seguimiento de información para la efectiva planificación.
 - Falta de recursos financieros para la sostenibilidad de las acciones emprendidas

A modo de conclusión

- Hay avances en la institucionalidad ambiental y gestión ambiental, protección y regulación.
- Hay demoras en su concreción. El desarrollo de un Plan Nacional de Adaptación, es el mayor desafío.
- Poca articulación entre los planes de desarrollo nacional, y los planes de los sectores hídricos y energético.
- Poca presencia del tratamiento de la temática del CC.

Consideraciones Finales

- ❖ **Sustentabilidad energética como marco conceptual.**
- ❖ **Se requiere un análisis integral que, incluso, supere el sistema eléctrico.**
- ❖ **La metodología debe ser profundizada y mejorada.**
- ❖ **Los análisis parciales brindan poca utilidad y resultados.**
- ❖ **En este estudio, en general, las consecuencias en energía son: menor autarquía, mayor vulnerabilidad externa, más emisiones y menor renovabilidad de la matriz energética.**

Muchas gracias por su atención!!

dbouille@fundacionbariloche.org.ar



INCLAM
Ingeniería del Agua



CLIMATE FOCUS

