

medio ambiente y desarrollo

Análisis de la vulnerabilidad del sector hidroeléctrico frente a escenarios futuros de cambio climático en Chile



NACIONES UNIDAS

CEPAL



UNION EUROPEA



medio ambiente

A

nálisis de la vulnerabilidad del sector hidroeléctrico frente a escenarios futuros de cambio climático en Chile

Santiago, diciembre de 2012



Este documento fue preparado por James McPhee con el apoyo de Eduardo Rubio, Rodrigo Meza y Álvaro Ayala y forma parte de los estudios sectoriales realizados en el marco de las actividades del proyecto CEPAL/Estudio regional de la economía del cambio climático (ERECC) en América Latina y el Caribe, en particular, del estudio de la economía del cambio climático en Chile, coordinado por Sebastián Vicuña a nivel nacional y en la CEPAL por Joseluis Samaniego, Carlos de Miguel, Luis Miguel Galindo y Karina Martínez. El Estudio regional de la economía del cambio climático (ERECC) contó con el apoyo y la colaboración financiera de diversas entidades, como los Gobiernos del Reino Unido, de España, de Dinamarca y de Alemania y la Unión Europea y el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), así como por el Programa de la Cuenta del Desarrollo de las Naciones Unidas.

Las opiniones expresadas en este documento, que no ha sido sometido a revisión editorial, son de exclusiva responsabilidad del autor y pueden no coincidir con las de la organización.

Publicación de las Naciones Unidas

ISSN: 1564-4189

LC/L.3599

Copyright © Naciones Unidas, diciembre de 2012. Todos los derechos reservados

Impreso en Naciones Unidas, Santiago de Chile

Los Estados miembros y sus instituciones gubernamentales pueden reproducir esta obra sin autorización previa. Solo se les solicita que mencionen la fuente e informen a las Naciones Unidas de tal reproducción.

Índice

I. Introducción	7
A. Antecedentes generales	7
B. Productos entregables.....	8
II. Análisis de generación histórica y relación con variables hidrológicas	9
A. Sistema Maule Alto	9
1. Centrales hidroeléctricas	9
2. Variables hidrológicas de interés.....	11
3. Generación histórica.....	11
4. Relación entre caudal afluente y energía generada.....	14
B. Sistema Laja	15
1. Centrales hidroeléctricas	15
2. Variables hidrológicas de interés.....	16
3. Generación histórica.....	17
4. Relación entre caudal afluente y energía generada.....	19
III. Resultados	25
A. Sistema Maule Alto.....	26
1. Resultados en escenario A2.....	26
2. Resultados en escenario B2.....	29
3. Comparación de escenarios A2 y B2.....	32
B. Sistema Laja	32
1. Resultados en escenario A2.....	32
2. Resultados en escenario B2.....	37
3. Comparación de escenarios A2 y B2.....	41
C. Extrapolación a otras cuencas con desarrollo hidroeléctrico....	42

IV. Conclusiones	45
Bibliografía	47
Anexos	49
Anexo 1 SERIE DE ENERGÍAS MENSUALES GENERADAS. SISTEMA MAULE-COLBÚN. ESCENARIO A2.....	50
Anexo 2 SERIE DE ENERGÍAS MENSUALES GENERADAS. SISTEMA MAULE-COLBÚN. ESCENARIO B2.....	55
Índice de cuadros	
CUADRO 1 PRINCIPALES CENTRALES HIDROELÉCTRICAS PRESENTES EN EL SISTEMA.....	10
CUADRO 2 PUNTO DE SALIDA DE LAS CUENCAS DE CABECERA DEL SISTEMA MAULE ALTO.....	11
CUADRO 3 CENTRALES HIDROELÉCTRICAS DEL SISTEMA LAJA.....	16
CUADRO 4 CENTRALES HIDROELÉCTRICAS DEL SISTEMA LAJA.....	17
CUADRO 5 RESUMEN DE VARIABLES CONSIDERADAS PARA LA MODELACIÓN DE LA ENERGÍA TOTAL ANUAL GENERADA POR LAS CENTRALES DE PASADA DE LA CUENCA INTERMEDIA.....	17
CUADRO 6 RESUMEN DE PARÁMETROS DEL MODELO POTENCIAL PARA LA GENERACIÓN DE LA CENTRAL EL TORO.....	19
CUADRO 7 RESULTADOS DEL MODELO POTENCIAL PARA LA GENERACIÓN DE..... LA CENTRALEL TORO.....	20
CUADRO 8 PARÁMETROS DEL MODELO LINEAL PARA LA GENERACIÓN EN..... LA CUENCA INTERMEDIA.....	22
CUADRO 9 RESULTADOS DEL MODELO POTENCIAL PARA LA GENERACIÓN EN LA CUENCA INTERMEDIA.....	22
CUADRO 10 PERÍODOS DEFINIDOS PARA FINES DE COMPARACIÓN.....	25
CUADRO 11 COMPARACIÓN DE ENERGÍAS ANUALES OBSERVADAS Y SIMULADAS EN PERÍODO HISTÓRICO. SISTEMA MAULE ALTO-COLBÚN.....	26
CUADRO 12 COMPARACIÓN DE ENERGÍA ANUAL GENERADA EN PERÍODOS FUTUROS EN ESCENARIO A2. SISTEMA MAULE ALTO-COLBÚN.....	26
CUADRO 13 VARIACIÓN ESTACIONAL DE LA ENERGÍA GENERADA POR EL SISTEMA MAULE ALTO COLBÚN EN ESCENARIO A2.....	28
CUADRO 14 COEFICIENTES DE DISTRIBUCIÓN MENSUAL DE LA ENERGÍA GENERADA POR EL SISTEMA MAULE ALTO-COLBÚN EN ESCENARIO A2.....	28
CUADRO 15 COMPARACIÓN DE ENERGÍAS ANUALES OBSERVADAS Y SIMULADAS EN PERÍODO HISTÓRICO. SISTEMA MAULE ALTO-COLBÚN.....	29
CUADRO 16 COMPARACIÓN DE ENERGÍA ANUAL GENERADA EN PERÍODOS FUTUROS. SISTEMA MAULE ALTO-COLBÚN EN ESCENARIO B2.....	29
CUADRO 17 VARIACIÓN ESTACIONAL DE LA ENERGÍA GENERADA POR EL SISTEMA MAULE ALTO-COLBÚN EN ESCENARIO B2.....	31
CUADRO 18 COEFICIENTES DE DISTRIBUCIÓN MENSUAL DE LA ENERGÍA GENERADA POR EL SISTEMA MAULE ALTO-COLBÚN EN ESCENARIO B2.....	31
CUADRO 19 COMPARACIÓN DE ESCENARIOS A2 Y B2.....	32
CUADRO 20 COMPARACIÓN DE ENERGÍAS ANUALES OBSERVADAS Y SIMULADAS EN PERÍODO HISTÓRICO. CENTRAL EL TORO.....	33
CUADRO 21 COMPARACIÓN DE ENERGÍA ANUAL GENERADA EN PERÍODOS FUTUROS. CENTRAL EL TORO EN ESCENARIO A2.....	33
CUADRO 22 COMPARACIÓN DE ENERGÍAS ANUALES OBSERVADAS Y SIMULADAS EN PERÍODO HISTÓRICO. HOYA INTERMEDIA.....	34
CUADRO 23 COMPARACIÓN DE ENERGÍA ANUAL EN PERÍODOS FUTUROS EN ESCENARIO A2 HOYA INTERMEDIA.....	34
CUADRO 24 COMPARACIÓN DE ENERGÍAS ANUALES OBSERVADAS Y SIMULADAS EN PERÍODO HISTÓRICO. SISTEMA LAJA.....	36

CUADRO 25	COMPARACIÓN DE ENERGÍA ANUAL EN PERÍODOS FUTUROS. SISTEMA LAJA EN ESCENARIO A2.....	36
CUADRO 26	COMPARACIÓN DE ENERGÍAS ANUALES OBSERVADAS Y SIMULADAS EN PERÍODO HISTÓRICO. CENTRAL EL TORO	37
CUADRO 27	COMPARACIÓN DE ENERGÍA ANUAL GENERADA EN PERÍODOS FUTUROS. CENTRAL EL TORO EN ESCENARIO B2.....	38
CUADRO 28	COMPARACIÓN DE ENERGÍAS ANUALES OBSERVADAS Y SIMULADAS EN PERÍODO HISTÓRICO. HOYA INTERMEDIA	39
CUADRO 29	COMPARACIÓN DE ENERGÍA ANUAL GENERADA EN PERÍODOS FUTUROS. HOYA INTERMEDIA EN ESCENARIO B2	39
CUADRO 30	COMPARACIÓN DE ENERGÍAS ANUALES OBSERVADAS Y SIMULADAS EN PERÍODO HISTÓRICO. SISTEMA LAJA.....	40
CUADRO 31	COMPARACIÓN DE ENERGÍA ANUAL GENERADA EN PERÍODOS FUTUROS. SISTEMA LAJA EN ESCENARIO B2.....	40
CUADRO 32	COMPARACIÓN DE ESCENARIOS A2 Y B2	41
CUADRO 33	CENTRALES HIDROELÉCTRICAS SIC INCLUIDAS EN EXTENSIÓN ESTUDIO DE IMPACTO CC	42
CUADRO 34	PROYECCIONES DE VARIACIÓN DEL POTENCIAL HIDROELÉCTRICO DEL SIC – ESCENARIO A2.....	44

Índice de gráficos

GRÁFICO 1	SERIES DE TIEMPO CAUDALES MEDIOS ANUALES EN CUENCAS DE CABECERA SISTEMA MAULE ALTO	12
GRÁFICO 2	RELACIÓN ENTRE ENERGÍA BRUTA GENERADA EN LA ZONA DE ESTUDIO Y LA ENERGÍA BRUTA AFLUENTE AL SIC-H	12
GRÁFICO 3	SERIE DE TIEMPO DE ENERGÍA APORTADA AL SISTEMA INTERCONECTADO CENTRAL (SIC)	13
GRÁFICO 4	CURVA DE DURACIÓN DE ENERGÍA AFLUENTE AL SIC Y CAUDAL AFLUENTE AL SISTEMA MAULE ALTO	13
GRÁFICO 5	RELACIÓN ENTRE EL CAUDAL MEDIO MENSUAL PROMEDIO HISTÓRICO AFLUENTE AL SISTEMA MAULE ALTO Y LA ENERGÍA MEDIA MENSUAL PROMEDIO HISTÓRICA PRODUCIDA EN LA ZONA	14
GRÁFICO 6	RELACIÓN ENTRE EL CAUDAL MEDIO ANUAL EFLUENTE DEL SISTEMA MAULE ALTO Y LA ENERGÍA TOTAL ANUAL PRODUCIDA EN LA ZONA	14
GRÁFICO 7	RELACIÓN ENTRE EL CAUDAL MEDIO MENSUAL AFLUENTE AL SISTEMA MAULE ALTO Y LA ENERGÍA MEDIA MENSUAL PRODUCIDA EN LA ZONA, PARA EL PERÍODO CONCURRENTES 1993-2007.....	15
GRÁFICO 8	SERIE DE ENERGÍA TOTAL AFLUENTE AL SIC Y GENERACIÓN CENTRAL EL TORO	18
GRÁFICO 9	CAUDAL MEDIO ANUAL AFLUENTE LAGUNA LAJA Y HOYA INTERMEDIA RÍO LAJA ENTRE LAGUNA LAJA Y TUCAPEL	18
GRÁFICO 10	RESULTADOS DE LA MODELACIÓN PARA LA GENERACIÓN DE LA CENTRAL EL TORO	20
GRÁFICO 11	CORRELACIÓN OBTENIDA PARA EL PERÍODO DE CALIBRACIÓN	21
GRÁFICO 12	CORRELACIÓN ENTRE LA ENERGÍA TOTAL ANUAL GENERADA POR LAS CENTRALES ANTUCO Y RUCÚE.....	21
GRÁFICO 13	RESULTADOS DE LA MODELACIÓN PARA LA GENERACIÓN DE LAS CENTRALES EN LA CUENCA INTERMEDIA	23
GRÁFICO 14	CORRELACIÓN OBTENIDA PARA EL PERÍODO DE CALIBRACIÓN	23
GRÁFICO 15	CURVAS DE DURACIÓN DE ENERGÍA ANUAL SISTEMA MAULE ALTO-COLBÚN EN ESCENARIO A2	27
GRÁFICO 16	SERIE DE ENERGÍA ANUAL GENERADA EN ESCENARIO A2.....	27
GRÁFICO 17	CURVA DE VARIACIÓN ESTACIONAL DE LA ENERGÍA GENERADA POR EL SISTEMA MAULE ALTO –COLBÚN EN ESCENARIO A2	28

GRÁFICO 18	CURVAS DE DURACIÓN DE ENERGÍA ANUAL. SISTEMA MAULE ALTO-COLBÚN EN ESCENARIO B2.....	30
GRÁFICO 19	SERIE DE ENERGÍA ANUAL GENERADA. SISTEMA MAULE ALTO-COLBÚN EN ESCENARIO B2.....	30
GRÁFICO 20	CURVA DE VARIACIÓN ESTACIONAL DE LA ENERGÍA GENERADA POR EL SISTEMA MAULE ALTO-COLBÚN EN ESCENARIO B2.....	31
GRÁFICO 21	CURVAS DE DURACIÓN DE ENERGÍA ANUAL EN ESCENARIO A2. CENTRAL EL TORO.....	33
GRÁFICO 22	SERIE DE ENERGÍA ANUAL GENERADA EN ESCENARIO A2. CENTRAL EL TORO.....	34
GRÁFICO 23	CURVAS DE DURACIÓN DE ENERGÍA ANUAL EN ESCENARIO A2. HOYA INTERMEDIA.....	35
GRÁFICO 24	SERIE DE ENERGÍA ANUAL GENERADA EN ESCENARIO A2. HOYA INTERMEDIA.....	35
GRÁFICO 25	CURVAS DE DURACIÓN DE ENERGÍA ANUAL EN ESCENARIO A2. SISTEMA LAJA.....	36
GRÁFICO 26	SERIE DE ENERGÍA ANUAL GENERADA EN ESCENARIO A2. SISTEMA LAJA.....	37
GRÁFICO 27	CURVAS DE DURACIÓN DE ENERGÍA ANUAL EN ESCENARIO B2. CENTRAL EL TORO.....	38
GRÁFICO 28	SERIE DE ENERGÍA ANUAL GENERADA EN ESCENARIO B2. CENTRAL EL TORO.....	38
GRÁFICO 29	CURVAS DE DURACIÓN DE ENERGÍA ANUAL EN ESCENARIO B2. HOYA INTERMEDIA.....	39
GRÁFICO 30	SERIE DE ENERGÍA ANUAL GENERADA EN ESCENARIO B2. HOYA INTERMEDIA.....	40
GRÁFICO 31	CURVAS DE DURACIÓN DE ENERGÍA ANUAL EN ESCENARIO B2. SISTEMA LAJA.....	41
GRÁFICO 32	SERIE DE ENERGÍA ANUAL GENERADA EN ESCENARIO B2. SISTEMA LAJA.....	41

Índice de diagramas

DIAGRAMA 1	ESQUEMA TOPOLÓGICO SISTEMA MAULE ALTO.....	10
DIAGRAMA 2	ESQUEMA TOPOLÓGICO DEL SISTEMA LAJA.....	16

Introducción

A. Antecedentes generales

El presente informe corresponde a una asesoría encargada por la CEPAL al autor, con objeto de evaluar el potencial impacto del cambio climático global sobre el sector hidroeléctrico chileno y con ello contribuir a la elaboración del estudio “La economía del cambio climático en Chile” (CEPAL, 2009 y 2012).

La generación de energía hidroeléctrica es, entre otros factores, función de los caudales disponibles afluentes a las obras de captación de cada central. Sin embargo, la capacidad de almacenamiento asociada a cada sistema induce complejidades adicionales en el análisis. En efecto, la capacidad de regulación varía desde nula en el caso de centrales de pasada, mensual o estacional en el caso de centrales al pie de embalses pequeños y medianos, e interanual en el caso de centrales al pie de

预览已结束，完整报告链接和二维码如下：

https://www.yunbaogao.cn/report/index/云报告?reportId=5_1258

