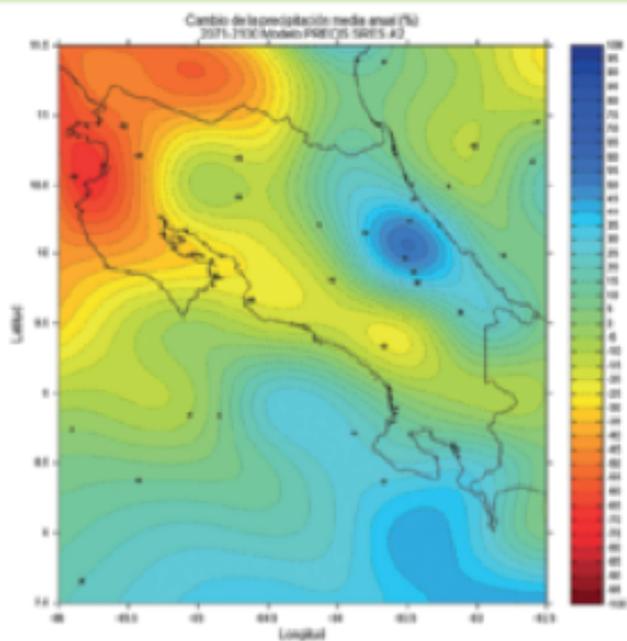


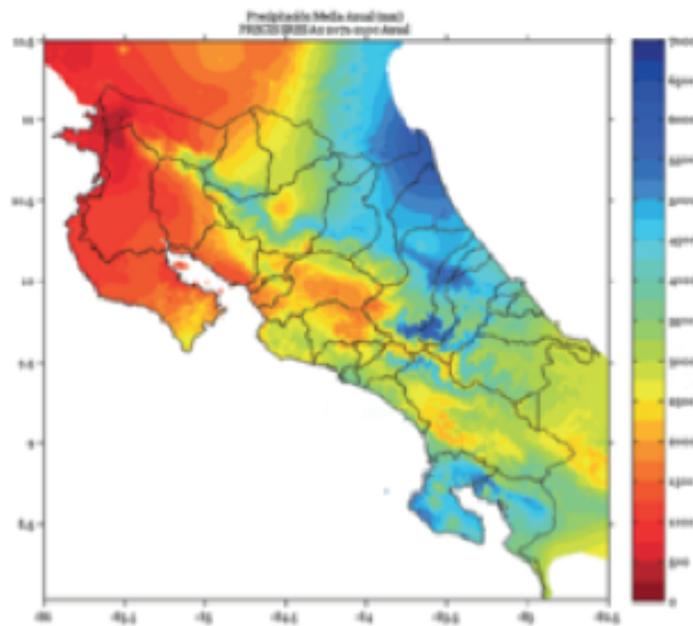
**Ministerio de Ambiente y Energía
Instituto Meteorológico Nacional**

Tercera Comunicación Nacional

Integración de actividades y estudios de seguridad energética (énfasis en generación hidroeléctrica) ante el cambio climático.”



(A)



(B)



Instituto Meteorológico Nacional
Fundado en 1888



Al servicio
de las personas
y las naciones

Indice

1. INTRODUCCIÓN.....	3
2. RESULTADOS OBTENIDOS EN LA COMPILACIÓN DE INFORMACION	7
2.1 Escenarios de emisiones.....	7
2.2 Observaciones asociadas al cambio climático	15
2.3 Proyecciones hidroclimáticas para Centroamérica y Costa Rica	20
2.4 Análisis de las proyecciones de demanda eléctrica de Costa Rica	29
2.5 Capacidad Nacional de Generación Eléctrica.....	35
2.6 Potencial de exportación de electricidad a Centroamérica.....	39
2.7 Selección de Cuencas para el análisis del impacto.....	46
2.8 Precipitaciones históricas de las cuencas seleccionadas.....	47
2.9 Proyecciones de caudales de las cuencas seleccionadas de Costa Rica.....	57
2.10 Energía y cambio climático.....	58
2.11 Situación actual del sistema de transmisión.....	61
3 IMPACTO DEL CAMBIO CLIMATICO EN EL SECTOR ENERGETICO NACIONAL.....	66
3.1 Demanda Energética.....	67
3.2 Oferta Energética.....	69
3.2.1 Energía Hidráulica.....	70
3.2.2 Energía Eólica	79
3.2.3 Energía Geotermia.....	81
3.2.4 Biomasa.....	82
3.2.5 Energía Térmica.....	82
3.2.6 Resumen de afectación en la oferta energética.....	82
3.3 Medidas de Adaptación	99
4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	103
5 Bibliografía.....	105
Anexo No. 1	109
Anexo No. 2	127
Anexo No. 3	132

1. INTRODUCCIÓN

Por medio del Instituto Meteorológico Nacional del Ministerio de Ambiente y Energía, Costa Rica ha realizado dos Comunicaciones Nacionales a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC).

Como parte de los compromisos que adquirió al ratificar la CMNUCC, el país se prepara para elaborar una tercera comunicación nacional. De este modo, Costa Rica tendrán un informe actualizado que le sirva para resaltar y diseminar las preocupaciones sobre cambio climático a una amplia audiencia nacional e internacional.

Dentro de este esfuerzo, se planteó la necesidad de realizar la consultoría:

“Integración de actividades y estudios de seguridad energética (énfasis en generación hidroeléctrica) ante el cambio climático.”

Cuyo objetivo es el de “Integrar los esfuerzos que se han realizado en el país para determinar la vulnerabilidad que la generación de energía hidroeléctrica puede tener a causa del cambio climático y definir acciones para la adaptación que el país requiere a largo plazo”.

Dentro de las labores a ejecutar se contemplaron las siguientes:

- a. Compilación de información de las actividades, resultados, brechas, lecciones aprendidas, investigaciones, estudios que hayan promovido el análisis de vulnerabilidad y medidas de adaptación contra los efectos adversos del cambio climático en la generación de electricidad en Costa Rica a largo plazo, particularmente para el sector hidroeléctrico, pero considerando también las otras fuentes de generación de energía que podrían eventualmente verse afectadas.

Para esto se identificaron posibles actores que podrían tener acceso a información relacionada con el alcance del estudio de los cuales, lo que aparecen en el cuadro No. 1 brindaron información clave para el cumplimiento del objetivo principal de la consultoría.

Cuadro No. 1
Lista de Actores Clave identificados

INSTITUCIÓN	DEPARTAMENTO	FUNCIONARIO
ICE	Centro Nacional de Planificación Eléctrica	Gilberto de la Cruz Javier Orozco
UCR	Escuela de Física	Dr. Hugo Hidalgo (miembro del equipo)
UNA	Centro de Recursos Hídricos para Centroamérica y El Caribe (HIDROCEC-UNA),	Andrea Suárez Serrano
IMN	Dirección General	Juan Carlos Fallas Sojo
MINAE	DSE	Gloria Villa
MINAE	DEPARTAMENTO DE CAMBIO CLIMATICO	William Alpizar

Durante las reuniones realizadas se procedió a presentar tanto los objetivos propios de la consultoría como los específicos de cada una de las entrevistas programadas.

Además se indicó que información era necesaria recopilar para cumplir con los alcances de la consultoría.

Los resultados específicos de cada reunión se resumen en el cuadro No. 2 y debido a las limitaciones encontradas en la información recopilada y a la ejecución de eventos de interés, se consideró conveniente realizar las actividades adicionales que aparecen en el cuadro No. 3.

Cuadro No. 2
Resultados obtenidos durante las entrevistas con actores clave

INSTITUCIÓN	DEPARTAMENTO	Resultados Obtenidos
ICE	Centro Nacional de Planificación Eléctrica	<ul style="list-style-type: none"> -Estimación de demanda eléctrica futura -Característica de Proyectos de generación actuales -Plan de expansión de la generación a largo plazo. Considerando explotación en Parques Nacionales y sin considerarla. -Potencial de fuentes alternativas -Ubicación de plantas hidroeléctricas y eólicas actuales y futuras -Curvas de cargas -Estrategias relacionadas con el Mercado Regional
UCR	Escuela de Física	-Estudios relacionados con CC realizados o que son del conocimiento de la UCR
IMN	Dirección General	<ul style="list-style-type: none"> -Estudios relacionados con CC realizados o que son del conocimiento del IMN -Información de precipitación histórica de cuencas
MINAE	DSE	<ul style="list-style-type: none"> -Políticas nacionales relacionadas con estrategias de ahorro energético - Estimaciones de demanda eléctrica oficiales
MINAE	DEPARTAMENTO DE CAMBIO CLIMATICO	-Estudios relacionados con CC realizados o que son del conocimiento del MINAE

Cuadro No. 3
Otras actividades realizadas

Actividad	Justificación	Resultados Obtenidos	Observaciones
Participación en Taller Vulnerabilidad al cambio climático de los sistemas de producción hidroeléctrica en Centroamérica y sus opciones de adaptación	El taller dio a conocer una metodología para determinar el impacto en la producción hidroeléctrica en Centroamérica.	-Impacto en la generación del proyecto hidroeléctrico Reventazón al año 2050 y efecto en el resto de países centroamericanos	- El estudio estima el impacto para tres escenarios de impacto climático: A2, B1 y A1B -Analiza el impacto hasta el año 2050. -Los países más afectados son Nicaragua, El Salvador, Honduras y Guatemala
Análisis del potencial de generación de Centroamérica y evaluación de la capacidad nacional de exportación de electricidad	Dado que el mayor impacto del cambio climático en la generación hidroeléctrica se presentaría en Nicaragua, El Salvador, Honduras y Guatemala, es muy probable que en el largo plazo, Costa Rica se convierta en un exportador de electricidad, lo cual afectará el desarrollo hidroeléctrico nacional y la afectación ante el cambio climático		
Cálculo de caudales de cuencas de acuerdo con el escenario de cambio climático A1B	Los escenarios utilizados por OLADE y el IMN consideran un escenario de alto impacto (A2) y otro de bajo impacto (B2). Se consideró conveniente incluir como un escenario intermedio el A1B.		

- b. Validación de Estudios: revisión de los supuestos base para la determinación del comportamiento futuro de las variables que definen el cambio climático regional y su impacto en la hidrología nacional

Con la información recopilada según el cuadro No. 2, se procedió a validar la información considerando:

- Escenarios de Comportamiento de Emisiones
 - Crecimiento en consumo mundial de energías fósiles
 - Tendencias poblacionales
 - Escenarios de introducción de energías alternativas y resultados de estrategias relacionadas con ahorro energético
- Ciclos naturales
- Análisis de procesos de captación natural
- Comportamiento de Cobertura Boscosa

2. RESULTADOS OBTENIDOS EN LA COMPILACIÓN DE INFORMACION

2.1 Escenarios de emisiones

Las emisiones futuras de gases de efecto invernadero (GEI) son el producto de muy complejos sistemas dinámicos, determinado por fuerzas tales como el crecimiento demográfico, el desarrollo socioeconómico o el cambio tecnológico. Dichos sistemas han sido organizados en escenarios de emisiones, los cuales son imágenes de alternativas de lo que podría acontecer en el futuro y constituyen un instrumento de análisis para conocer de qué manera influirán las fuerzas determinantes en las emisiones futuras.

En 1995 se evaluaron los escenarios del IPCC de 1992 y se recomendó tener en cuenta los cambios presentados desde entonces en cuanto a la comprensión tanto de las fuerzas que rigen las emisiones como de las metodologías. Como consecuencia en 1996 se desarrolló un nuevo conjunto de escenarios.

Los escenarios están fraccionados en cuatro “familias”: A1, A2, B1 y B2, compuestas a su vez de seis grupos de escenarios, un grupo de cada una de las familias A2, B1 y B2 y tres grupos de la familia A1, que caracterizan el desarrollo alternativo de tecnologías de energía: uso intensivo de combustibles fósiles (A1FI), predominio en el uso de fuentes de energía distintas a los combustibles fósiles (A1T), balance en el uso de las fuentes de energía (A1B).

La familia de escenarios A1 describe un mundo futuro con un rápido crecimiento

económico, una población mundial que alcanza su valor máximo hacia mediados de siglo y luego disminuye, una rápida introducción de tecnologías nuevas y más eficientes y la reducción de las diferencias regionales del ingreso per cápita.

La familia de escenarios A2 por su parte considera un desarrollo económico orientado hacia las regiones, con el resultado de una población mundial en continuo crecimiento, un crecimiento económico por habitante y un cambio tecnológico más lentos que en las otras familias.

La familia B1 al igual que la A1 describe una estructura de rápido crecimiento económico globalizado, pero con orientación hacia los servicios y la información, además de una utilización menos intensiva de los materiales y la introducción de tecnologías limpias, en procura de la sostenibilidad económica, social y ambiental.

Por último, la familia de escenarios B2: Se centra principalmente en los niveles local y regional de generación de soluciones de índole económica, social y medioambiental. Los desarrollos tecnológico y económico son menos notables que en B1 y A1.

Tal y como se mencionó anteriormente, las fuerzas que rigen las emisiones consisten en cambios o tendencias de orden demográfico, social, económico, tecnológico y medioambiental, cuyas distintas posibles formas de interactuar ayudan a visualizar las cantidades y tipos de emisiones esperadas en el corto, mediano y largo plazo, lo cual facilita la labor de modelar patrones de cambio climático.

En el cuadro No. 4 se ofrece el resumen del comportamiento de los supuestos que afectan las emisiones para los años 2020, 2050 y 2100, en comparación con su estado en el año 1990. Es conveniente mencionar que el cambio tecnológico no fue cuantificado.

Tomando en cuenta que la cantidad de CO₂ que se emite a la atmósfera se encuentra fuertemente relacionada con el consumo energético y las fuentes utilizadas para abastecer este consumo, en el cuadro No. 5 se resumen los supuestos estimados para cada escenario.

Cuadro No. 4
Comportamiento de los supuestos que afectan las emisiones de gases de efecto invernadero consideradas para cada tipo de escenario

Familia		A1			A2	B1	B2
Grupo de escenarios	1990	AIFI	A1B	A1T	A2	B1	B2
Población (en miles de millones)	5.3						
2020		7.6 (7.4-7.6)	7.4 (7.4-7.6)	7.6 (7.4-7.6)	8.2	7.6 (7.4-7.6)	7.6
2050		8.7	8.7	8.7	11.3	8.7 (8.6-8.7)	9.3
2100		7.1 (7.0-7.1)	7.1 (7.0-7.1)	7.0	15.1	7.0 (6.9-7.1)	10.4
PIB mundial (10 ¹² dólares de 1990/año)	21						
2020		53 (53-57)	56 (52-61)	57 (56-57)	41	53 (51-57)	51 (48-51)
2050		164 (164-187)	181 (164-181)	187 (182-187)	82	136 (134-166)	110 (108-111)
2100		525 (525-550)	529 (529-536)	550 (529-550)	243	328 (328-350)	235 (232-237)
Proporción de ingresos por habitante entre los países desarrollados más los países de economía en transición (Anexo I) y los países en desarrollo (no Anexo I)	16.1						
2020		7.5 (6.2-7.5)	6.4 (5.2-7.5)	6.2 (6.2-6.4)	9.4 (9.4-9.5)	8.4 (5.3-8.4)	7.7 (7.5-8.0)
2050		2.8	2.8 (2.4-2.8)	2.8	6.6	3.6 (2.7-3.9)	4.0 (3.8-4.6)
2100		1.5 (1.5-1.6)	1.6 (1.5-1.7)	1.6	4.2	1.8 (1.6-1.9)	3.0 (3.0-3.5)

^a Para algunas fuerzas determinantes no se indica ningún intervalo, ya que la aplicación de todos los escenarios se ha basado exactamente en los mismos supuestos.

Fuente: Escenarios de emisiones –Resumen para responsables de políticas-, Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático

Cuadro No. 5
Comportamiento de los supuestos energéticos considerados para cada tipo de escenario

Familia		A1			A2	B1	B2
Grupo de escenario	1990	AIFI	A1B	A1T	A2	B1	B2
Intensidad de energía final (10 ⁶ J/dólar) ^a	16.7						
2020		9.4 (8.5-9.4)	9.4 (8.7-12.0)	8.7 (7.6-8.7)	12.1 (11.3-12.1)	8.8 (6.7-11.6)	8.5 (8.5-9.1)
2050		6.3 (5.4-6.3)	5.5 (5.0-7.2)	4.8 (4.3-4.8)	9.5 (9.2-9.5)	4.5 (3.5-6.0)	6.0 (6.0-6.6)
2100		3.0 (3.0-3.2)	3.3 (2.7-3.3)	2.3	5.9 (5.5-5.9)	1.4 (1.4-2.1)	4.0 (3.9-4.1)
Energía primaria (10 ¹⁸ J/año) ^a	351						
2020		669 (657-752)	711 (589-875)	649 (611-649)	595 (595-610)	606 (451-774)	566 (519-590)
2050		1431 (1377-1601)	1347 (1113-1611)	1213 (1086-1213)	971 (971-1014)	813 (642-1090)	869 (815-941)
2100		2073 (2073-2737)	2226 (1002-2683)	2021 (1632-2021)	1717 (1717-1921)	514 (514-1137)	1357 (1077-1357)
Proporción de carbón en la energía primaria (%) ^a	24						
2020		29 (24-42)	23 (8-26)	23 (23-23)	22 (20-22)	22 (19-27)	17 (14-31)
2050		33 (13-52)	14 (3-42)	10 (10-13)	30 (27-30)	21 (4-37)	10 (10-35)
2100		29 (3-46)	4 (4-41)	1 (1-3)	53 (45-53)	8 (0-22)	22 (19-37)
Proporción de carbono cero en la energía primaria (%) ^a	18						
2020		15 (10-20)	16 (9-26)	21 (15-21)	8 (8-16)	21 (7-22)	18 (12-18)
2050		19 (16-31)	36 (23-40)	43 (41-43)	18 (18-29)	30 (18-40)	30 (21-30)
2100		31 (30-47)	65 (39-75)	85 (67-85)	28 (28-37)	52 (44-70)	49 (22-49)

^a Los valores para 1990 incluyen valores de energía no comercial en concordancia con el SIE del GTII del IPCC (compendio sobre la energía), pero según las convenciones de contabilización del IE-EE. Obsérvese que en los escenarios ASF, MiniCAM e IMAGE no se tiene en cuenta la energía renovable no comercial. Por consiguiente, estos escenarios arrojan un uso de energía más bajo.

Fuente: Escenarios de emisiones –Resumen para responsables de políticas-, Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático

Por último, en el cuadro No. 6 se presentan las emisiones vinculadas tanto con el consumo de energía como con el cambio en el uso de la tierra (asociados a los distintos escenarios), partiendo de que toda posible concentración se rige más por la acumulación de las emisiones de CO₂ antropogénicas que por la manera en que cambian esas emisiones durante el periodo.

Cuadro No. 6
Emisiones estimadas para cada escenario en los años 2020, 2050 y 2100

Familia		A1			A2	B1	B2
Grupo de escenarios	1990	A1FI	A1B	A1T	A2	B1	B2
Dióxido de carbono, combustibles de origen fósil (GtC/año)	6.0						
2020		11.2 (10.7-14.3)	12.1 (8.7-14.7)	10.0 (8.4-10.0)	11.0 (7.9-11.3)	10.0 (7.8-13.2)	9.0 (8.5-11.5)
2050		23.1 (20.6-26.8)	16.0 (12.7-25.7)	12.3 (10.8-12.3)	16.5 (10.5-18.2)	11.7 (8.5-17.5)	11.2 (11.2-16.4)
2100		30.3 (27.7-36.8)	13.1 (12.9-18.4)	4.3 (4.3-9.1)	28.9 (17.6-33.4)	5.2 (3.3-13.2)	13.8 (9.3-23.1)
Dióxido de carbono, uso de la tierra (GtC/año)	1.1						
2020		1.5 (0.3-1.8)	0.5 (0.3-1.6)	0.3 (0.3-1.7)	1.2 (0.1-3.0)	0.6 (0.0-1.3)	0.0 (0.0-1.9)
2050		0.8 (0.0-0.9)	0.4 (0.0-1.0)	0.0 (-0.2-0.5)	0.9 (0.6-0.9)	-0.4 (-0.7-0.8)	-0.2 (-0.2-1.2)
2100		-2.1 (-2.1-0.0)	0.4 (-2.4-2.2)	0.0 (0.0-0.1)	0.2 (-0.1-2.0)	-1.0 (-2.8-0.1)	-0.5 (-1.7-1.5)

Fuente: IPCC Fourth Assessment Report

Con base en las variables anteriores y la cantidad de emisiones producidas por las mismas, el IPCC estableció el cambio de temperaturas para cada conjunto de escenarios en los siguientes rangos:

Cuadro No. 7
Escenarios del Fourth Assessment Report del IPCC, proyección al 2100

	DESARROLLO CON ÉNFASIS ECONOMICISTA	DESARROLLO CON ÉNFASIS AMBIENTALISTA
MUNDO GLOBALIZADO	A1 (A1T; A1B; A1FI)	B1
	1,4 – 6,4 °C	1,1 – 2,9 °C
MUNDO REGIONALIZADO	A2	B2
	2,0 – 5,4 °C	1,4 – 3,8 °C

Pese a que el escenario de un mundo globalizado basado en el desarrollo económico (familia A1) genera el peor de los panoramas en relación con el aumento en las temperaturas, debe tomarse en cuenta que la familia está formada por tres grupos de escenarios A1T, A1B, A1FI, mismos que al ser estudiados de forma individual presentan un comportamiento de emisiones diferenciado, cuyas repercusiones en el cambio de temperaturas pueden ser incluso menores que en las de demás familias.

Por esta razón, es conveniente comparar las estimaciones originales del IPCC con las proyecciones actuales elaboradas por las diferentes agencias especializadas como la División Poblacional de las Naciones Unidas y la Agencia Internacional de Energía.

En el cuadro No. 8 se comparan las proyecciones realizadas para el año 2050 y 2100 con las estimaciones originales realizadas por el IPCC. Nótese que no se incluyen las proyecciones para el año 2100 correspondientes a la energía cero ni a las emisiones de CO₂ por combustibles fósiles debido a que son variables difíciles de predecir.

Cuadro No. 8
Comparación entre los supuestos originales establecidos por el IPCC y las estimaciones actuales

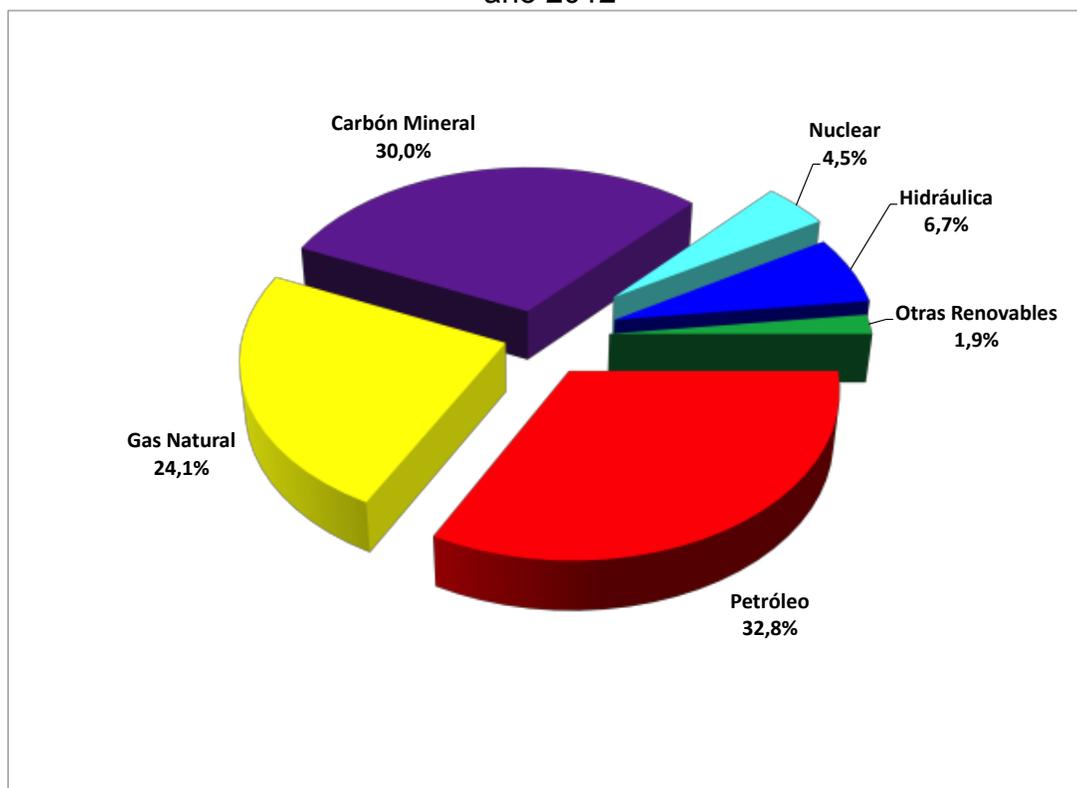
Factor	AÑO	Estimaciones Actuales	Estimaciones Originales del IPCC		
			A2	B2	A1B
Poblacion Mundial (miles de millones)	2020	7,72	8,2	7,6	7,4
	2050	9,55	11,3	9,3	8,7
	2100	10,85	15,1	10,4	7,1
Energía Primaria 10 ¹⁸ J	2020	664,2	595	566	711
	Estimación 2050	964,7	971	869	1347
	Estimación 2100	1278,7	1717	1357	2226
% de la energía primaria correspondiente a Carbón	2020	29%	22	17	23
	Estimación 2050	30%	30	10	14
	Estimación 2100	22%	53	22	4
Energía cero como % de la energía primaria	2020	19%	8	18	16
	Estimación 2050	22%	18	30	36
	Estimación 2100		28	49	65
Emisiones de CO ₂ combustibles fósiles (GtC/año)	2020	9,9	11	9	12,1
	Estimación 2050	13,7	16,5	11,2	16
	Estimación 2100		28,9	13,89	13,1

Fuente: Elaboración propia con datos de los cuadros 4,5 y6 y del International Energy Outlook 2013.

Sin embargo, es conveniente indicar que de los tres escenarios comparados, el A2 es el que presenta mayores diferencias, sobre todo con respecto a lo que a población y emisiones de CO₂ asociadas a combustibles fósiles se refiere. Además, mantiene un crecimiento sostenido en las emisiones para la segunda mitad del presente siglo, lo cual parece ser improbable debido a dos situaciones:

1. El desarrollo acelerado de la producción de electricidad a partir de energías renovables: tal y como se observa en el gráfico No. 1, en el año 2012; el 86.9% de la energía primaria consumida, provino de fuentes fósiles de energía cuya utilización produce gases que contribuyen con el calentamiento global.

Gráfico No. 1
Participación de las Energías Primarias en el consumo Mundial de Energía en el año 2012



Fuente: Elaboración propia con datos de BP Statistical Review of World Energy June 2013. Solo incluye la biomasa utilizada en la generación de electricidad

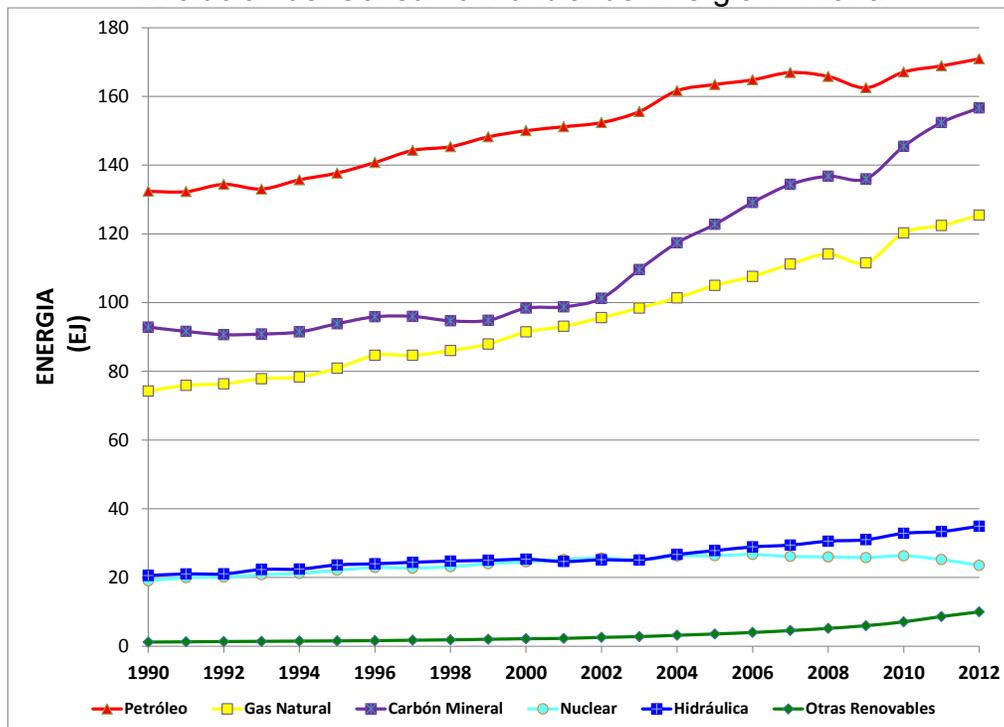
Por su parte, el gráfico No. 2, muestra la evolución del consumo mundial de la energía primaria por fuente desde el año 1990.

Este gráfico muestra que a pesar de que el petróleo constituye la principal fuente energética del mundo, el carbón mineral está creciendo más rápidamente y es posible que en pocos años desplace al petróleo.

También es posible observar que el uso de la energía nuclear ha disminuido producto de los incidentes provocados por el terremoto/tsunami ocurrido en el año 2011 en Japón y que provocó el cierre de varias centrales nucleares de generación eléctrica.

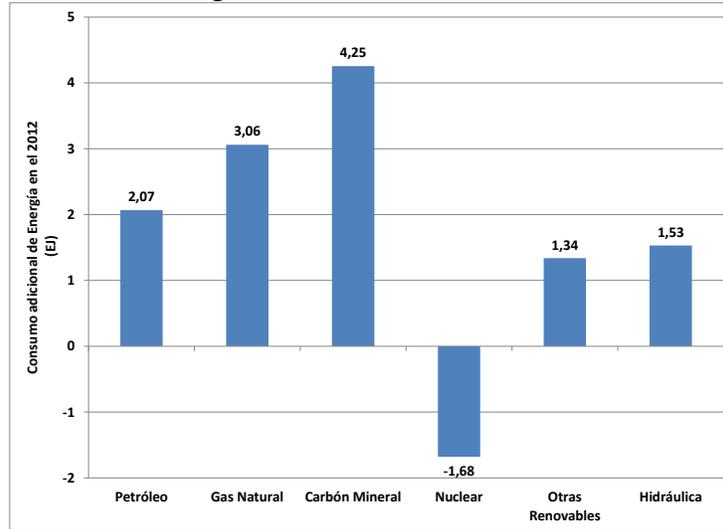
Llama la atención que el uso de otras fuentes renovables de energía, no ha crecido tanto como era de esperar. A pesar del interés mundial en reducir los efectos asociados en el cambio climático por el uso de combustibles fósiles, del incremento en el consumo mundial de energía presentado en el año 2012 con respecto al 2011 (10,57 EJ) 9,38 EJ provienen de fuentes fósiles mientras que 1,53 EJ fueron obtenidas de energía hidráulica y 1,34 EJ de otras energías renovables (ver gráfico No. 3).

Gráfico No. 2
Evolución del Consumo Mundial de Energía Primaria



Fuente: Elaboración propia con datos de BP Statistical Review of World Energy June 2013. Solo incluye la biomasa utilizada en la generación de electricidad

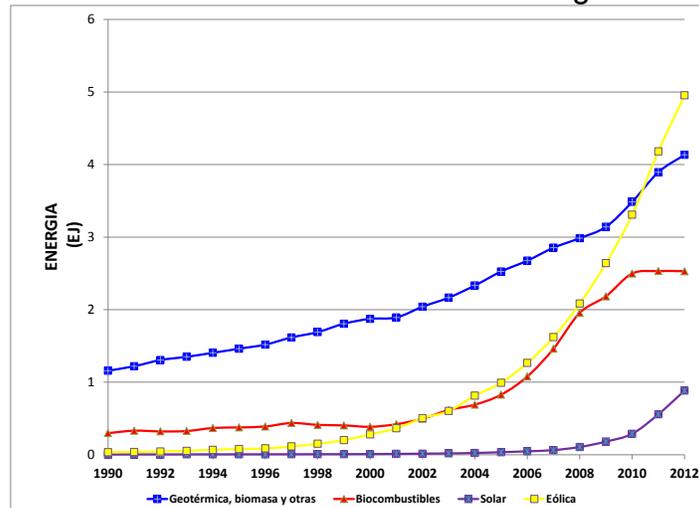
Gráfico No. 3
 Contribución de las fuentes de energía primaria en el consumo adicional de energía del año 2012 vs el 2011



Fuente: Elaboración propia con datos de BP Statistical Review of World Energy June 2013. Solo incluye la biomasa utilizada en la generación de electricidad

Sin embargo, es importante señalar que de acuerdo con el gráfico No. 4, los consumos de energía eólica, solar, geotermia, biomasa y otras, han presentado un incremento considerable en los últimos tres años y dado que estas fuentes de energía desplazan a las fósiles, es de esperar que en el futuro, las emisiones de CO₂ asociadas al consumo de fuentes fósiles en la producción de electricidad tienda a reducir.

Gráfico No. 4
 Evolución del Consumo Mundial de Otras Energías Renovables



Fuente: Elaboración propia con datos de BP Statistical Review of World Energy June 2013. Solo incluye la biomasa utilizada en la generación de electricidad

2. El desarrollo de vehículos eléctricos e híbridos: dado que la eficiencia de un vehículo eléctrico es hasta tres veces más alta que la de un vehículo de gasolina, la penetración al mercado de este tipo de vehículos tenderá gradualmente; a reducir el consumo de energía fósil.
3. El desarrollo de la fusión nuclear y el proyecto piloto ITER permite pronosticar que el uso del carbón mineral en la producción de energía eléctrica tenderá a reducirse.

Esta situación genera el inconveniente que el único estudio disponible que estima la afectación del cambio climático en la precipitación regional se basó justamente en el escenario A2 que actualmente parece tener una baja probabilidad de ocurrencia.

Por esta razón, en este informe se consideran nuevas proyecciones de precipitación basadas en el escenario A1B.

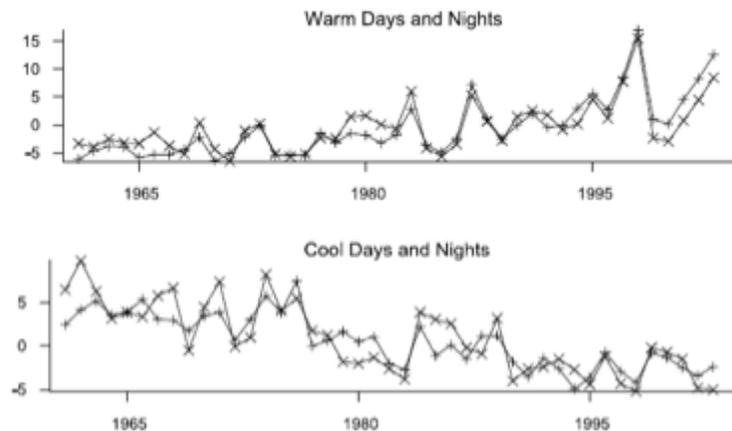
2.2 Observaciones asociadas al cambio climático

Durante las diferentes entrevistas realizadas se obtuvo acceso a una serie de información clave cuyos datos más destacados se resumen a continuación:

- En Centroamérica el promedio de temperatura anual ha aumentado en aproximadamente 1°C en el período 1900-2010 y el aumento de días y noches cálidas se incrementaron en un 2.5% y un 1.7% por década, mientras que las noches y días fríos han disminuido -2.2% y -2.4% respectivamente (Corrales, 2010).
- Los extremos de temperatura muestran un aumento de entre 0.2°C y 0.3°C por década (Corrales, 2010). Tales tendencias son consistentes a los resultados de los extremos en temperatura y precipitación encontrados por Alexander et al. (2006) en un set de aproximadamente 600 estaciones a través del mundo.
- Según los mapas de este último estudio para la región centroamericana, las reducciones de 1951 al 2003 en el número de noches frías (menor al percentil 10, TN10) han disminuido en aproximadamente 3 a 6 días por década, las noches cálidas (mayor al percentil 90, TN90) han aumentado de 4 a 8 días por década, los días fríos (TX10) han disminuido de 0 a 3 días por década y los días cálidos (TX90) han aumentado de 4 a 8 días por década.

- Las tendencias en los eventos extremos de temperatura (TN10, TN90, TX10 y TX90) son consistentes con el estudio de Aguilar et al. (2005) usando estaciones en Centroamérica (Figuras No. 1 y No. 2) y con el reporte Alianza Clima y Desarrollo (2012). Sin embargo, en este mismo reporte se indica que las tendencias observadas en olas de calor muestran gran variabilidad espacial (incrementos en algunas áreas y reducciones en otras).
- Los signos de los cambios en la precipitación tienen gran variabilidad espacial. El análisis de temperatura y precipitación revela una variedad de cambios durante los últimos 40 años en Centroamérica y el norte de Suramérica. Aunque esto es cierto para ambas variables, los cambios en temperatura tienen un mayor grado de coherencia. Esto no es sorprendente ya que la precipitación en la región tiene más variabilidad que la temperatura (Aguilar et al., 2005).
- En la región centroamericana, la precipitación total anual no tiene tendencias significativas (Figura No. 2). En general las tendencias de índices de precipitación promedio y de extremos no muestran una coherencia de signo en Centroamérica, esto es: unas de las estaciones de precipitación muestran tendencias positivas y otras tendencias negativas, y mayormente no significativas (Aguilar et al., 2005; Alianza Clima y Desarrollo, 2012).

Figura No. 1
 Arriba: Anomalías (%días calientes) de 1971-2000
 Abajo: Anomalías (%días fríos).



Fuente: Aguilar et al. (2005).

Figura No. 2
Tendencias de precipitación en Centroamérica:

De 1961-2003

De 1971-2003

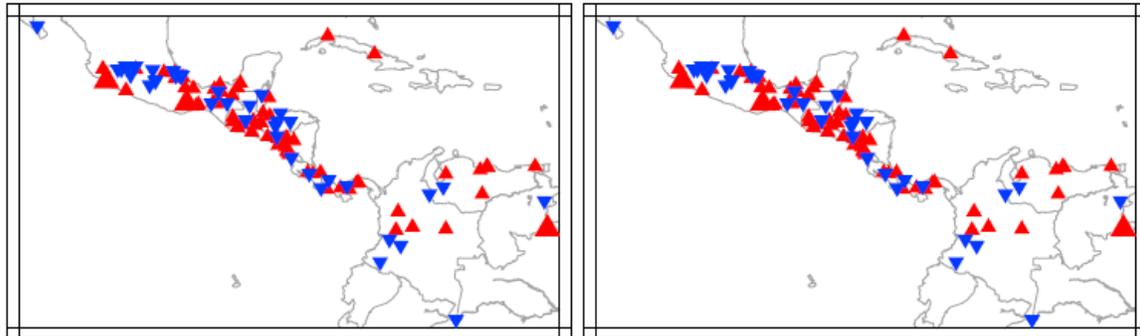


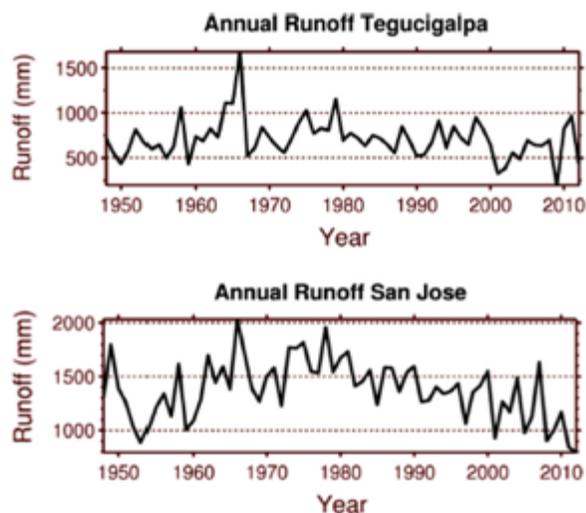
Figura 2. Fuente: Aguilar et al. (2005). Los triángulos grandes indican tendencias significativas

- Sin embargo, al menos un estudio (Neelin et al. 2006), encontró tendencias negativas en la parte norte de Centroamérica usando datos de estaciones (1950-2002) y de satélite (1979-2003).
- En general, existe poca coherencia en las tendencias del número de días consecutivos secos y húmedos (Aguilar et al., 2005). Corrales (2010) y Aguilar et al. (2005) mencionan que aunque existe gran variabilidad espacial, los índices de precipitación indican que aunque no se han presentado aumentos importantes en la cantidad de la precipitación, sí se ha observado una intensificación de las mismas, esto quiere decir que los patrones de precipitación han cambiado de forma que ahora llueve más intensamente.
- Se ha observado un aumento en la proporción de las tormentas muy intensas desde 1970, en algunas regiones, que es mucho mayor que el simulado en los modelos actuales para este período por lo que es probable que aumente en el futuro la frecuencia de aparición de fenómenos meteorológicos y climáticos extremos, así como la frecuencia e intensidad de los huracanes en la Cuenca del Caribe (Corrales, 2010).
- Esta última aseveración debe tomarse con un poco de escepticismo ya que aunque algunos estudios de modelaje han mostrado de que es probable un aumento en el número de huracanes intensos en el futuro (Kerr, 2010), existe evidencia de que históricamente no ha habido aumentos significativos en el número de ciclones tropicales y huracanes (Alfaro, 2007; Alfaro et al., 2010, Alfaro y Quesada, 2010).

- Hastenrath y Polzin (2013) encontraron que la región centroamericana experimentó épocas húmedas en 1931-1938 y de 1950-1956, y épocas secas en 1939-1947 y 1971-1978, así que es probable una influencia de forzantes climáticos de baja frecuencia en el istmo.
- Hidalgo et al. (2013) cambió de escala los datos de precipitación y temperatura del NCEP-NCAR Reanálisis (Kalnay et al., 1996) y los usó como entrada en un modelo hidrológico para dos sitios en Centroamérica: Tegucigalpa (Honduras) y San José (Costa Rica) y así obtener estimaciones de escorrentía anual (Figura 3). Los resultados muestran unas tendencias en la escorrentía anual negativas y significativas desde 1980-2012. Estas tendencias “observadas” son relativamente más fuertes para el caso de San José (parte sur del istmo) que para Tegucigalpa (parte norte del istmo). Como se verá más adelante las tendencias en escorrentía para ambos casos son consistentes con la dirección de las proyecciones hacia un futuro más seco para el siglo XXI de la mediana de 30 modelos de circulación general.
- Sin embargo las tendencias negativas de la escorrentía usando los datos del Reanálisis en San José son especialmente fuertes comparados con la distribución de tendencias (1980-2012) encontrada en los modelos de circulación general (Figura No. 4). Estas tendencias son consistentes con estudios en otras áreas del mundo, en donde se ha encontrado que en la década de 1980 ocurrieron cambios climáticos particularmente significativos en variables hidrometeorológicas (Barnett et al. 2008, Meehl et al., 2007). Sin embargo se ha de mencionar que en otros reportes las tendencias en la sequedad observadas son variadas e inconsistentes (Alianza Clima y Desarrollo, 2012).

Figura No. 3

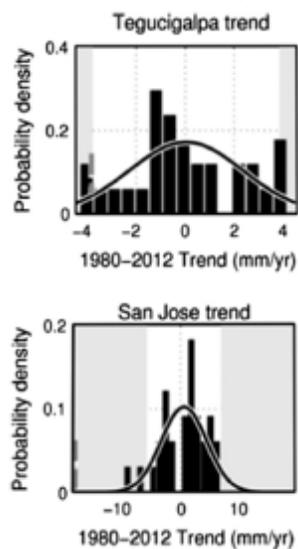
Escorrentía anual modelada en dos puntos de Centroamérica usando como forzantes los datos del NCEP/NCAR Reanálisis, cambio de escala estadístico y modelación en el modelo hidrológico distribuido de Capacidad de Infiltración Variable.



Fuente: Hidalgo et al. (2013).

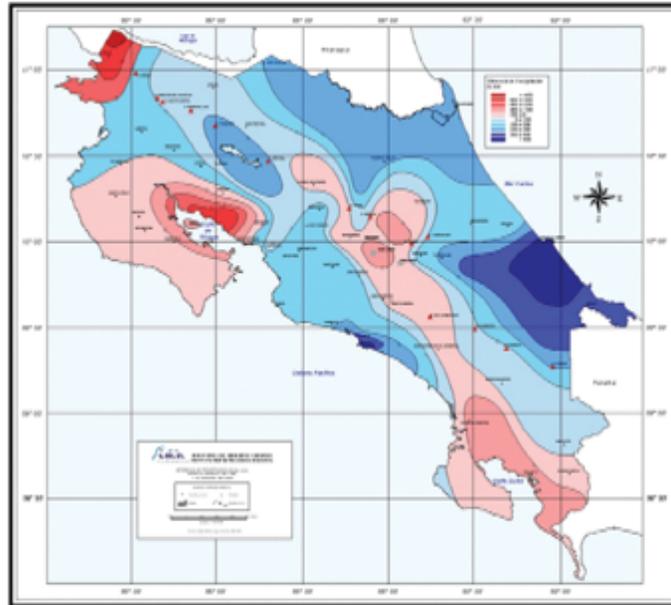
Figura No. 4

Histograma de las tendencias de 1980-2012 en escorrentía modelada por 30 modelos climáticos de Circulación General (barras); ajuste de una distribución normal a estas distribuciones (línea negra continua) y valor de la tendencia del NCEP/NCAR Reanálisis obtenida de la Figura No. 3 (línea vertical gris discontinua).



Fuente: Hidalgo et al. (2013). Los valores en las zonas sombreadas están significativamente en las colas de la distribución de los modelos de Circulación General.

Figura No. 5
Anomalía de precipitación anual al comparar el
periodo 1961-1990 contra 1991-2005



Fuente: IMN, 2009

II Comunicación Nacional 2009

Fuente: MINAET (2009).

2.3 Proyecciones hidroclimáticas para Centroamérica y Costa Rica

Con respecto a las proyecciones hidroclimáticas tanto para la región centroamericana como para Costa Rica, los principales hallazgos se resumen a continuación:

- Las proyecciones del clima en general, se basan en Modelos de Circulación General (MCG) o Modelos Globales del Clima. Estos modelos son representaciones matemáticas de los factores y procesos que gobiernan el clima en la Tierra, considerando diversos forzamientos tales como la influencia solar, volcánica y gases de efecto invernadero.

- Existen varias series de corridas de estos modelos, la más reciente es la correspondiente al Proyecto de Intercomparación de Modelos Acoplados 5 (CMIP5 en inglés). Sin embargo, debido a que son relativamente nuevas, las corridas de los modelos CMIP5 todavía no se han evaluado con respecto a su capacidad de modelar los factores climáticos de gran escala que afectan el clima en Centroamérica. Además hay pocos estudios publicados con proyecciones de estos modelos.
- Por esta razón los resultados más recientes mencionados aquí se basan en corridas del CMIP3 y aunque existen limitaciones en los modelos del CMIP3, en general reproducen aproximadamente los patrones de ENOS y la ODP (Pierce et al., 2008, 2009).
- La Zona de Convergencia Intertropical aparece doble en ciertos modelos, pero en algunos de ellos es mejor simulada (Delworth et al., 2012; Hirota et al., 2011; Liu et al., 2012; Rauscher et al., 2008).
- El veranillo está presente en muchos de los modelos (Rauscher et al., 2008), el jet de bajo nivel del Caribe se reproduce con limitaciones (Martin y Schumacher, 2011).
- La variabilidad intraestacional es reproducida en algunos modelos (Jiang et al., 2012) y también en un estudio de la UCR (Hidalgo y Alfaro, 2012) se encontró que las simulaciones en el Pacífico Este presentan grandes sesgos en reproducir el promedio y la desviación estándar de los patrones de precipitación, mientras que los de temperatura son modelados de una mejor manera (por lo cual se incluye una corrección de sesgos en este estudio)
- Para temperatura anual, el calentamiento promedio en la región centroamericana proyectado al final del siglo XXI es de aproximadamente 2.5°C a 3.5°C dependiendo de la localización (Hidalgo y Alfaro 2012), aunque las proyecciones en el sur de Centroamérica pueden ser tan altas como 4.5°C en algunos meses.
- El consenso de MCG del CMIP3 es que la región centroamericana experimentará reducciones en la precipitación del orden de 10 a 20% y la escorrentía del orden de 20 a 40% a finales de siglo (ver figuras 3.3 y 3.5 respectivamente del reporte de IPCC (2007)).
- Las proyecciones a final de siglo de los modelos usando escenarios de emisiones A2/A1B indican que los días cálidos probablemente aumentarán, mientras que los días fríos probablemente se reducirán; es probable que aumentarán las noches cálidas y que se reduzcan las noches frías; es

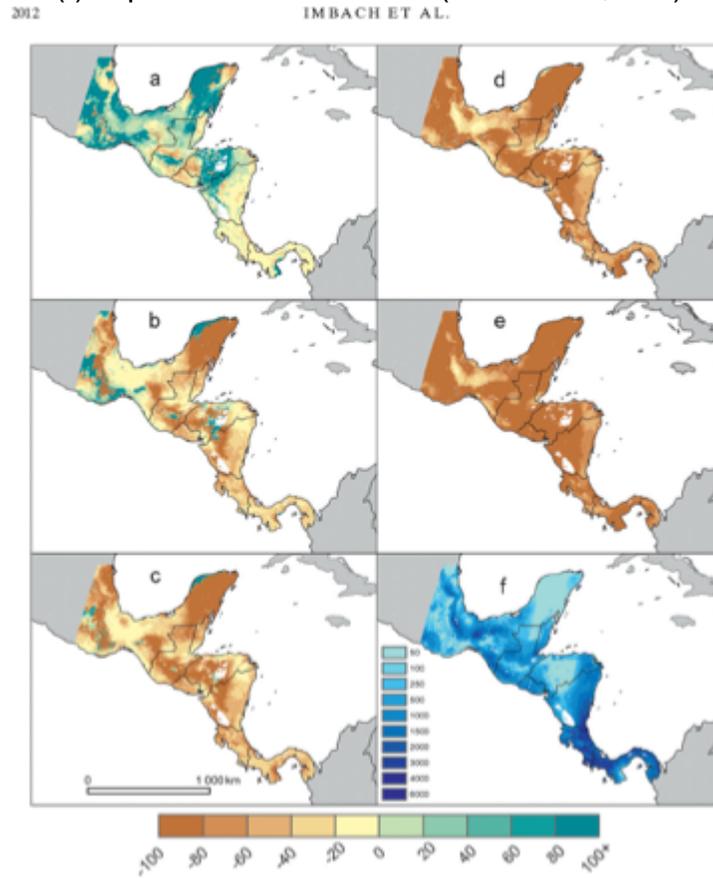
probable que haya olas de calor y períodos cálidos más frecuentes y más largos y/o más intensos en la mayor parte de la región.

- En cuanto a las tendencias de precipitación fuerte son inconsistentes; y habrá un incremento en la sequedad con menos confianza en la tendencia en el extremo sur de la región (Alianza Clima y Desarrollo, 2012).
- Usando un modelo regional, Karmalkar et al. (2011) encontró reducciones significativas en la precipitación futura en la época seca de Centroamérica bajo el escenario de emisiones A2.
- Neelin et al. (2006) encontró un acuerdo entre los modelos al mostrar un patrón seco sobre la región de Centroamérica y del Caribe al final del siglo (2077-2099).
- Usando 17 MGC Rausher et al. (2008) cita una disminución en la precipitación durante el verano (JJA), una intensificación del “veranillo” o “canícula” y un desplazamiento hacia el sur de la Zona de Convergencia Inter-Tropical (ZCIT) en el Pacífico Tropical Este como respuestas al cambio climático en la región.
- Usando un modelo de vegetación Imbach et al. (2012) estudió cambios en la vegetación y la escorrentía en Centroamérica usando 136 corridas de MCG (Figura No. 6).
- Estos autores concluyeron que la escorrentía disminuirá, ya que las temperaturas más altas favorecerán evapotranspiración.
- Hidalgo et al. (2013) confirmó las proyecciones en la disminución en la escorrentía (Gráfico No. 5), especialmente en la parte norte de Centroamérica se encontraron reducciones del orden de 30% en algunos meses del verano boreal. Los gráficos de caja que aparecen en esta figura muestran la variabilidad de 30 corridas de Modelos (climáticos) de Circulación General listados en Hidalgo et al. (2013). La columna izquierda muestra los resultados para Tegucigalpa (Honduras) y la derecha para San José (Costa Rica).
- También Hidalgo et al. (2013) confirmó una tendencia a veranillos más acentuados, lo cual había sido mencionado en Rausher et al. (2008).
- Hay una tendencia significativa (especialmente en la parte norte de Centroamérica) hacia mayor predominancia de sequías extremas (años en los cuales la escorrentía es menor que el percentil 10 durante 1950-1999) al

final de siglo, y aunque hay gran variabilidad entre los modelos acerca de la magnitud de la predominancia del porcentaje de área seca, es evidente que habrá un incremento significativo hacia el futuro (Hidalgo et al. 2013).

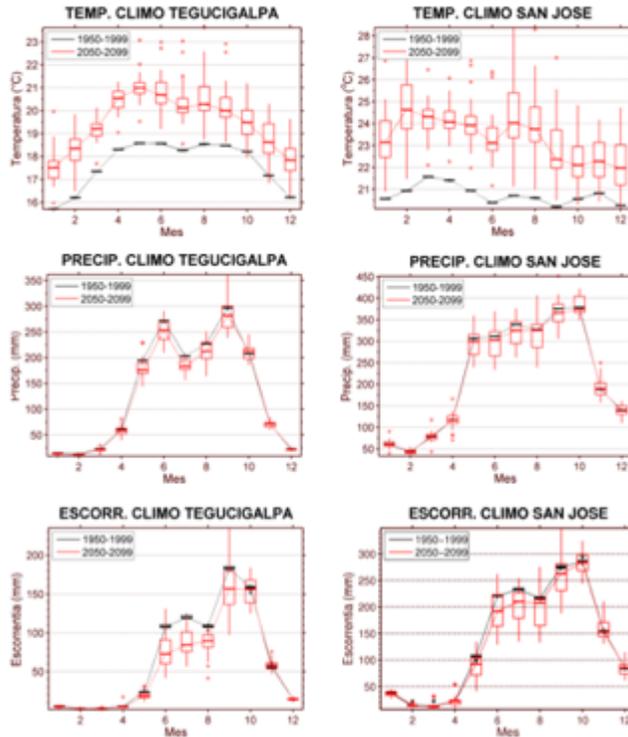
Figura No. 6

Cambio en escorrentía anual (%) para (a) máximo, (b) percentil 75, (c) percentil 50, (d) percentil 25, y (e) mínimo del ensamblaje del escenario A2 comparado con (f) el período de referencia (1950-2000; mm).



Fuente: Imbach et al. (2012).

Gráfico No. 5
 Evolución del Consumo Mundial Climatologías de temperatura, precipitación y escorrentía para período base (1950-1999) y para horizonte de cambio climático (2050-2099).

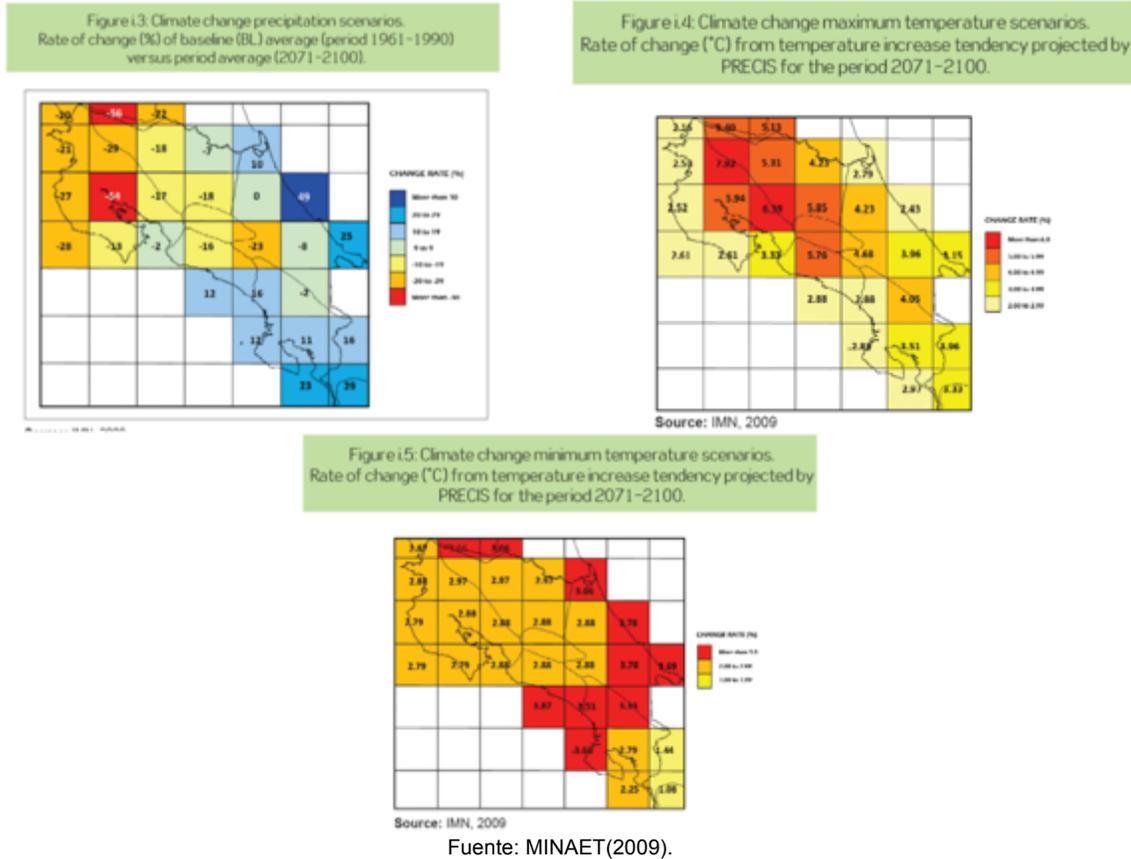


Fuente: Elaboración propia con datos de Hidalgo et al. (2013).

- En MINAET (2012) y Alvarado et al. (2011; 2012) se menciona que Costa Rica en particular y en Centroamérica en general son los “puntos calientes” más prominentes del Trópico en el tema del cambio climático debido a la disminución en las precipitaciones en JJA, en consistencia con los resultados encontrados en otros estudios previamente mencionados (ver por ejemplo Hidalgo et al., 2013; e Imbach et al., 2012) así como en los registros históricos y los resultados de 20 modelos globales usando diferentes escenarios de emisiones (Neelin et al., 2006; Trenberth et al. 2007).
- A pesar de que los resultados de muchos estudios implican una disminución generalizada de la precipitación y la escorrentía en Costa Rica, de acuerdo con MINAET (2012), no es de esperar que el clima en Costa Rica responda de manera uniforme, sino que se verá sometido a extremos secos y lluviosos. Así las proyecciones de un escenario de emisiones alto indica que para el período 2011-2040 en el Caribe se estiman aumentos en la precipitación del orden de 35 a 75% para el período mayo-julio, debido a una menor actividad de los frentes fríos durante el invierno (Figura No. 7).

Figura No. 7

Proyecciones de cambio climático en precipitación, temperatura mínima y máxima usando el modelo PRECIS.



- En la vertiente Pacífica y en la Zona Norte el modelo estima menos precipitación a la actual y una intensificación del veranillo que es consistente con Hidalgo et al. (2013) y Rauscher et al. (2008).
- Hay que mencionar que estas conclusiones están basadas en un solo o pocos modelos y uno solo o pocos escenarios, mientras que otros estudios mencionados anteriormente muestran el consenso de muchos modelos y en algunos casos múltiples escenarios.
- Algún modelo en particular puede mostrar incrementos en la precipitación en alguna región, pero la mediana cuando se usan varios modelos indican que a nivel regional habrán disminuciones en la precipitación y la escorrentía de forma generalizada (Hidalgo et al. 2013; Imbach et al. 2012).
- Hay que considerar que aunque la mediana de todos los modelos no es necesariamente más (o menos) probable de ocurrir en el futuro que algún modelo en particular se puede usar para argumentar a favor de usar pocos o un solo modelo.

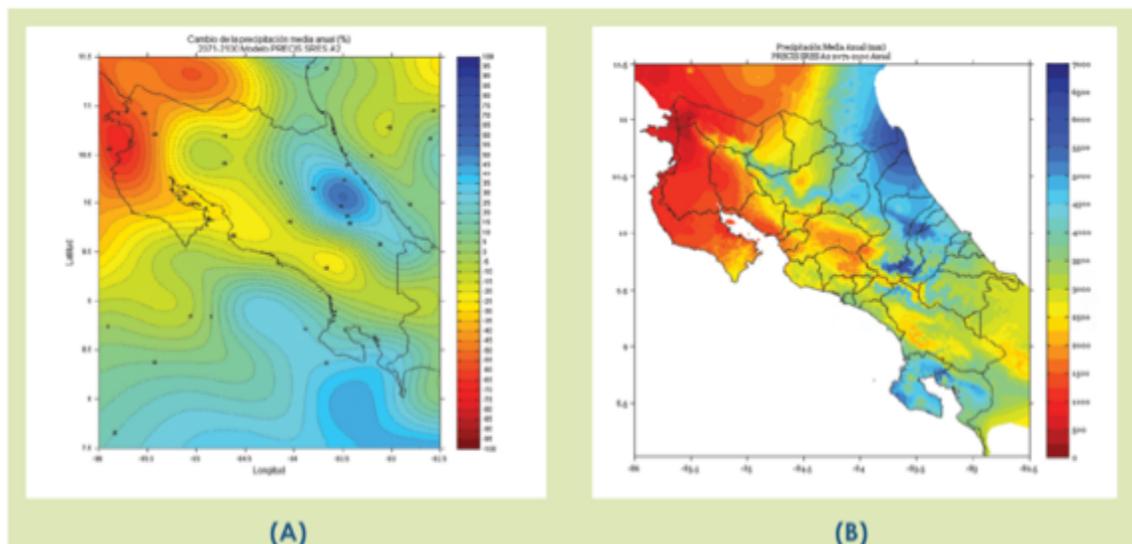
- Por ejemplo, se podría decir que un modelo en particular tiene más destreza en reproducir el clima actual en una determinada región y por tanto la inclusión de muchos modelos que no son tan buenos más bien introduciría incertidumbre en los resultados. Aunque el argumento puede ser válido, en este estudio se considerará que la determinación de las cualidades de un modelo con respecto a sus capacidades de reproducir el clima presente es difícil y dependiente de la métrica usada para calificarlos (Brekke et al., 2008; Hidalgo y Alfaro, 2012) y que por el contrario disponer de una mayor cantidad de modelos servirá para obtener ensamblajes que se espera balanceen los errores de todos los modelos (Pierce et al. 2009) y sirven para identificar modelos que son atípicos, y por consiguiente que merecen un estudio más detallado acerca de las causas de estas particularidades.
- En este estudio se evaluaron las proyecciones de varios modelos globales, pero se encontró que los del Centro Hadley eran los que más se asemejaban a los valores de estaciones meteorológicas. Una vez calibrado el modelo, se incorporaron los resultados a los modelos MAGICC y SCENGEN. Se usaron los horizontes de tiempo 2010, 2030, 2070 y 2100 y tres escenarios de efecto invernadero del IPCC: IS-92a, IS92-c, e IS-92d. Los resultados se dan para varias regiones I (Pacífico Norte), II (Zona Norte y Caribe Norte), III (parte pequeña de la Península de Nicoya), y IV (Pacífico y Caribe Sur, mayor parte del Valle Central).
- Para el año 2100, en la región I, bajo el escenario pesimista, los mayores incrementos de temperatura serán de hasta 3.8°C en algunos meses. La precipitación de diciembre a abril disminuirá hasta en un -63% (MINAET, 2000). En la región II se alcanzarán aumentos de temperatura de hasta 3.2°C en algunos meses, y disminuciones en la época seca de hasta -49%. En la región IV, los mayores incrementos de temperatura serán de hasta 3.5°C, aunado con reducciones en la precipitación en los primeros meses del año de hasta 46% (MINAET 2000). (En el informe no se mencionan los resultados para la región III debido a según el reporte “el modelo SCENGEN no presenta resultados posiblemente por ser demasiado pequeña para la resolución que maneja el paquete”).
- En el cuadro 8.2 de la “Segunda Comunicación Nacional a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático” (MINAET, 2009) se muestra una lista de referencias relacionadas con estudios de cambio climático en Costa Rica y también en la Tabla i.3 se listan recientes evidencias del cambio climático en Costa Rica. En este estudio, los cambios esperados en precipitación a final del siglo (2071-2100) en relación al escenario base (1961-1990) obtenidos a través del modelo PRECIS forzado con el modelo HadAM3P bajo el escenario de emisiones A2 son de

signo negativo en la costa Pacífica con reducciones de hasta -56% en la Península de Nicoya, y de signo positivo en la vertiente Caribe con aumentos de hasta 49% costa norte de la ciudad de Limón.

- En cuanto a la temperatura máxima se estima que aumentará hasta de 2.43°C a 7.92°C dependiendo de la localización, mientras que la temperatura mínima desde 1.44°C a 3.78°C dependiendo de la localización. Similares conclusiones se encuentran en Alvarado et al. (2012) con respecto a la precipitación pero se muestran regiones en el Caribe Sur en las que disminuirán las temperaturas.
- Alvarado et al. (2012) también incluye proyecciones del clima usando el modelo PRECIS con el modelo HadCM3 (Figura No. 8). Las proyecciones sugieren condiciones más secas en el Pacífico Norte y condiciones más húmedas en el Caribe Central a finales del siglo XXI. Es conveniente mencionar, sin embargo; que los cambios sugeridos por estas proyecciones son bastante fuertes y que además, utilizan como referencia el Escenario A2 que tal y como se comentó en la sección 2.1, se basa en supuestos que no están reflejando adecuadamente el comportamiento actual del consumo de fuentes fósiles, de la población mundial y de las emisiones asociadas a los combustibles fósiles.

Figura No. 8

(A) Mapa de escenario de cambio climático de la precipitación anual media (%) del 2080 (2071-2100), (B) proyectado por el modelo regional PRECIS con condiciones de frontera del modelo global HadCM3 y el escenario de emisiones A2.



Fuente: Alvarado et al. (2012)

- Existe un informe de consultoría reciente (OLADE 2013) en el cual se incluyen proyecciones de los caudales en todas las cuencas de Centroamérica para el escenario A2 usando un método aproximado para cambiar los valores de precipitación y lluvia a caudales. Lo que se usó fue una ecuación empírica de evapotranspiración potencial (ETp) basada en la temperatura y con las proyecciones de precipitación (P) de Edwin Maurer (Universidad de Santa Clara en los Estados Unidos) se usaron unas reglas simples para determinar la escorrentía y luego los caudales. Así por ejemplo durante los meses en que la precipitación es mayor que la ETp se asigna que la evapotranspiración actual (ETA) es igual a ETp, mientras que durante los meses en que ETp es mayor que P entonces la ETA es una fracción de ETp determinada de manera subjetiva. La escorrentía se calcula entonces del balance de aguas. Sin embargo, este procedimiento es poco confiable, ya que no se cuenta con una manera adecuada de calcular la escorrentía.
- Por este motivo el análisis de los futuros cambios en la producción hidroeléctrica se hizo sólo en algunas cuencas de Centroamérica en las cuales se dispone de información meteorológica y de caudal (en el caso de Costa Rica es la del Reventazón). En esas cuencas se hizo un análisis más detallado usando un modelo de precipitación escorrentía (modelo Sacramento) para calcular los caudales.
- Sin embargo, no se calibró el modelo mediante el ajuste a los parámetros de este, sino que se modificó la precipitación por medio de un factor multiplicativo que lograra el mayor ajuste entre los caudales observados y los modelados. La razón dada por los consultores para hacer esto es que los datos de precipitación observados tienen deficiencias (en este caso un sesgo) y por lo tanto es posible cambiarlos.
- Esta aproximación tiene sus desventajas con respecto al uso de un modelo calibrado como el usado en Hidalgo et al. (2013). Por esa razón se considera que las proyecciones de Hidalgo et al. (2013) son más confiables y podrían ser más útiles. También, cabe destacar que el informe de OLADE (2013) es para el escenario de emisiones A2, el cual es más agresivo, mientras que el de Hidalgo et al. (2013) es el A1B, el cual tal y como se comentó en la sección 2.1, es intermedio.

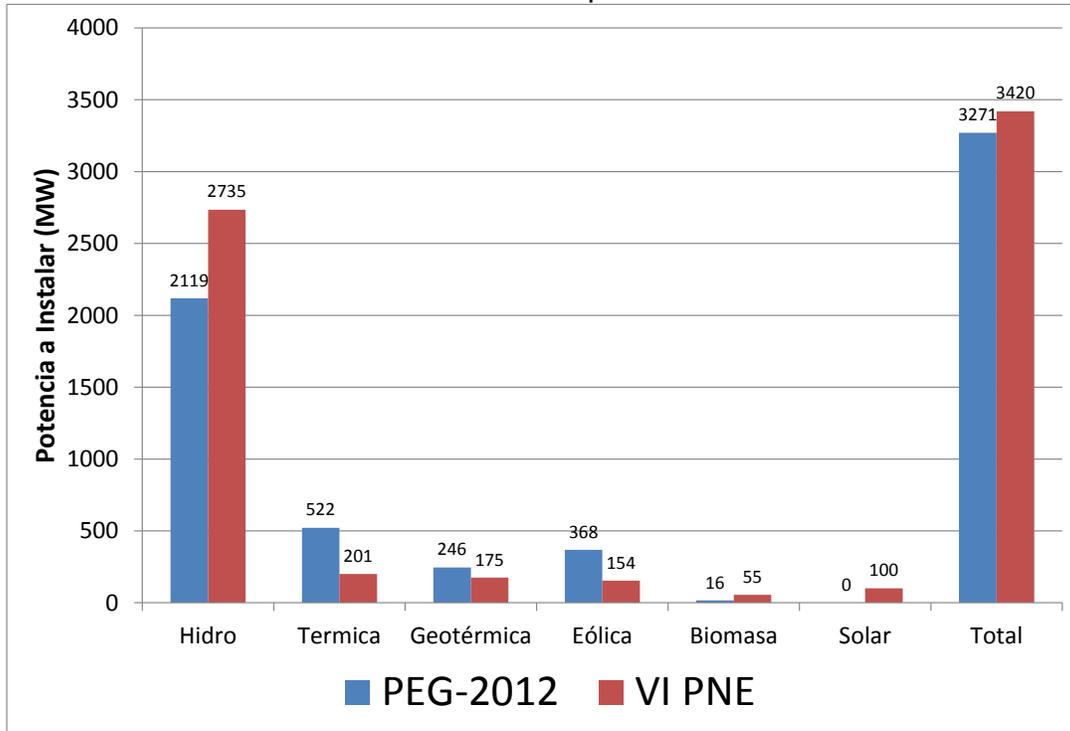
2.4 Análisis de las proyecciones de demanda eléctrica de Costa Rica

Dado que para estimar la afectación en la generación hidroeléctrica nacional por los efectos del cambio climático, es necesario tener una idea de la ubicación tanto de las plantas actuales como de los futuros proyectos hidroeléctricos. Estos últimos a su vez, dependen del comportamiento del crecimiento de la demanda de electricidad, para lo cual tanto el ICE como el MINAET han realizado sus propias proyecciones.

Del análisis de las proyecciones más recientes publicadas en el VI Plan Nacional de Energía 2012-2030 (VI PNE) y en el Plan de Expansión de la Generación Eléctrica del ICE 2012 (PEG 2012), se derivan las siguientes observaciones:

- Las proyecciones de la demanda eléctrica utilizadas para elaborar el PEG-2012 se calcularon utilizando un modelo econométrico en el cual, para cada sector de consumo, se determina cuáles variables explican estadísticamente el comportamiento de la demanda.
- Los parámetros económicos más relevantes para la proyección de la demanda bajo esta metodología son el precio de la energía, el Valor Agregado Comercial Ampliado (VACA), el Valor Agregado Industrial (VAI) y Valor Agregado Industrial Ampliado (VAIA) y para el sector residencial y de alumbrado público; el número de clientes.
- Por su parte el VI PNE usa el Sistema de Planificación de Alternativas Energéticas de Largo Plazo (LEAP: Long-term Energy Alternatives Planning System).
- En el LEAP el análisis se basa en la estructura de consumo y fuentes del balance de energía y definió como año base el 2009. Además, divide la demanda por sectores y subsectores y realiza las proyecciones considerando el crecimiento económico, el aumento en la población y una serie de políticas que fomentan el ahorro y el uso eficiente de la energía.
- A pesar de la diferencia en las metodologías utilizadas por el ICE y el MINAE, el gráfico No. 6 muestra que las nuevas adiciones de plantas de generación al sistema actual son similares en ambos casos. Sin embargo, dado que el ICE utiliza su plan de expansión para definir los proyectos que desarrollará, para efectos del presente estudio se utilizará el PEG-2012 como referencia.

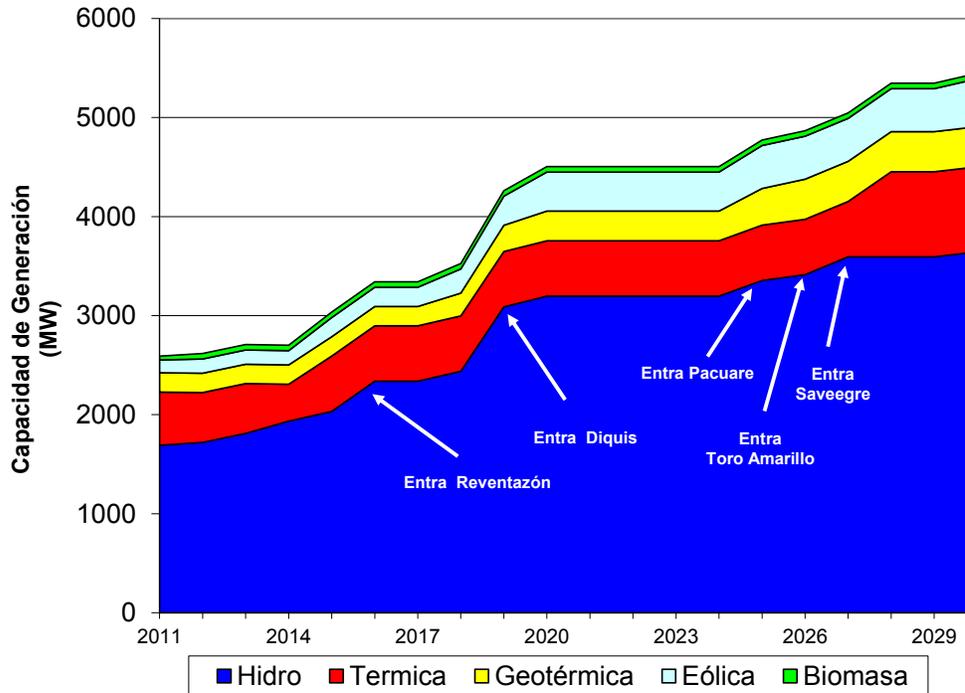
Gráfico No. 6
Adiciones al Sistema Nacional de Generación
al año 2030 con respecto al 2010



Fuente: Elaboración propia con datos del PEG-2012 y del VI PNE

- En el gráfico No. 7 se muestra la evolución de la capacidad del Sistema Nacional de Generación Eléctrica con base en el PEG-2012 y en él se identifican los años en que los principales proyectos hidroeléctricos entrarían a operar.

Gráfico No. 7
Evolución de la Capacidad del Sistema Nacional de Generación Eléctrica contemplados en el Plan de Expansión del ICE 2012



Fuente: Elaboración propia con datos del PEG-2012

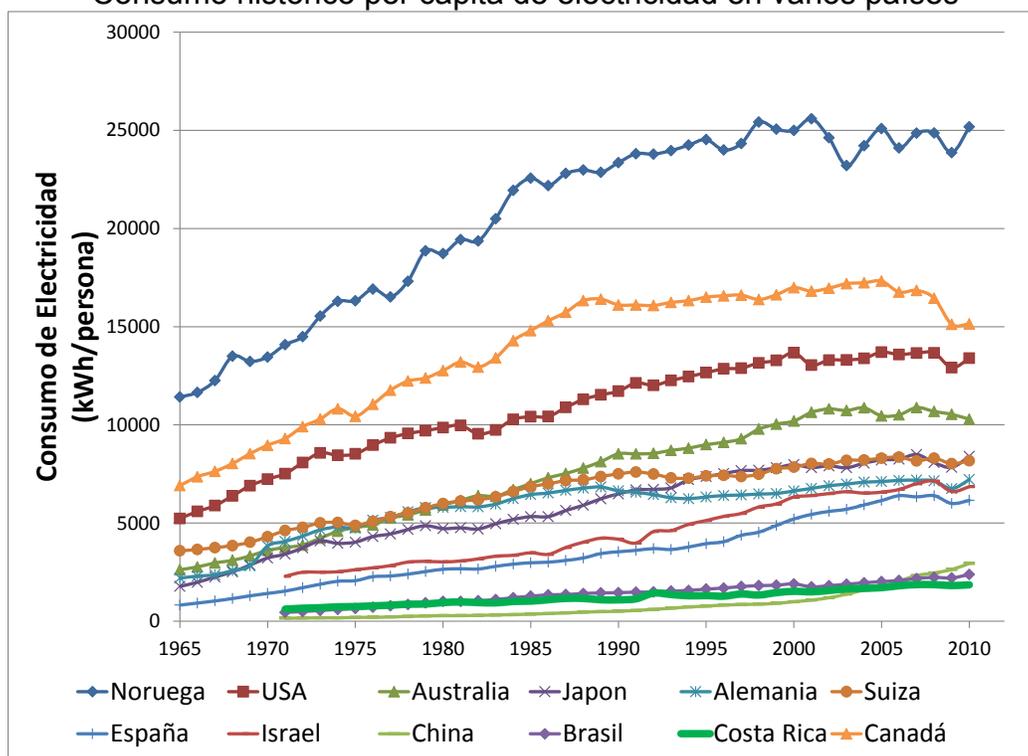
- Por otro lado es conveniente indicar que tanto el IV PNE como el PEG-2012 realizan proyecciones de la demanda al año 2030 y no consideran la exportación de electricidad a Centroamérica.

Dado que el objetivo de este estudio es evaluar los impactos para el corto plazo (2020), mediano (2050) y largo plazo (2080), es necesario determinar qué proyectos estarían en operación tanto en el año 2050 como en el 2080 considerando tanto la demanda nacional futura como la posible instalación de plantas de generación con fines de exportación a Centroamérica. Sin embargo, la estimación de la demanda para estos años utilizando tanto la metodología LEAP como la utilizada por el ICE, va más allá de los objetivos iniciales del estudio.

Ante esta situación, un método alternativo es el de analizar el consumo per cápita de varios países desarrollados con el fin de establecer un valor de referencia que permita establecer cuál es el mayor consumo per cápita que podría presentar Costa Rica considerando las diferencias propias tanto a nivel de clima como de patrones de consumo.

Para lo anterior, en el gráfico No. 8, se muestran los consumos históricos de varios países incluyendo Costa Rica.

Gráfico No. 8
Consumo histórico per cápita de electricidad en varios países



Fuente: Elaboración propia con datos del Banco Mundial

Tal y como se observa en este gráfico, el consumo per cápita de los países desarrollados: Estados Unidos, Noruega, Australia, Suiza, Alemania, Israel y España, ha tendido a estabilizarse en los últimos diez años.

También se observa un consumo más alto en países con climas extremadamente fríos (Noruega y Canadá) o que poseen una densidad de población baja (Estados Unidos y Australia).

En cambio, los países con climas más cálidos como España e Israel presentan consumos de electricidad cercanos a los 6500 kWh/persona.

Esta situación se puede explicar debido al uso de la electricidad para la calefacción de los hogares y edificios ante la ausencia de gas natural en ciertas localidades.

Con base en la información del anexo No.1, en el cuadro No. 9 se ha resumido el consumo eléctrico porcentual de varios países desarrollados de acuerdo con el uso final de la electricidad.

Cuadro No. 9

Consumo eléctrico porcentual del sector residencial por uso final

País	Aplicaciones de calor ¹⁾	Aplicaciones de frío ²⁾	Cocción	Iluminación	Electrodomésticos ³⁾
Estados Unidos	15,03	27,62	2,33	13,33	41,69
Alemania	20,8	21,1	28,2	9,2	20,7
España	14,8	2,3	9,3	11,7	61,8
Francia	27,9	19,2	6,6	10	36,3
Italia	27,9	19,2	6,6	10	36,3
Japón	14,14	5,66	4,02	23,44	52,73
Canadá	80	2	0,74	4	13,26

1) Calefacción y calentamiento de agua

2) Aire acondicionado y refrigeradores

3) Tecnologías de la comunicación y la información, lavadoras, congeladores y demás aparatos eléctricos

Fuente: elaboración propia con base en la información del anexo 1.

Tal y como se observa en este cuadro la participación de las aplicaciones de calor y de frío varían de un país a otro, sin embargo; al analizar el caso particular de España se puede deducir que por las condiciones climatológicas propias de Costa Rica se podría ahorrar la mayor parte del 17% de la electricidad utilizada para actividades de calentamiento y de frío.

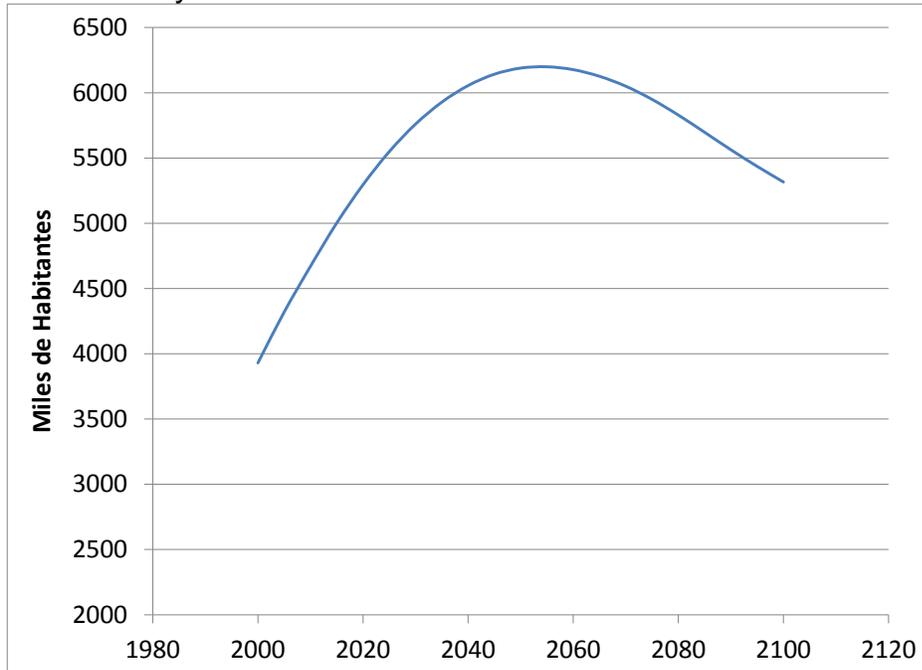
Considerando además que Costa Rica está basando su desarrollo basado principalmente al área de servicios, es de esperar que esté en capacidad de alcanzar un buen nivel de desarrollo con un consumo per cápita cercano a los 5000 kWh/persona.

A partir de las estimaciones de la población de Costa Rica que realiza la División de Población de las Naciones Unidas, en el gráfico No. 9 se muestra el comportamiento de la misma observándose que el pico poblacional se alcanzaría en el año 2055 cuando la cantidad de habitantes estaría llegando a los 6,2 millones.

Considerando el consumo per cápita de 5000 kWh/persona y esta población se tiene que la demanda máxima de electricidad de Costa Rica será de 30 995 GWh.

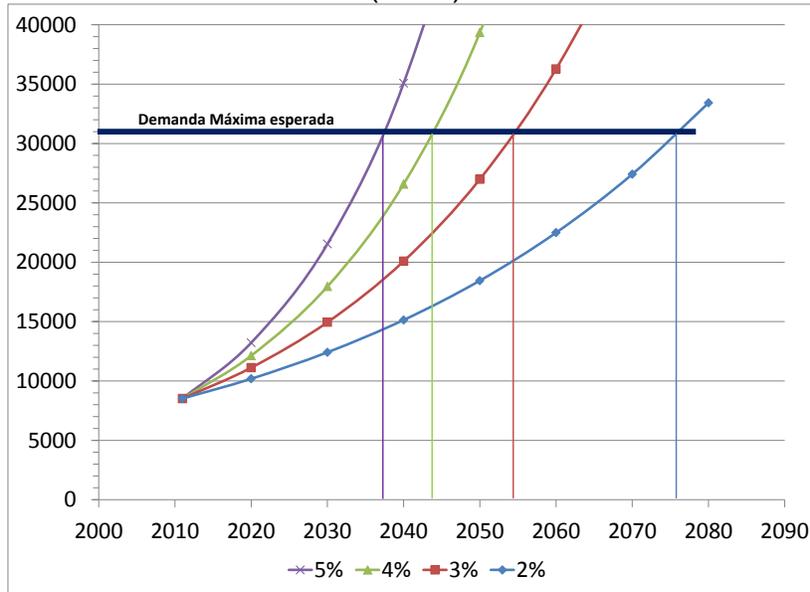
Tomando en cuenta esta demanda máxima, en el gráfico No. 10, aparecen proyecciones de demanda para diferentes tasas de crecimiento y es posible apreciar que si la tasa de crecimiento es superior al 3,5%, la máxima demanda proyectada se alcanzaría en el año 2050 y dado que la tasa promedio de crecimiento de la demanda en los últimos 10 años fue del 3,03%, se puede afirmar que independientemente el parque de generación que exista en el año 2050 será prácticamente el mismo que existirá en el 2080.

Gráfico No. 9
Proyección de la Población de Costa Rica



Fuente: Elaboración propia con datos de la División de Población de las Naciones Unidas

Gráfico No. 10
Proyección de la demanda nacional de electricidad para diferentes tasas de crecimiento (GWh)



Fuente: Elaboración propia

2.5 Capacidad Nacional de Generación Eléctrica

El ICE ha contemplado en su PEG-2012 la instalación de los proyectos que aparecen en la figura No. 9 cuya ubicación se aprecia en la figura No. 10. Adicionalmente, en el cuadro No. 10 aparecen todos los proyectos hidroeléctricos identificados que quedarán disponibles después del año 2030, los cuales totalizan una potencia de 1612 MW.

Con base en esta información en el cuadro No. 11 se resume la capacidad adicional que deberá instalarse con el fin de alcanzar la demanda máxima proyectada (30 995 GWh), para lo cual se ha considerado mantener la proporción de generación por cada tipo de fuente que existirá en el año 2030.

Figura No. 9
Proyectos de Generación contemplados en el PEG-2012
Tabla 12-1 Plan de Expansión de Referencia

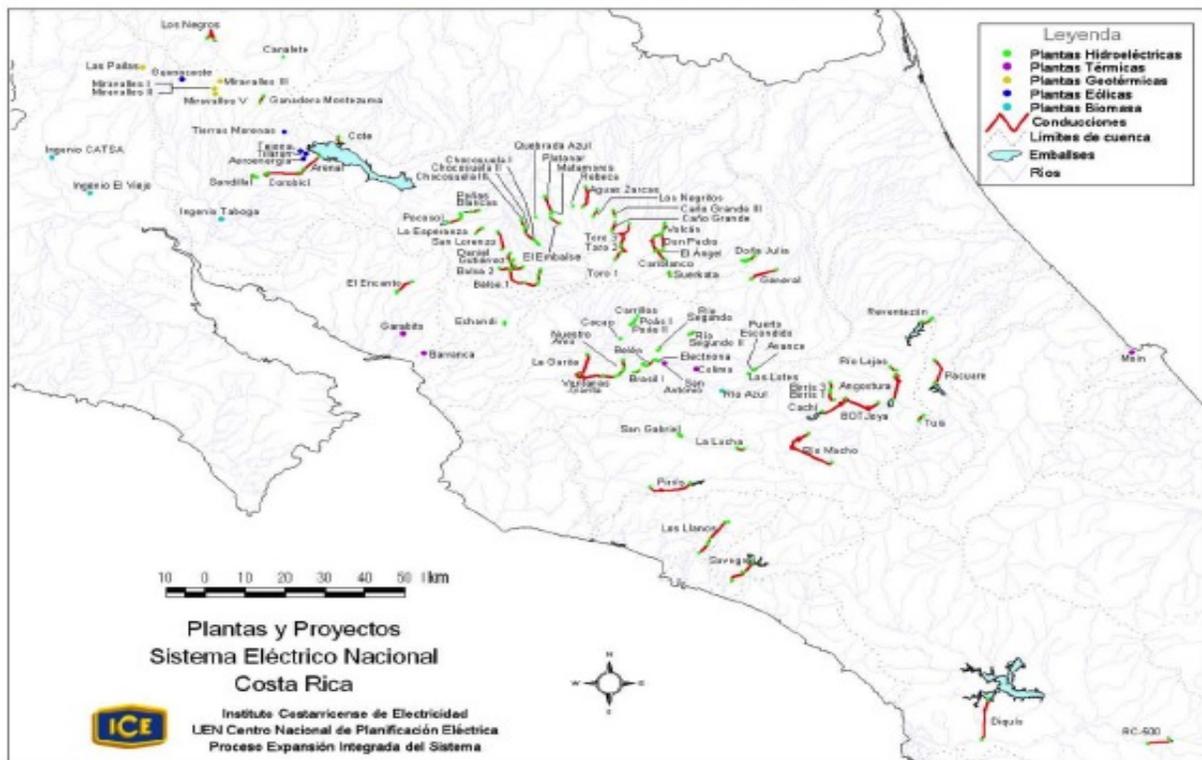
PLAN DE EXPANSION DE LA GENERACION								
Año	DEMANDA			OFERTA				
	Energía GWh	% crec	Pot MW	Mes	Proyecto	Fuente	Potencia MW	Cap Instalada
Capacidad Instalada al: 2011								2 590
2012	10 441		1 706		1 Colima	Térm	-14.0	2 576
					5 Cubujuquí	Hidro	22.0	2 598
					5 Valle Central	Eólic	15.0	2 613
					6 Moín 1	Térm	-19.5	2 594
					12 CATSA	Biom	8.0	2 602
					12 Cutris	Biom	3.0	2 605
					12 El Palmar	Biom	5.0	2 610
					12 Tacares	Hidro	7.0	2 617
2013	11 132	6.2%	1 815	6.0%	2 Toro 3	Hidro	49.7	2 666
					6 Anonos	Hidro	3.6	2 670
					9 Balsa Inferior	Hidro	37.5	2 707
2014	11 877	6.3%	1 939	6.4%	5 Río Macho	Hidro	-120.0	2 587
					5 Río Macho Ampl.	Hidro	140.0	2 727
					6 Chucás	Hidro	50.0	2 777
					6 Cachi	Hidro	-105.0	2 672
					9 Cachi 2	Hidro	158.4	2 831
					10 Moín 2	Térm	-130.5	2 700
2015	12 681	6.3%	2 068	6.3%	1 Capulín	Hidro	48.7	2 749
					1 Torito	Hidro	50.0	2 799
					1 CC Moín 1	Térm	93.0	2 892
					1 CC Moín 2	Térm	93.0	2 985
					1 Chiripa	Eólic	50.0	3 035
2016	13 018	2.6%	2 125	2.7%	1 Reventazón Minicentral	Hidro	13.5	3 048
					1 Reventazón	Hidro	292.0	3 340
2017	13 355	2.5%	2 182	2.6%				3 340
2018	13 693	2.5%	2 233	2.3%	1 Geotérmico Proyecto 1	Geot	35.0	3 375
2019	14 430	5.1%	2 357	5.3%	1 Geotérmico Proyecto 2	Geot	35.0	3 410
2020	15 212	5.1%	2 481	5.0%	1 Hidro Proyecto 1	Hidro	50.0	3 460
					1 Eólico Proyecto 2	Eólic	50.0	3 510
					1 Eólico Proyecto 3	Eólic	50.0	3 560
					1 Geotérmico Proyecto 3	Geot	35.0	3 595
					1 RC-500	Hidro	58.4	3 654
2021	15 943	4.6%	2 600	4.6%	1 Diquis	Hidro	623.0	4 277
					1 Diquis Minicentral	Hidro	27.0	4 304
2022	16 646	4.2%	2 719	4.4%				4 304
2023	17 381	4.2%	2 838	4.2%				4 304
2024	18 148	4.2%	2 962	4.2%				4 304
2025	18 949	4.2%	3 091	4.2%	1 Pacuare	Hidro	158.0	4 462
2026	19 784	4.2%	3 231	4.3%	1 Geotérmico Proyecto 4	Geot	35.0	4 497
					1 Toro Amarillo	Hidro	59.0	4 556
2027	20 654	4.2%	3 371	4.1%	1 Savegre	Hidro	180.0	4 736
2028	21 559	4.2%	3 520	4.3%	1 Carbón 1	Térm	300.0	5 036
2029	22 504	4.2%	3 676	4.2%				5 036
2030	23 489	4.2%	3 836	4.2%	1 Hidro Proyecto 2	Hidro	50.0	5 086
					1 Eólico Proyecto 4	Eólic	50.0	5 136

Fuente: Plan de Expansión de la Generación Eléctrica 2012

Figura No. 10

Ubicación Geográficos de Proyectos de Generación contemplados

ANEXO 4
UBICACION DE PLANTAS Y PROYECTOS



Fuente: Tomado del PEG-2012 del ICE

Cuadro No. 10
Proyectos Hidroeléctricos que estarán disponibles después del año 2030

Nombre	Potencia MW	Energía GWh	Rio	Cuenca	Estatus
Cabecar	23,6	145	Coen	Sixaola	Reserva Indígena
Coen	36,6	209	Coen	Sixaola	Reserva Indígena
Lari	17,7	102	Lari	Sixaola	Reserva Indígena
Nakeagre	106,4	620	Telire	Sixaola	Reserva Indígena
Telire	84,5	561	Telire	Sixaola	Reserva Indígena
Talamanca	93,1	678	Telire	Sixaola	Reserva Indígena
Sub total	361,9	2315		Sixaola	Reserva Indígena
Betsu	41	253	Coen	Sixaola	Parque Nacional
Broi Matama	134	830	Telire	Sixaola	Parque Nacional
Bugu	124	737	Coen	Sixaola	Parque Nacional
Dika	31	191	Lari	Sixaola	Parque Nacional
Durika	182	1126	Telire	Sixaola	Parque Nacional
Kivut	52	322	Lari	Sixaola	Parque Nacional
Ourut	30	184	Lari	Sixaola	Parque Nacional
Sku	39	237	Sku	Sixaola	Parque Nacional
Uren	32	197	Uren	Sixaola	Parque Nacional
Uri	29	182	Lari	Sixaola	Parque Nacional
Sub total	694	4259		Sixaola	Parque Nacional
Total	1055,9	6574		Sixaola	
La Estrella	65	285	La Estrella	La Estrella	Reserva Indígena
Ayil	174	765	Chirripó	Matina	Reserva Indígena
Boyey	209	865	Chirripó	Matina	Reserva Indígena
Sueo	56,3	247	Chirripó	Matina	Reserva Indígena
Sub total	439,3	1877		Matina	Reserva Indígena
Tanari	73	291	Pacuare	Pacuare	Reserva Indígena
Izarco	143	858	Reventazón	Reventazón	Sin restricción
Hondura	48	205	Hondura-Sucio	Chirripó	Parque Nacional
Patria	34	161	Patria	Chirripó	Sin restricción
Total	82	366		Chirripó	
La Ceiba	43,5	154	G. Candelaria	Parrita	Sin restricción
Rosalía	22,7	90,6	G. Candelaria	Parrita	Sin restricción
Quebrada Bejuco	36,8	165,16	G. Candelaria	Parrita	Sin restricción
Jamaica	49,6	205,2	Pirris	Parrita	Sin restricción
Total	152,6	614,96		Parrita	
Milagro	31	175	Naranjo	Naranjo	Sin restricción
Reyes	23	135	Naranjo	Naranjo	Sin restricción
Los Llanos	123	513	Naranjo	Naranjo	Sin restricción
Llanos Esqui	58	242	Naranjo	Naranjo	Sin restricción
Londres	38	158	Naranjo	Naranjo	Sin restricción
Total	273	1223		Naranjo	
Brujo 1	79,3	346,9	Savegre	Savegre	Reserva Forestal
Brujo 2	68,4	277,3	Savegre	Savegre	Reserva Forestal
Roncador	26	132	Brujo	Savegre	Reserva Forestal
Santo Tomás	30	96	Division	Savegre	Reserva Forestal
Total	203,7	852,2		Savegre	
Palmar	20	80	Térraba	Térraba	Reserva Indígena
Chimirol	58,4	290	Chirripo P	Térraba	Sin restricción
Alto Palmas	97	363	Coton	Térraba	Sin restricción
Palmas 1	64,1	292,3	Coton	Térraba	Sin restricción
Palmas 2	133,2	526	Coton	Térraba	Sin restricción
Total	372,7	1551,3		Térraba	

RESUMEN		
ESTATUS	Potencia (MW)	Energía (GWh)
Reserva Indígena	959,2	4848
Sin restricción	955,3	4328,26
Reserva Forestal	203,7	852,2
Parque Nacional	742	4464
Total	2860,2	14492,46

Fuente: Elaboración propia con datos del ICE

Cuadro No. 11
Generación necesaria para alcanzar la demanda máxima proyectada de
Costa Rica

AÑO	POTENCIA (MW)						ENERGIA (GWh)					
	Hidro	Termica	Geotérmica	Eólica	Biomasa	TOTAL	Hidro	Termica	Geotérmica	Eólica	Biomasa	TOTAL
2011	1691	537	195	129	39	2591	7407	470	1537	509	51	9974
2012	1720	504	195	144	55	2618	7534	441	1537	568	72	10152
2013	1811	504	195	144	55	2708	8217	336	1451	521	80	10605
2014	1934	373	195	144	55	2701	8642	503	1410	518	76	11149
2015	2033	559	195	194	55	3036	9278	322	1339	720	71	11730
2016	2338	559	195	194	55	3341	9937	285	1339	717	68	12346
2017	2338	559	195	194	55	3341	10394	434	1369	728	73	12998
2018	2438	559	230	244	55	3526	10695	547	1657	714	76	13689
2019	3088	559	265	294	55	4261	11743	54	1851	719	63	14430
2020	3197	559	300	394	55	4505	12062	16	2023	1049	61	15211
2021	3197	559	300	394	55	4505	12717	3	2093	1066	65	15944
2022	3197	559	300	394	55	4505	13294	90	2123	1068	71	16646
2023	3197	559	300	394	55	4505	13836	200	2184	1088	73	17381
2024	3197	559	300	394	55	4505	14320	431	2216	1100	79	18146
2025	3355	559	370	434	55	4773	15061	525	2218	1066	80	18950
2026	3414	559	405	434	55	4867	15452	680	2488	1079	81	19780
2027	3594	559	405	434	55	5047	16298	737	2497	1023	81	20636
2028	3594	859	405	434	55	5347	16383	1466	2531	1092	85	21557
2029	3594	859	405	434	55	5347	16824	1933	2560	1101	85	22503
2030	3644	859	405	484	55	5447	17255	2302	2570	1267	86	23480
Por instalar	1701	401	189	226	26	2542	8053	1074	1200	591	40	10959
Total Instalado	5344	1260	594	710	81	7989	25308	3376	3770	1858	126	34439
Disponible	1271	-	406	90	-	1767	6018	-	2576	236	-	8830

Fuente: Elaboración propia con datos del ICE

Tal y como se observa en este cuadro, un vez alcanzada la demanda máxima de electricidad proyectada, aun quedarán disponibles cerca de 1767 MW de generación a partir de fuentes renovables que permitirían producir hasta 8830 GWh/año.

Es conveniente mencionar que el cuadro No. 11 mantiene la generación térmica para compensar los faltantes de producción hidroeléctrica en los meses secos.

También es conveniente volver a indicar que no se ha considerado el efecto que podría provocar la exportación de electricidad a Centroamérica.

2.6 Potencial de exportación de electricidad a Centroamérica

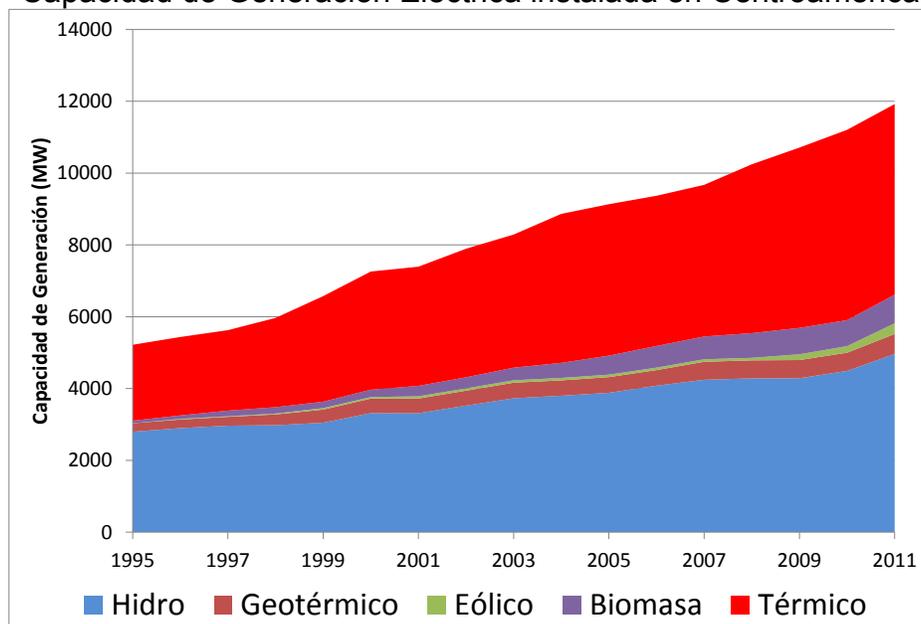
Al observar el gráfico No. 11, es evidente que la región ha incrementado la generación térmica en los últimos años. A diferencia de la mayor parte del resto del mundo en donde la generación térmica se realiza a partir de carbón mineral y gas natural, en Centroamérica, debido a la inexistencia de estas fuentes de energía; se utilizan combustibles derivados del petróleo como diésel y búnker, por lo que el suministro eléctrico de la región presenta una alta vulnerabilidad ante una crisis que afecten la oferta mundial de petróleo o aumentos en los precios internacionales de esta fuente de energía.

La generación térmica se ha incrementado a partir de la década de los 90s, cuando la mayoría de los países centroamericanos abrieron el mercado eléctrico a la generación privada sin restricciones.

Para los inversionistas ha resultado más atractivo realizar proyectos térmicos que aprovechar las fuentes energéticas renovables existentes en la región ya los primeros requieren una menor inversión.

Los proyectos de energía renovable como los hidroeléctricos en cambio, requieren una inversión inicial que puede ser hasta cinco veces la correspondiente a plantas térmicas, por lo que el riesgo para el inversionista es mayor.

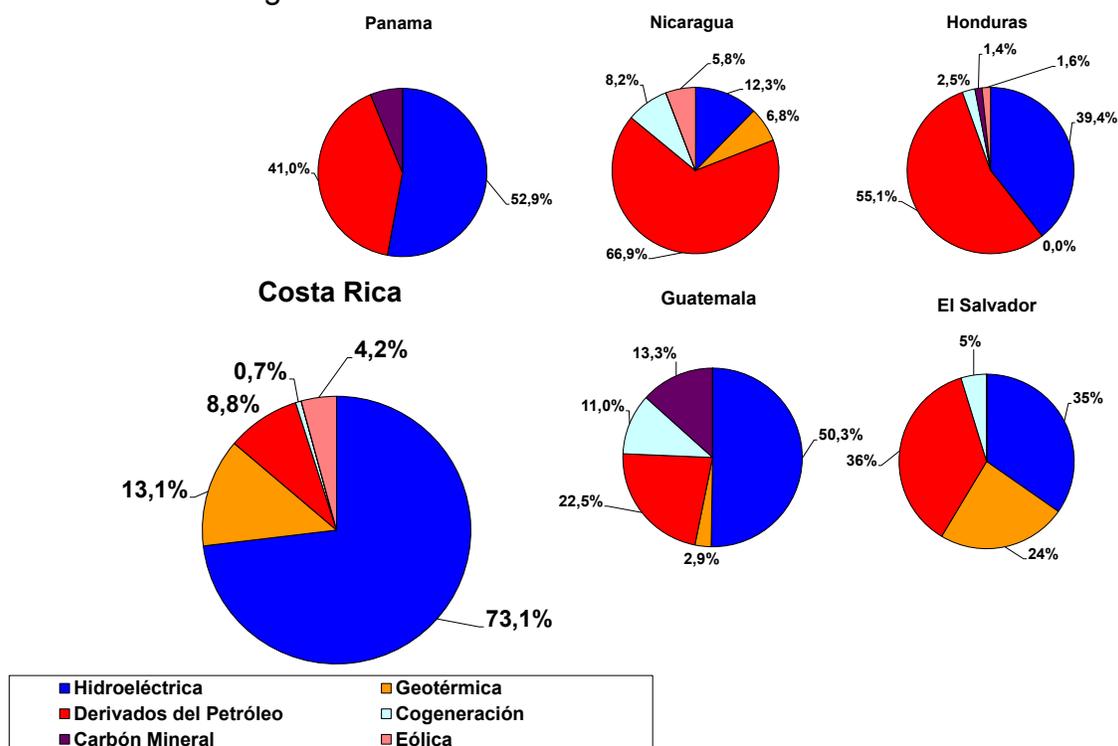
Gráfico No. 11
Capacidad de Generación Eléctrica instalada en Centroamérica



Fuente: Elaboración propia con datos tomados del CEPAL: ISTMO CENTROAMERICANO: ESTADÍSTICAS DEL SUBSECTOR ELÉCTRICO 2011

Tal y como se aprecia en el gráfico No. 12, en la actualidad, a excepción de Costa Rica, la mayor parte de los países centroamericanos generan una parte importante de su electricidad a partir de combustibles derivados del petróleo y carbón mineral.

Gráfico No. 12
Fuentes de energía utilizada en la Generación Eléctrica en Centroamérica



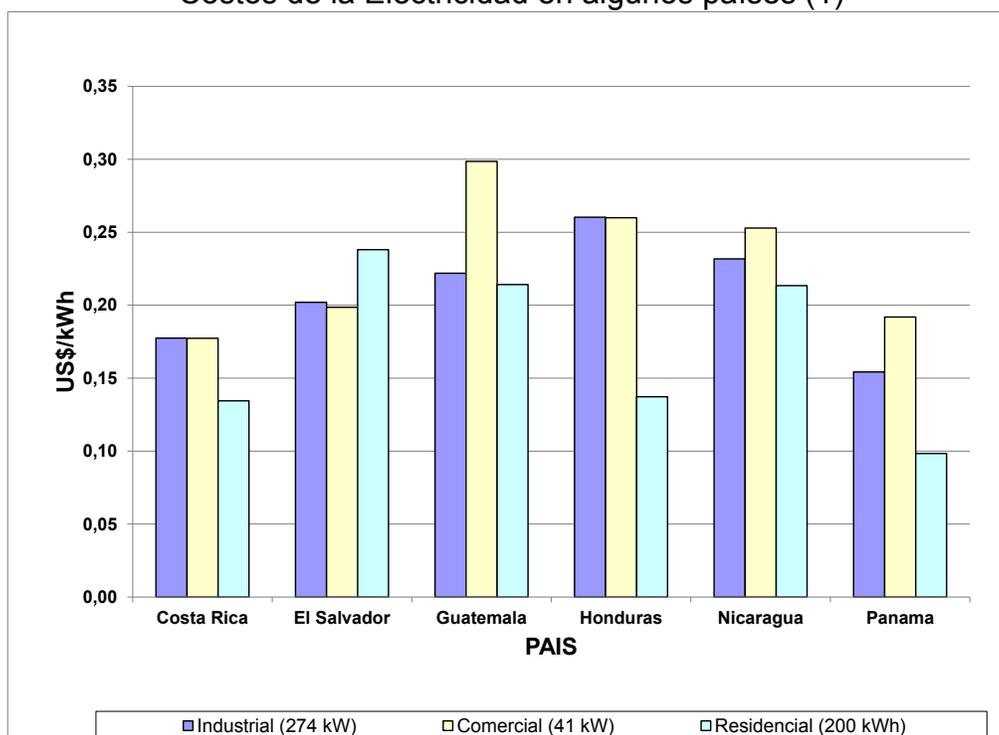
Fuente: Elaboración propia con datos tomados del CEPAL: ISTMO CENTROAMERICANO: ESTADÍSTICAS DEL SUBSECTOR ELÉCTRICO 2011

Debido a que el costo de la electricidad producida a partir de hidrocarburos es más alto que la obtenida a partir de la energía hidroeléctrica o eólica, aquellos países de la región que no han desarrollado sus recursos energéticos renovables o que no disponen de ellos, están trasladando a los usuarios los altos costos de generación eléctrica.

Esta situación se puede comprobar en el gráfico No. 13, en donde se aprecia que los costos de la electricidad en la mayoría de los países centroamericanos son más altos que en Costa Rica.

Por otro lado se debe tomar en cuenta que el consumo per cápita de electricidad es uno de los indicadores que permiten observar que tan cerca se encuentra un país de alcanzar un buen nivel de desarrollo y aquellos países en donde el precio de la electricidad es muy alto, pierden competitividad, lo que dificulta el desarrollo social y económico.

Gráfico No. 13
Costos de la Electricidad en algunos países (1)

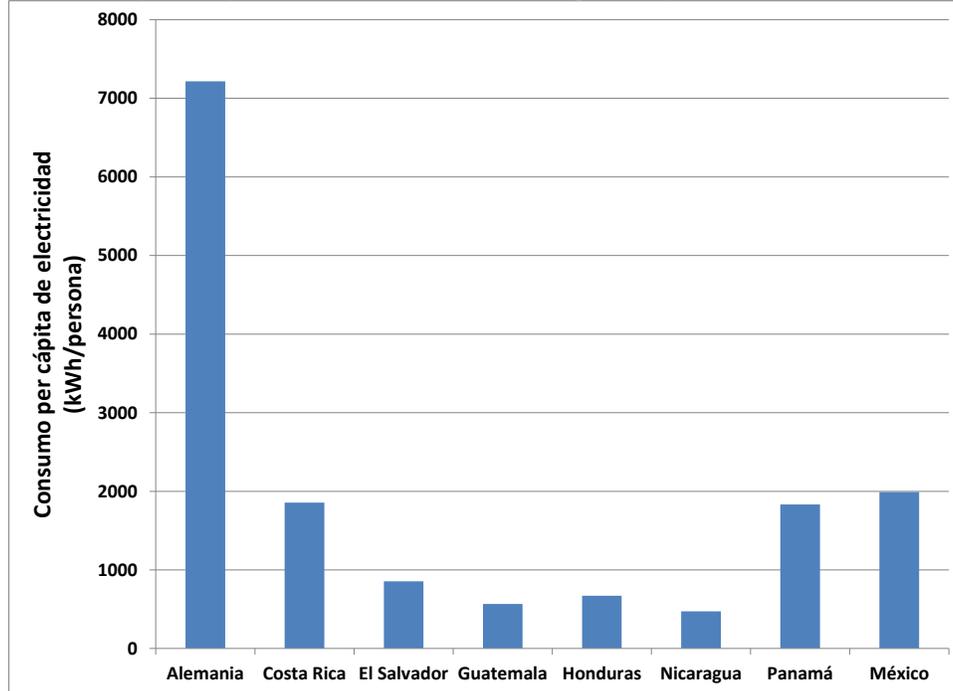


Fuente: Elaboración propia con datos tomados del CEPAL: ISTMO CENTROAMERICANO: ESTADÍSTICAS DEL SUBSECTOR ELÉCTRICO 2011

El gráfico No. 14, muestra que el consumo per cápita de los países centroamericanos está muy lejos de países desarrollados como Alemania, adicionalmente; el gráfico No. 15 permite observar que a excepción de Costa Rica y Panamá, el resto de los países de Centro América presentan un bajo crecimiento en el consumo per cápita de electricidad, lo cual indica la dificultad de estos países en incrementar el acceso de la población a la electricidad y posiblemente los altos costos de la energía eléctrica podrían estar incidiendo en este comportamiento, ya que no solo se necesita tener una cobertura amplia del servicio eléctrico, sino también precios accesibles para la mayor parte de la población.

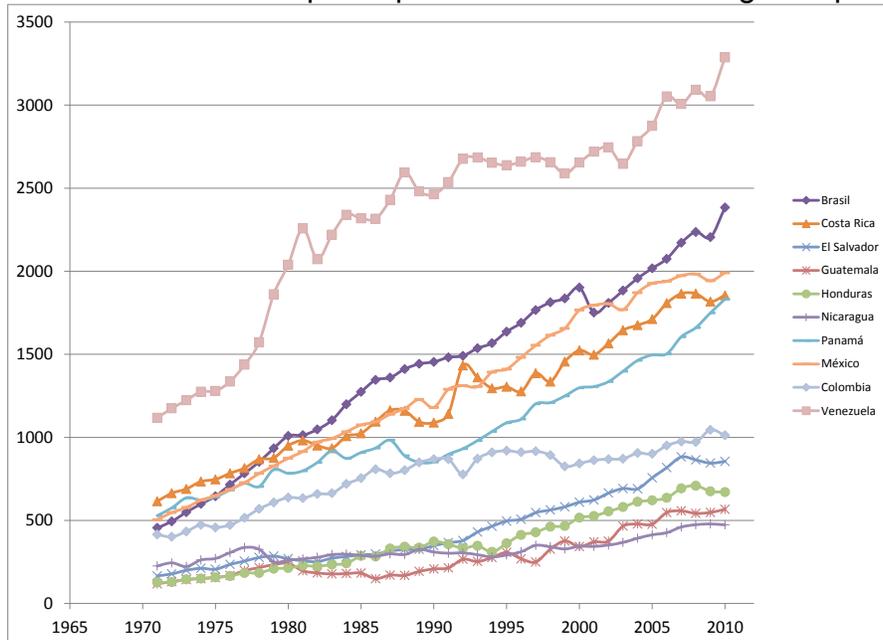
Por lo anterior, a excepción de Costa Rica, Centro América debe buscar cómo reducir el costo de la electricidad para facilitar un buen acceso de los habitantes de la región a la electricidad. Adicionalmente, aun es necesario incrementar la electrificación sobre todo rural, ya que tal y como se observa en el gráfico No. 16, en el año 2011 existían alrededor de 5,5 millones de personas en Centroamérica que aún no contaban con acceso a este servicio.

Gráfico No. 14
Consumo per cápita de electricidad en algunos países en el año 2010



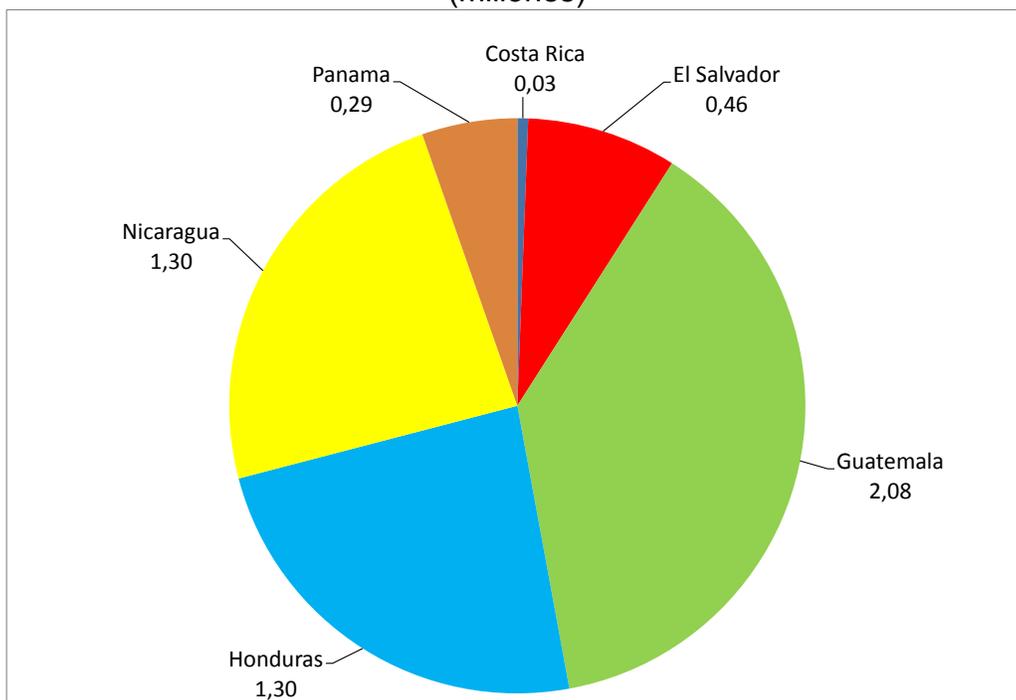
Fuente: Elaboración propia con datos del Banco Mundial y Cepal

Gráfico No. 15
Evolución del consumo per cápita de electricidad en algunos países



Fuente: Elaboración propia con datos del Banco Mundial y Cepal

Gráfico No. 16
Cantidad de centroamericanos sin acceso a la Electricidad en el año 2011
(millones)



Fuente: Elaboración propia con datos tomados del CEPAL: ISTMO CENTROAMERICANO: ESTADÍSTICAS DEL SUBSECTOR ELÉCTRICO 2011

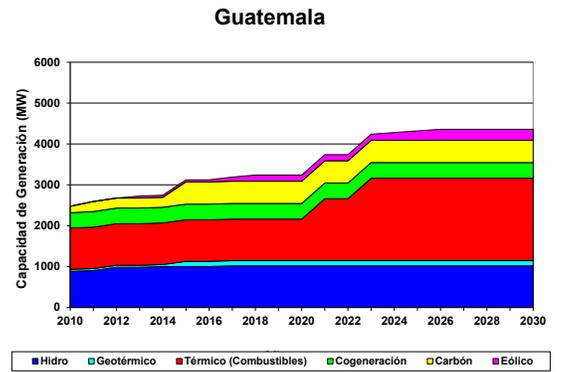
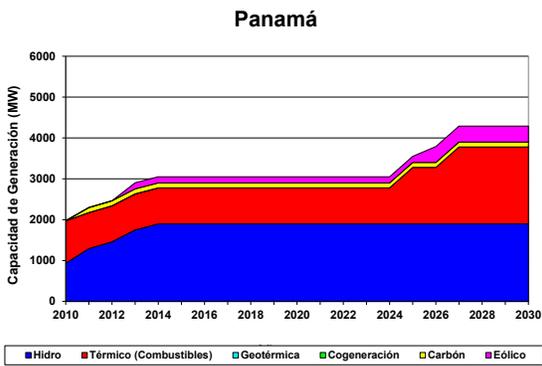
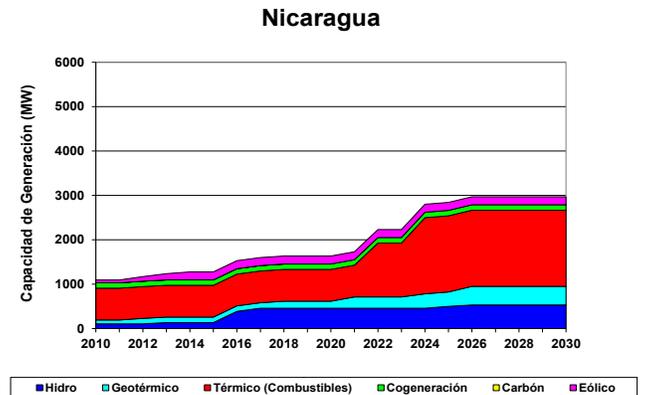
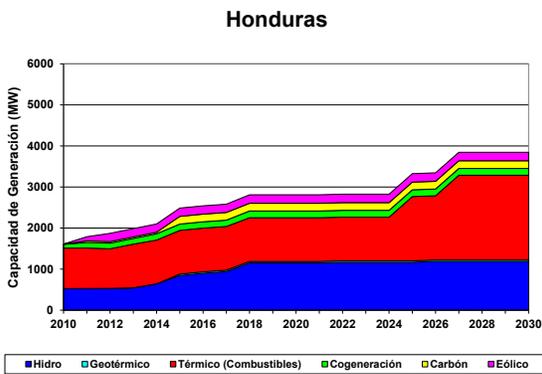
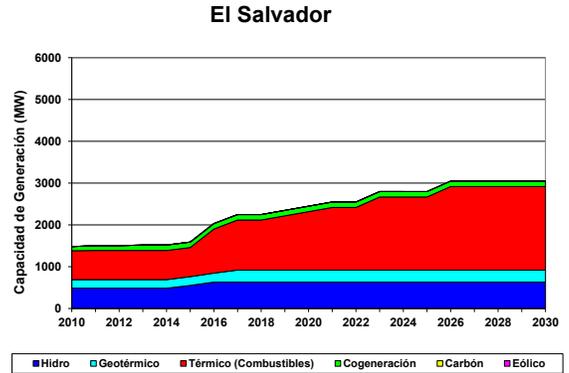
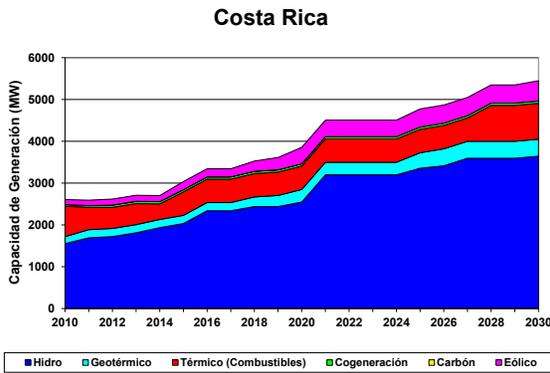
Por otro lado, a pesar de que Costa Rica posee una población más baja que los otros países centroamericanos a excepción de Panamá, al analizar los planes de expansión del resto de países de Centroamérica (Gráfico No. 17), se observa que los mismos no les permitirían alcanzar la capacidad de Costa Rica en los próximos 20 años.

Adicionalmente, es preocupante la gran introducción de proyectos a partir de fuentes fósiles que incrementarán las emisiones de gases de efecto invernadero de la región.

Considerando que las condiciones climatológicas de los países centroamericanos son similares a la de Costa Rica es de esperar que un consumo per cápita de 5000 kWh/persona también pueda ser utilizado para determinar las necesidades máximas de generación regional.

La División de Población de las Naciones Unidas proyecta que en el año 2080 la población de Centroamérica; excluyendo Costa Rica será cercana a los 80 millones de personas, por lo que el resto de la región tendría una demanda máxima de electricidad de 400 TWh equivalentes a casi 13 veces la demanda máxima proyectada para Costa Rica.

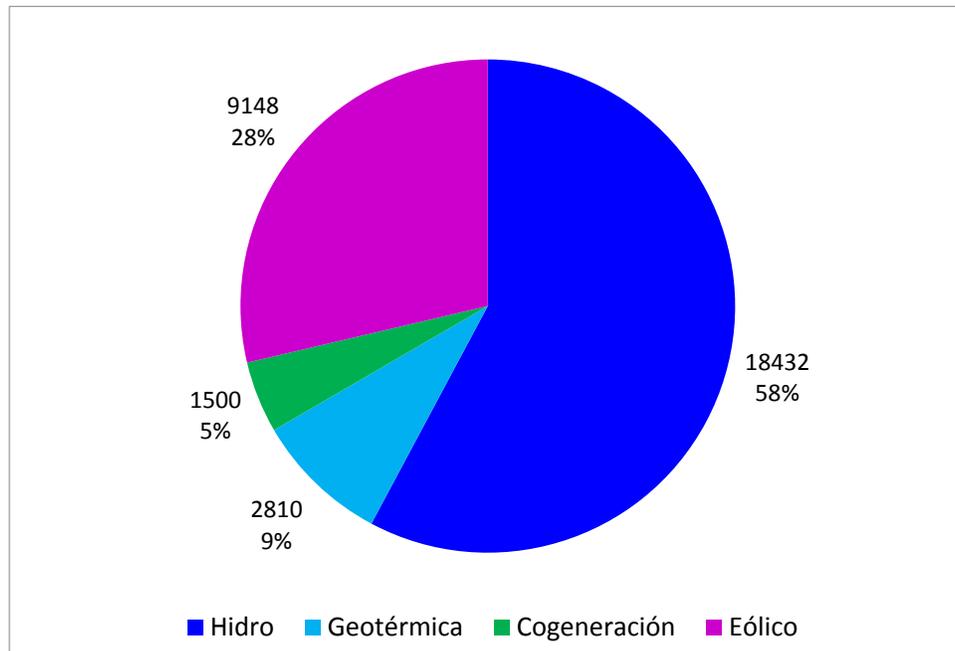
Gráfico No. 17
Proyección de la Capacidad de Generación
de los países de Centroamérica



Fuente: Elaboración propia con datos tomados de los planes de expansión tanto regional como los de cada país de Centroamérica

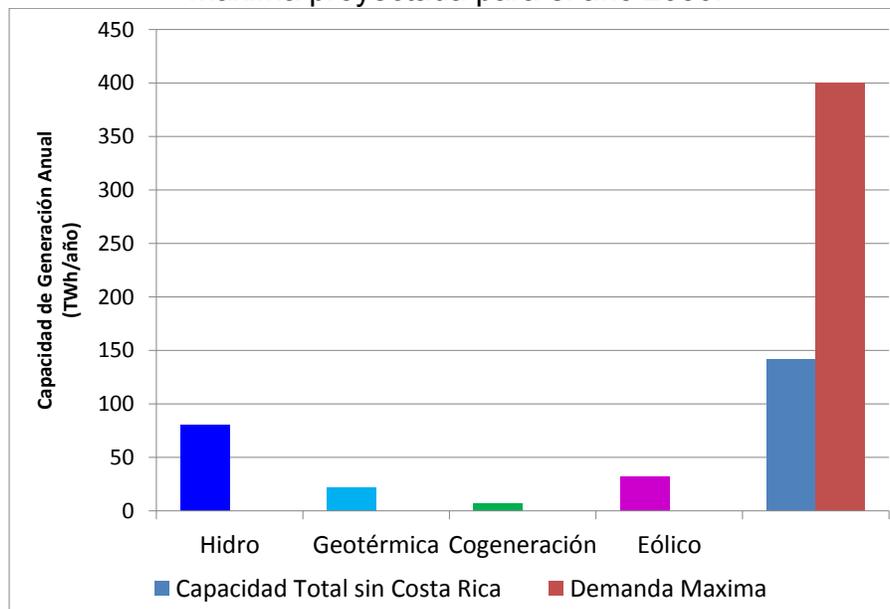
El gran problema que enfrenta el resto de países de la región radica en que a pesar de que el potencial regional de generación eléctrica a partir de fuentes renovables alcanza los 32 000 MW (ver gráfico No. 18), la cantidad de electricidad que es posible generar con este potencial alcanzará para satisfacer apenas el 35% de la demanda máxima proyectada para el año 2080 (ver gráfico No. 19), por lo que es evidente que con el fin de evitar la generación a partir de fuentes fósiles y las emisiones asociadas, será conveniente aprovechar el recurso remanente en Costa Rica identificado en la sección 2.5.

Gráfico No. 18
Potencial de Generación Eléctrica Regional Identificado a partir de Energías Renovables sin considerar Costa Rica



Fuente: Elaboración propia con datos tomados de los planes de expansión tanto regional como los de cada país de Centroamérica

Gráfico No. 19
Capacidad de Generación de Centroamérica excluyendo Costa Rica y demanda máxima proyectada para el año 2080.



Fuente: Elaboración propia con datos tomados de los planes de expansión tanto regional como los de cada país de Centroamérica

2.7 Selección de Cuencas para el análisis del impacto

Por lo anteriormente señalado y con el fin de evaluar los impactos en la generación hidroeléctrica de los efectos asociados al cambio climático es conveniente realizar el análisis considerando dos escenarios:

- 2.7.1 Satisfacción de la demanda nacional
- 2.7.2 Satisfacción de la demanda nacional más exportación a Centroamérica.

Tomando en cuenta la ubicación tanto de las plantas existentes como la de los proyectos potenciales que aparecen en el cuadro No. 10, en el escenario 1 se ha considerado conveniente analizar el comportamiento de las siguientes cuencas hidrográficas:

- Reventazón
- Pacuare
- Parrita
- Naranjo
- Térraba
- Savegre
- San Carlos
- Sixaola
- Matina

La razón por la que se seleccionaron la cuenca del Matina, Sixaola y la del Naranjo es debido al alto potencial existente y que su desarrollo no implica el desarrollo de proyectos en los parques nacionales.

Con respecto al escenario 2, se incluirán el resto de las cuencas remanentes que aparecen en el cuadro No. 10, incluyendo las que se encuentran en parques nacionales.

2.8 Precipitaciones históricas de las cuencas seleccionadas

En el cuadro No. 12 se resumen las precipitaciones promedios de las últimas décadas asociadas a estaciones ubicadas dentro de las cuencas seleccionadas. El análisis de esta información permite observar que las precipitaciones asociadas a las cuencas de los ríos Sixaola, San Carlos y Térraba muestran una disminución en las precipitaciones que difieren en su comportamiento con el resto de las cuencas en donde más bien se observa un aumento.

Cuadro No. 12
Precipitaciones promedio de las cuencas seleccionadas durante las últimas décadas

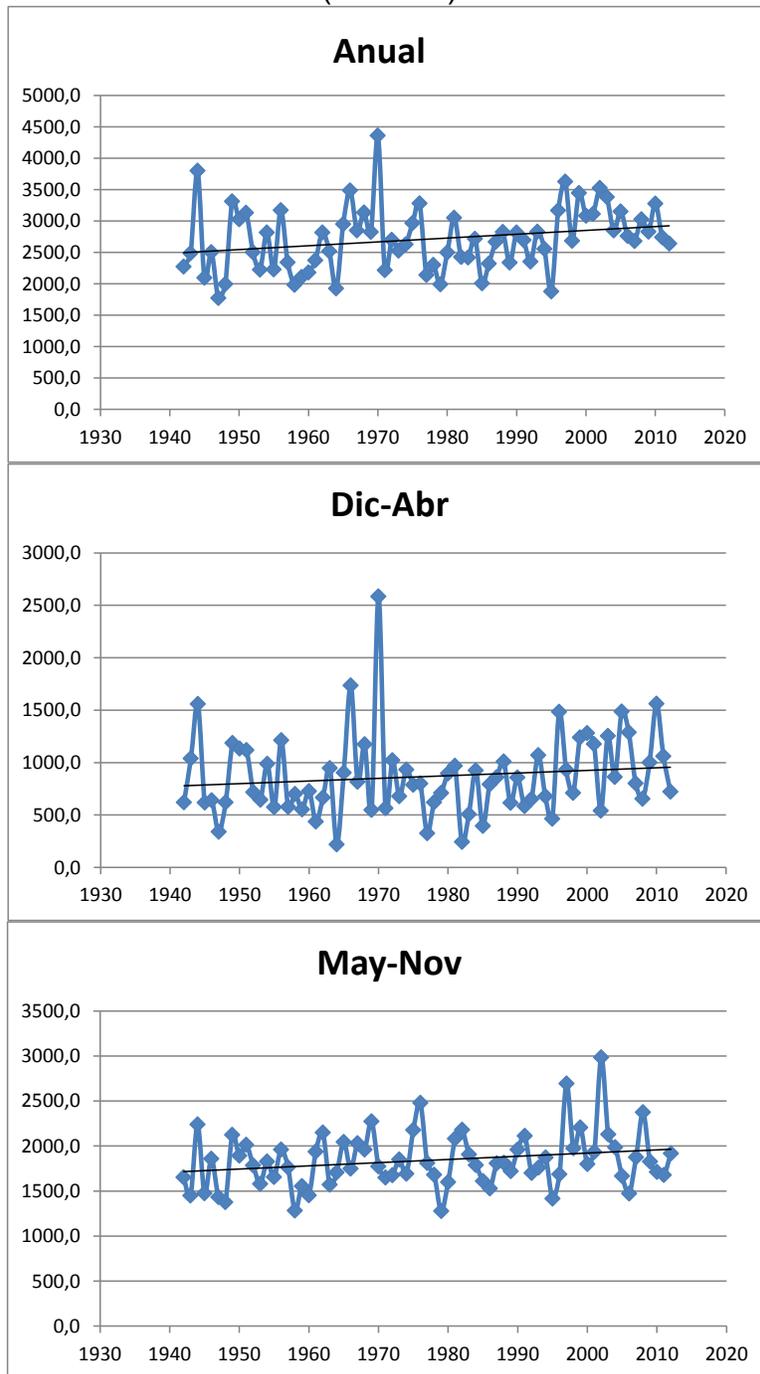
Periodo	San Carlos	Reventazon	Sixaola	Pacuare	Naranjo	Parrita	Térraba
1941-1950	4885	2584					
1951-1960	4470	2468					
1961-1970	4828	2923			3942		
1971-1980	4365	2524		3732	3973	3203	3632
1981-1990	4433	2557	2514	3579	3756	3532	3484
1991-2000	3506	2832	2993	3839	4426	3587	3172
2001-2010	4090	3059	2556	4297	4380	4062	3280

Fuente: Elaboración propia con datos del IMN.

Independientemente de los resultados obtenidos con los modelos predictivos, es conveniente analizar el comportamiento estacional de las cuencas seleccionadas ya que la generación hidroeléctrica varía considerablemente de la época lluviosa a la seca.

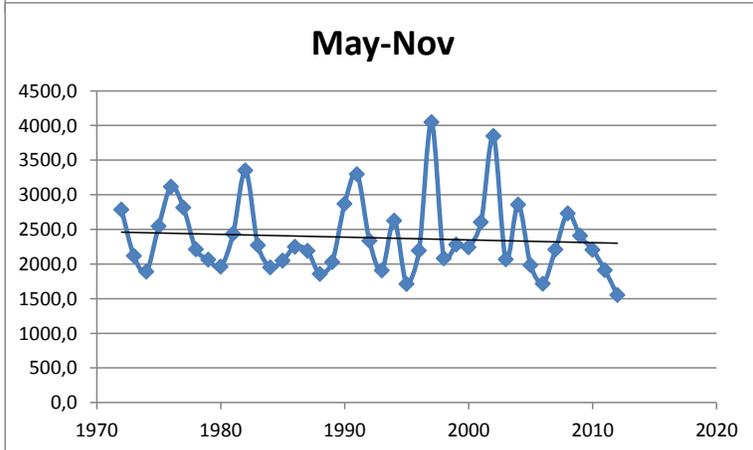
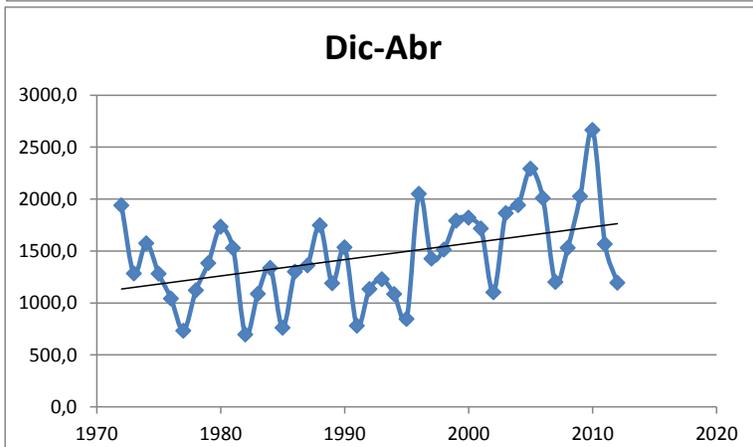
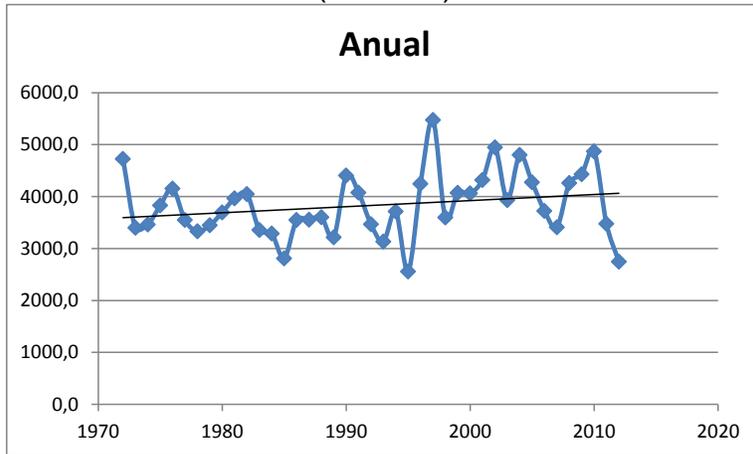
Para esto, en los gráficos No. 20 a 26 a, b y c; se muestra el comportamiento reciente de la precipitación anual de las cuencas seleccionadas, observándose que tanto en la época seca (diciembre a abril) como en la lluviosa (mayo a noviembre), se ha presentado un aumento en las cuencas de los ríos Reventazón, Savegre, Pacuare, Parrita y Sixaola (en menor medida), mientras que en las cuencas de los ríos San Carlos y Térraba, se presentó una reducción tanto en la época seca como en la lluviosa.

Gráfico No. 20 a,b y c
 Precipitación histórica de la cuenca del río Reventazón
 (mm/año)



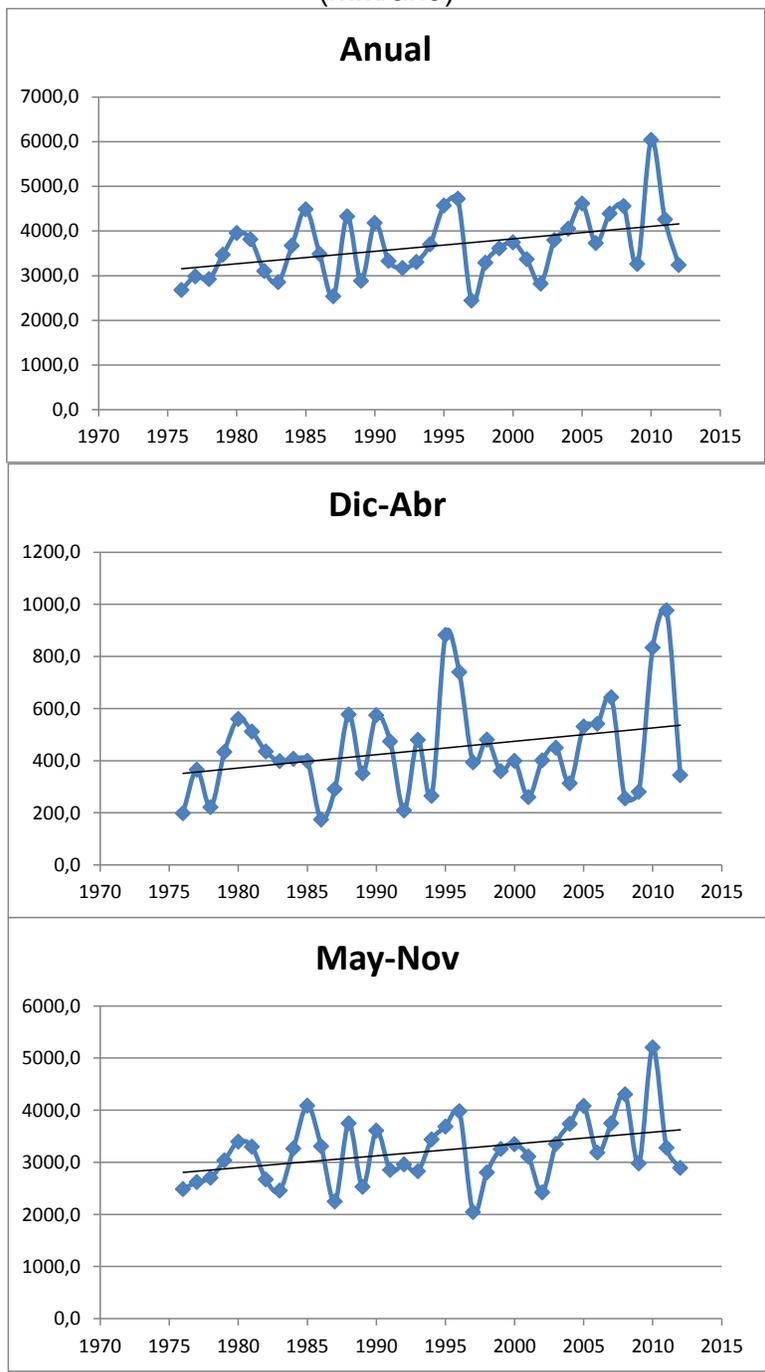
Fuente: Elaboración propia con datos del Instituto Meteorológico Nacional

Gráfico No. 21 a,b y c
 Precipitación histórica de la cuenca del río Pacuare
 (mm/año)



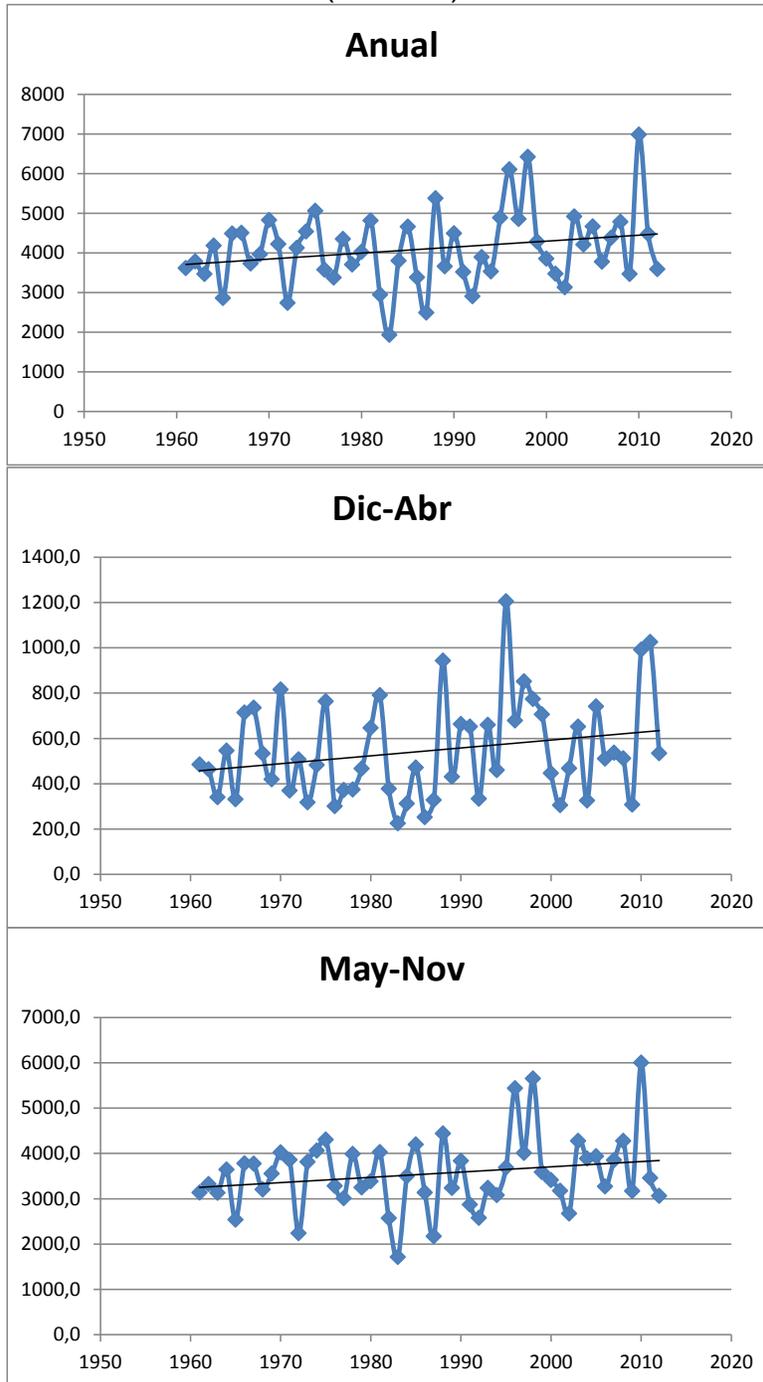
Fuente: Elaboración propia con datos del Instituto Meteorológico Nacional

Gráfico No. 22 a,b y c
 Precipitación histórica de la cuenca del río Parrita
 (mm/año)



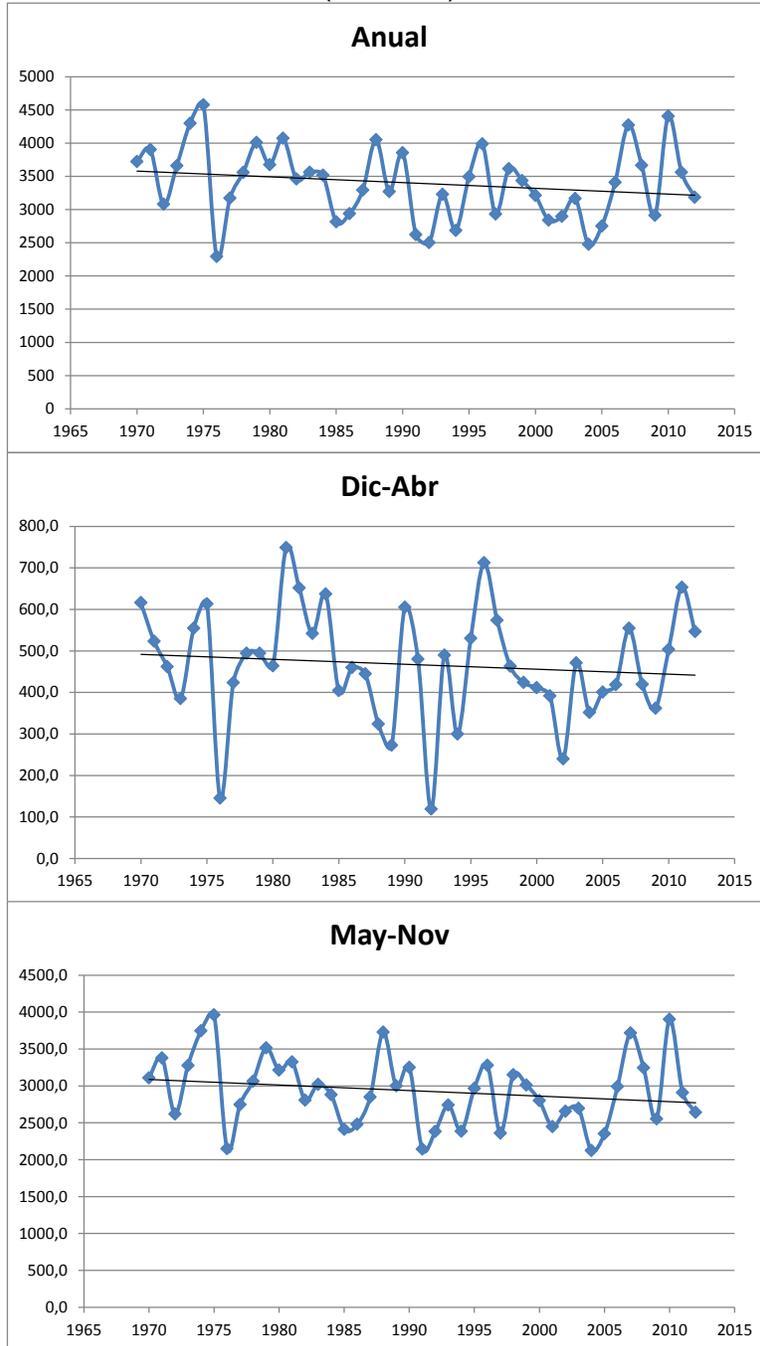
Fuente: Elaboración propia con datos del Instituto Meteorológico Nacional

Gráfico No. 23 a,b y c
 Precipitación histórica de la cuenca del río Naranjo
 (mm/año)



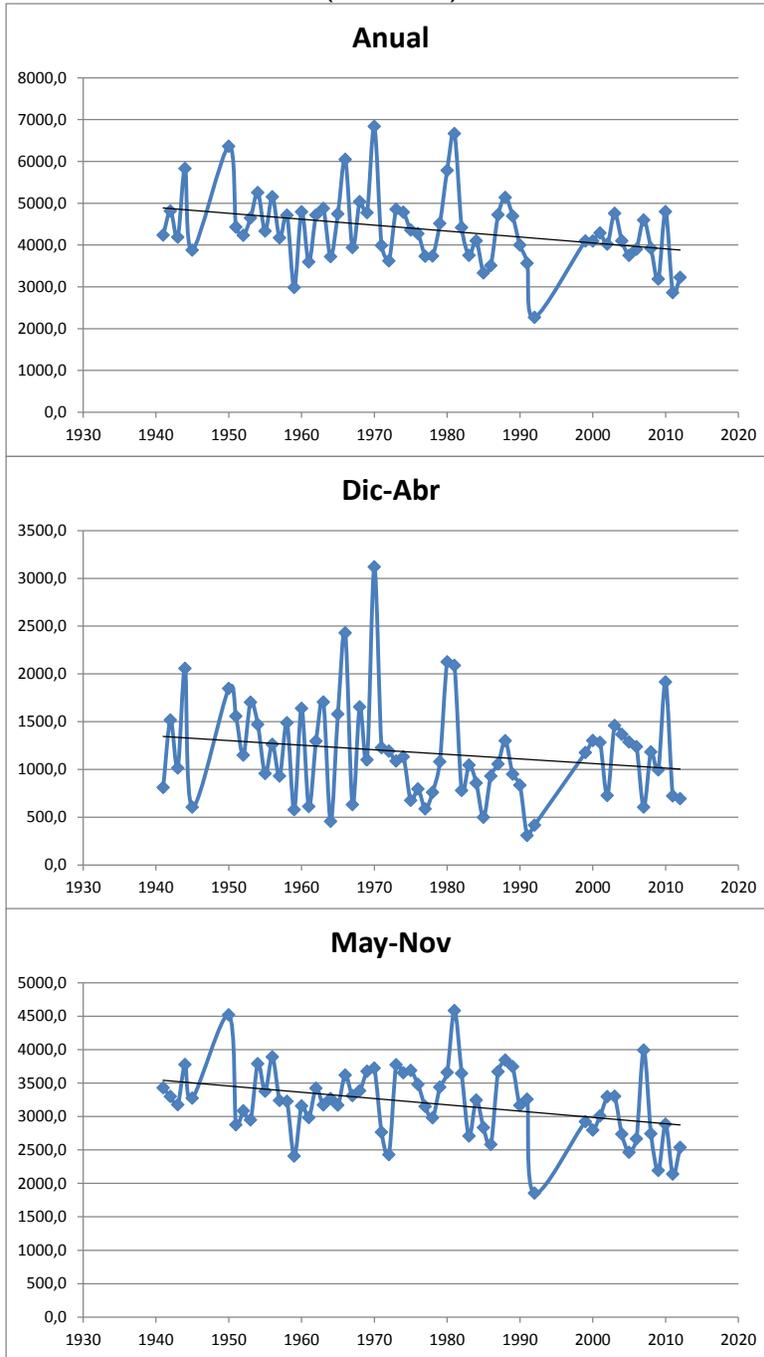
Fuente: Elaboración propia con datos del Instituto Meteorológico Nacional

Gráfico No. 24 a,b y c
 Precipitación histórica de la cuenca del río Térraba
 (mm/año)



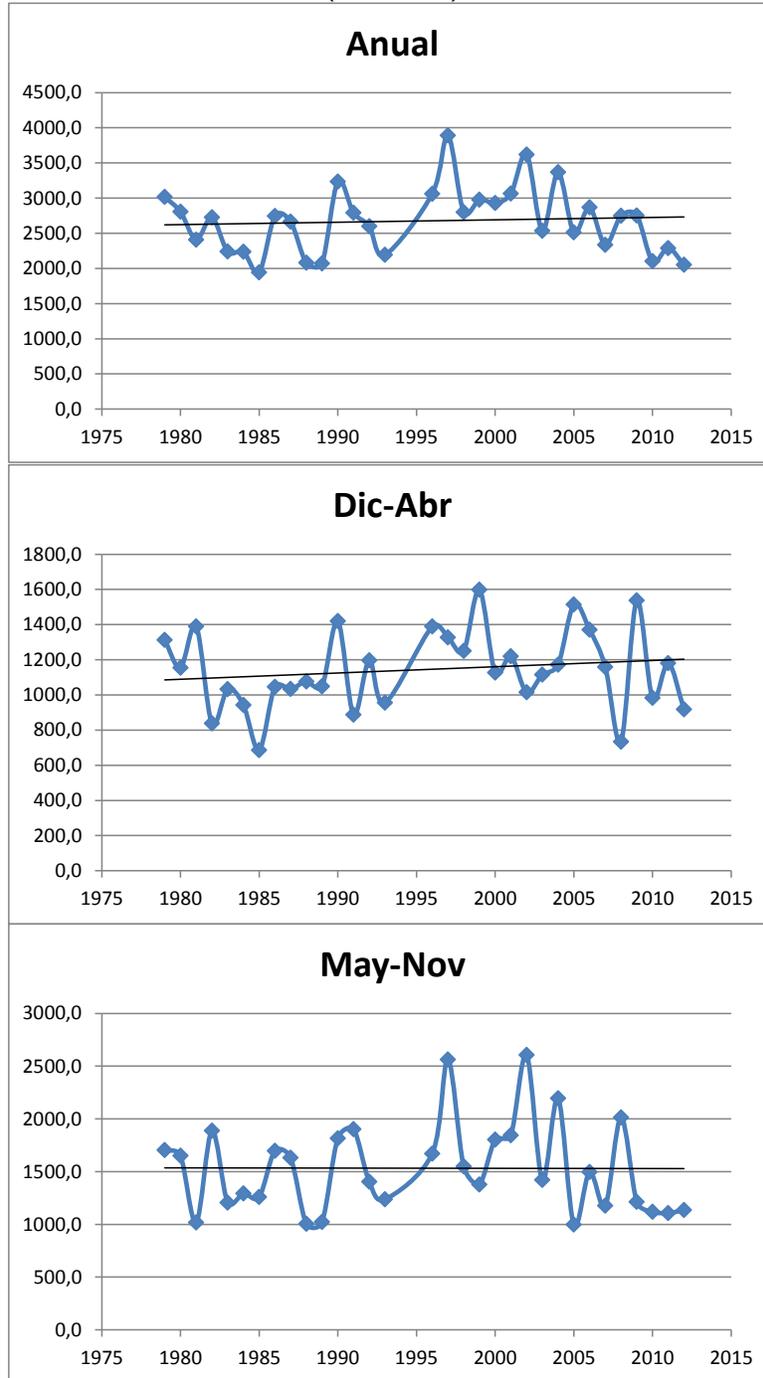
Fuente: Elaboración propia con datos del Instituto Meteorológico Nacional

Gráfico No. 25 a,b y c
 Precipitación histórica de la cuenca del río San Carlos
 (mm/año)



Fuente: Elaboración propia con datos del Instituto Meteorológico Nacional

Gráfico No. 26 a,b y c
 Precipitación histórica de la cuenca del río Sixaola
 (mm/año)



Fuente: Elaboración propia con datos del Instituto Meteorológico Nacional

Al comparar la ubicación de las cuencas (figura No. 11), con el mapa satelital de la cobertura boscosa de Costa Rica (figura No. 12), se observa que existe una correlación entre esta cobertura y el comportamiento de los caudales.

Las cuencas que experimentan un aumento en la precipitación, están ubicadas en regiones con una buena cobertura boscosa, mientras que en las zonas en donde las actividades agrícolas desplazaron al bosque, las precipitaciones disminuyeron tanto en la época seca como en la lluviosa.

Con el fin de descartar una coincidencia, en el anexo No. 2, se ha procedido a analizar adicionalmente el comportamiento de la precipitación de las cuencas de los ríos: Pocosal, Tortuguero, Sarapiquí, Barranca, Tárcoles y Jesús María, las cuales; permiten demostrar que realmente existe correlación, pues incluso en el caso de cuencas vecinas como la del Sarapiquí, Tortuguero y Pocosal, la poca cobertura boscosa que presentan la segunda y tercera, coinciden con una disminución en las precipitaciones.

Figura No. 11
Cuencas Hidrográficas de Costa Rica



Figura No. 12
Cobertura Boscosa de Costa Rica



Fuente: FONAFIFO

Esta situación podría indicar que la opción de mantener y recuperar la cobertura boscosa del país podría mitigar el descenso en las precipitaciones que predicen los modelos de cambio climático.

Sin embargo, para efectos de estimar el impacto económico del cambio climático en la generación eléctrica del país, se utilizará la disminución de los caudales que proyectan los modelos de cambio climático.

2.9 Proyecciones de caudales de las cuencas seleccionadas de Costa Rica

Tal y como se comentó en la sección 2.1, es conveniente que los impactos de los efectos del cambio climático en la generación hidroeléctrica nacional tome en cuenta estimaciones de caudales que utilicen como referencia el escenario de emisiones A1B.

Afortunadamente, se logró contar con las proyecciones hidrológicas disponibles de Hidalgo et al. (2013).

Tal y como se mencionó en la sección 2.7, las cuencas seleccionadas son: Reventazón, Matina, Pacuare, Parrita, Naranjo, Térraba, Savegre, San Carlos y Sixaola.

Los datos de proyecciones de escorrentía fueron calculados para cada una de las cuencas usando los 8 puntos de la rejilla más cercanos y pesados inversamente de acuerdo con la distancia.

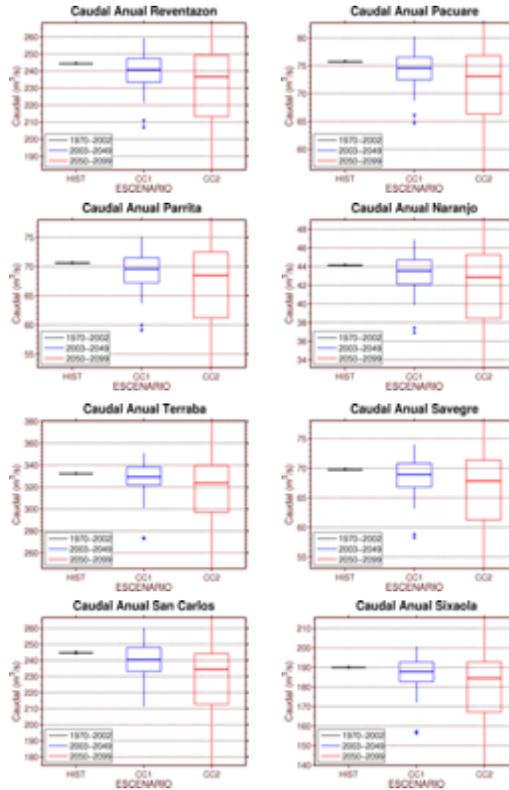
Para evitar sesgos relacionados con el procedimiento utilizado, en los modelos y en las bases de datos, los promedios de las escorrentías anuales de 1970 a 2002 fueron ajustadas a los valores obtenidos de UNESCO (2007). Por consiguiente 1970 a 2002 es el período base.

Las escorrentías fueron multiplicadas por las áreas de las cuencas obtenidas del mismo informe. Se asume aquí (a falta de más información) que toda el área de la cuenca es efectiva en producir caudal.

En la Figura 13 se muestran los caudales anuales para tres escenarios: el base (1970 a 2002), el de cambio climático a mediano plazo o CC1 (2003 a 2049) y el de cambio climático a largo plazo o CC1 (2050-2099). Como se puede ver la mediana de estas proyecciones y en general la forma de la distribución sugieren un futuro más seco para estas cuencas, (aunque algunos modelos proyectan condiciones más húmedas).

Para poder hacer un estudio más detallado de las proyecciones es necesario evaluar la producción de energía eléctrica para los 30 modelos (ya que la relación entre caudales y producción es no-lineal), lo cual será parte del informe final de esta consultoría.

Figura No. 13
Caudales anuales (m^3/s) para condiciones históricas y proyecciones de cambio climático para dos horizontes a mitad y final del siglo XXI



Fuente: Elaboración propia con base en datos de Hidalgo et al. (2013) y UNESCO (2007).

2.10 Energía y cambio climático

El proyecto ECCCA (Economía del cambio climático en Centroamérica) incluyó la elaboración de un estudio sectorial del sector energía, el cual fue elaborado y coordinado por la Unidad de Energía y Recursos Naturales (UERN) de la sede Subregional de la CEPAL en México. El señor Víctor Hugo Ventura, Jefe de la Unidad referida, esbozó los principales aspectos y resultados de la evaluación, los cuales se resumen a continuación:

- Se construyeron escenarios y líneas evolutivas de muy largo plazo para el desarrollo energético de los siete países que conforman el Istmo Centroamericano. En la formación de dichas líneas evolutivas se consideraron dos sub períodos. El primero, 2010–2020 (2023) se ha evaluado a partir de las prospectivas energéticas nacionales y los estudios

regionales existentes. En el caso del subsector eléctrico se han utilizado los estudios de planificación indicativa que realiza el Consejo de Electrificación de América Central (CEAC). En los otros subsectores, la CEPAL elaboró recientemente los estudios prospectivos que sirvieron de base para la Estrategia Energética Sustentable Centroamericana 2020 (Estrategia 2020).

- Para el segundo sub período (2021-2100) las líneas evolutivas se han construido en el contexto de los tres escenarios económicos discutidos y aprobados dentro del proyecto ECCCA. Para la modelación del suministro y balance energético se ha utilizado la herramienta LEAP (Long-Range Energy Alternatives Planning System).
- El escenario energético base (o línea evolutiva básica) no representa lo que tradicionalmente se conoce como business as usual, dado que ya ha tomado en cuenta las respuestas iniciales de los agentes y las políticas y medidas que han adoptado los gobiernos desde el año 2004 ante la situación de altos precios del petróleo y sus derivados.
- Los crecimientos estimados para el consumo de energía en la región en el período 2010-2100 son de 2,6%, 3,2% y 3,9% respectivamente, para los tres escenarios macroeconómicos considerados en el estudio (bajo, medio y alto). En términos del consumo inicial (2010) al final del período, la demanda de energía se triplica, quintuplica o se multiplica por 10 en cada uno de los tres escenarios en referencia. En términos per cápita, de un consumo inicial (2010) promedio en la subregión es 5,2 bep per cápita, al final del período (2100) dicho consumo se duplica, triplica o quintuplica en cada uno de los escenarios referidos. El menor ritmo de crecimiento del consumo energético per cápita en comparación con el PIB es el resultado de una reducción en los consumos de leña, una mayor utilización de energías modernas y mejoras tecnológicas que reducen la intensidad energética en todos los sectores de consumo. Por países, las diferencias son muy marcadas. Por ejemplo, en el escenario base, al final del período de estudio Belice, Panamá y Costa Rica tienen consumos per cápita entre dos y tres veces más altos que los otros países de la subregión, lo cual guarda concordancia con las diferencias del ingreso per cápita (que, de acuerdo a los supuestos macroeconómicos, se acrecentarán durante el período de estudio).
- En cuanto a la oferta energética, la dependencia externa es una característica en el balance energético de todos los países de la subregión, situación que se acentúa conforme empiezan a agotarse las fuentes autóctonas de energía. Este estudio muestra esa situación, especialmente a partir de la cuarta década del presente siglo.
- El consumo de biomasa como fuente tradicional en los hogares se reduce drásticamente durante las primeras décadas del período de estudio, lo cual

está en concordancia con los planes nacionales de desarrollo, con la Estrategia 2020 y los principales consensos internacionales, como los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM). La biomasa permanece como insumo en procesos industriales de cogeneración y puede tener un papel importante en las matrices energéticas de los países.

- El proceso de urbanización es un factor determinante en el consumo de energía y en la reducción de la dependencia de las fuentes tradicionales de energía como la leña y los residuos vegetales. La urbanización aumentará el grado de dependencia del consumo final de la electricidad y de los derivados de petróleo, estos últimos principalmente para satisfacer las necesidades de transporte terrestre de pasajeros y carga. Esa situación ha sido considerada en los escenarios.
- La energía hidráulica constituye la fuente energética autóctona más importante para la generación de electricidad. La subregión cuenta con un potencial total de 22.000 MW, de los cuales hasta la fecha se han explotado sólo un 17%. Esta evaluación ha considerado una expansión fuerte durante las primeras décadas y más lenta a partir de la mitad del presente siglo, hasta llegar a un aprovechamiento del 50% del potencial hidroeléctrico identificado. Puede considerarse una posición conservadora, sin embargo debe tenerse en cuenta la creciente oposición social a este tipo de desarrollos.
- El recurso que se verá más afectado es el hídrico, tanto por una probable reducción de las precipitaciones, como por la mayor variabilidad de la lluvia. Los resultados de cuatro modelos regionales de clima y tres escenarios analizados permiten visualizar una tendencia a la reducción de las lluvias, con mayor afectación en los cinco países ubicados en la parte norte del istmo. De igual forma se visualiza que las reducciones se acentúan en la segunda mitad del presente siglo. Los resultados anteriores no pueden considerarse como negativos para los desarrolladores de proyectos hidroeléctricos en el sentido que posible merma de los aportes hídricos no debe reducir los beneficios de los proyectos, por lo menos en el inmediato largo plazo (20–30 años).
- A partir de los resultados del escenario base y con el apoyo de la herramienta LEAP se evaluaron varias estrategias de mitigación. En cuanto a costos del cambio climático en el sector energía únicamente se han considerado los asociados a una disminución en la producción hidroeléctrica, derivado de la disminución y mayor variabilidad de los regímenes de lluvias. La hidroenergía constituye el principal recurso energético autóctono moderno con que cuentan los países, cuya disponibilidad puede verse severamente afectada como resultado del cambio climático.

- Las fuentes renovables de energía (FRE) y los programas e iniciativa de eficiencia energética (EE) tienen un alto potencial para la mitigación de GEI y reducción de la utilización de combustibles fósiles y las emisiones de GEI asociadas. Todos los planes nacionales de la industria eléctrica contemplan una mayor utilización de las FRE, sin embargo es necesario realizar evaluaciones y ajustes periódicos para garantizar el avance y la sostenibilidad en el desarrollo de las FRE. Esa recomendación también se aplica en el caso de los programas de EE, en los cuales se deberá reforzar la institucionalidad y gobernabilidad.
- En materia de transporte y cambio climático la región debe avanzar simultáneamente en diversos frentes, entre ellos el establecimiento de políticas que contribuyan a mejorar la eficiencia del transporte (reducción de tiempos y del costo y consumo energético de los recorridos) y privilegien los modos de transporte menos contaminantes y más eficientes desde el punto de vista energético.

2.11 Situación actual del sistema de transmisión.

Nuestro sistema de transmisión ha ido evolucionando, tanto desde el punto de vista del voltaje de transmisión, como desde el punto de vista de la longitud de las líneas, de tal que para el 2011 se tenía la situación mostrada en el mapa adjunto.

El sistema de transmisión ha ido pasando de un sistema netamente radial a un sistema anillado, con lo cual el nivel de confiabilidad a aumentado y el sistema se ha vuelto más robusto ante contingencias o eventos de gran magnitud.

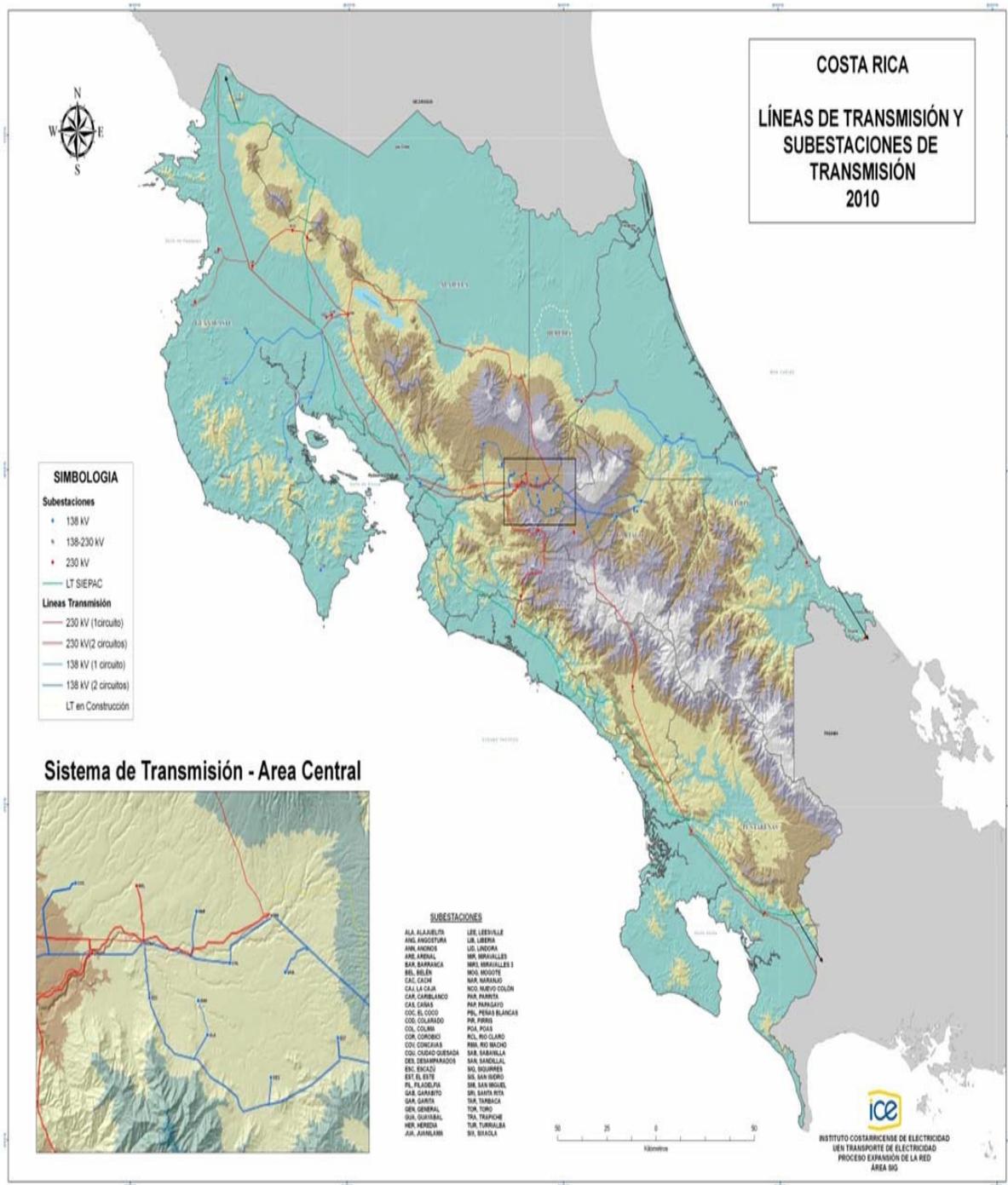
Al existir muy baja probabilidad de tener eventos provocados por grupos rebeldes o por incidentes no naturales, sólo se deben enfrentar eventos de índole técnico, como pueden ser oscilaciones de baja frecuencia, pérdida de estabilidad por cortocircuitos o por problemas de selectividad en el sistema de protecciones.

Sin embargo, según el registro que se lleva a nivel nacional, de la aparición de este tipo de eventos, su frecuencia de aparición ha disminuido notablemente, pues la mayoría de las salidas que se reportan a nivel regional son debidas al sistema de distribución.

Tal y como se observa en la figura No. 14 el Sistema Nacional Interconectado

(SNI) abarca el 100 % del territorio nacional, de tal forma que desde hace ya más de 15 años, desaparecieron los sistemas aislados.

Figura No. 14
Sistema Nacional Interconectado



Las figuras No. 15 y 16 muestran los datos técnicos y en el nivel de carga con que operaron las líneas de transmisión durante el día de máxima demanda del año 2011, que se dio en marzo y que fue de 1545 MW.

Debe tenerse en cuenta que el trasiego de potencia por medio de las líneas de transmisión, es un actividad que se da en tiempo real y es por esa razón que se prefiere dar para la condición de máxima demanda de potencia. El nivel de carga trasegada se da en p.u. usando como base de referencia el voltaje de transmisión al cual opera la línea.

El hecho de que se tengan líneas de 230 kV con mayor longitud que aquellas de 138 kV, ha permitido reducir las pérdidas por transmisión y conectarse al SIEPAC con más de 450 km de línea a 230 kV.

Cabe agregar que por el territorio de nuestro país y por las distancias entre subestaciones, no se vislumbra que en nuestro medio se llegue a la necesidad de tener que construir líneas de voltajes superiores a los ya existente, pero lo que sí pasará de seguro, es que al requerirse nuevas líneas como parte integral de los nuevos proyectos de generación, aumentará la longitud de las líneas de 230 kV y hasta podría ser necesario transformar algunas líneas de 138 kV a 230 kV, de tal forma que su capacidad de trasiego de potencia se aumente y los anillos de 230 kV aumenten también la confiabilidad del sistema.

Como parte del sistema de transmisión, el país cuenta al 2011, con 41 subestaciones eléctricas (SE), cuya capacidad total es de 7606 MVA, siendo 2633 MVA como SE elevadoras y 3494 mVA como SE reductoras.

Al construirse nuevas plantas hidroeléctricas con el fin de satisfacer la demanda por potencia y por energía y mantener el alto índice de presencia de las energías renovables en la matriz energética, se deberán construirse nuevas líneas eléctricas, pues por la ubicación de las cuencas hidrológicas, el consumo local es totalmente marginal.

El costo de estas líneas en ningún caso, llegará a significar más del 5 % del costo total del proyecto, aun cuando deba lidiarse con la obtención de los permisos de paso respectivos. La inyección de potencia en estos nuevos nudos, fortalecerá los eventuales puntos débiles que operativamente, pueda tener actualmente el sistema de transmisión.

Figura No. 15

TABLA 1. DATOS TECNICOS Y OPERATIVOS DE LAS LINEAS DE TRANSMISION DE 138 KV

IDENT. LINEA	SALE DE	LLEGA A	VOLT. OPERAC. [KV]	CAP. NOM. LÍNEA			LONG. KM	NIVEL DE CARGA ACTUAL [%]
				FASE A	FASE B	FASE C		
53154	SAN MIGUEL	COLIMA	138	138	138	287	5,4	0,00365
53154	SAN MIGUEL	COLIMA	138	138	138	287	5,4	0,00365
53154	SAN MIGUEL	SADAMILLA	138	138	138	287	7,2	0,00487
53154	SAN MIGUEL	CACHI	138	138	138	229	36,5	0,02476
53284	GARITA	MARANJO	138	65	65	72	17,35	0,01851
53284	GARITA	EL COCO	138	118	118	131	19,22	0,01926
53284	GARITA	POAS	138	168	168	168	17,1	0,01853
53254	MARANJO	POAS	138	184	184	184	15,88	0,00333
53354	ESCAZU	DESAMPARADOS	138	138	138	287	16,68	0,01132
53484	DESAMPARADOS	ESTE	138	138	138	287	18,42	0,00786
53454	ALAJUELITA	AMOMOS	138	184	184	184	2,38	0,00145
53454	ALAJUELITA	CONCAVAS	138	138	138	287	34,15	0,02314
53554	ESTE	RIO MACHO	138	138	138	287	26,88	0,01765
53684	HEREDIA	COLIMA	138	118	118	134	6,74	0,00456
53784	SADAMILLA	CACHI	138	138	138	287	35,5	0,02486
53754	CONCAVAS	HOLCIN	138	48	48	48	1,37	0,0003
53754	CONCAVAS	RIO MACHO	138	138	138	287	8,52	0,00577
53754	CONCAVAS	ANGOSTURA	138	248	248	272	32,68	0,02178
53854	RIO MACHO	CACHI	138	238	238	327	14,55	0,01283
54154	LA JOYA	CACHI	138	118	118	118	7,74	0,00484
58884	CACHI	TURRIALDA	138	138	138	231	3,66	0,00653
58884	CACHI	ANGOSTURA	138	138	138	231	15,33	0,01841
58854	TURRIALDA	ANGOSTURA	138	138	138	231	5,73	0,00387
58184	ANGOSTURA	TRAPICHE	138	165	165	183	24,73	0,01538
58154	TRAPICHE	LEESVILLE	138	188	188	115	31,38	0,02887
58154	TRAPICHE	SIQUIRRES	138	165	165	183	8,88	0,00785
58254	SIQUIRRES	MOIN	138	165	165	183	44,82	0,03834
58854	CAÑAS	COLORADO	138	65	65	65	23,76	0,0144
58854	CAÑAS	FILADELPIA	138	65	65	63	43,1	0,02627
58354	BARRANCA	JUANILAMA	138	115	115	115	6,36	0,00334
58454	COLORADO	CEMPASA	138	65	65	63	3,3	0,002
58454	COLORADO	SANTA RITA	138	65	65	63	32,48	0,02855
58584	GUAYADAL	FILADELPIA	138	65	65	63	28,4	0,0174
53884	CAJA	SAN ANTONIO	138	128	128	128	8,5	0,00834
53884	CAJA	GARITA	138	118	118	131	22,15	0,01748
53884	CAJA	EL COCO	138	118	118	131	15,38	0,01188
53884	CAJA	ESCAZU	138	138	138	287	3,61	0,00245
53884	CAJA	ALAJUELITA	138	138	138	287	12,86	0,00818
53884	CAJA	HEREDIA	138	118	118	134	7,51	0,00588
53884	CAJA	CALIMA	138	118	118	134	8,41	0,00563
LONGITUD TOTAL DE LAS LINEAS DE 138 KV							668,73	

Figura No. 16

TABLA 2. DATOS TECNICOS Y OPERATIVOS DE LAS LINEAS DE TRANSMISION DE 230 KV

ENT. LINEA	SALE DE	LLEGA A	VOLT. OPERAC. [KV]	CAP. NOM. LINEA			LONG. KM	NIVEL DE CARGA ACTUAL [%]
				FASE A	FASE B	FASE C		
4400	FRONTERA NORTE	LIDERIA	230	230	230	374	70,56	0,1304
4412	FRONTERA NORTE	CAÑAS	230	374	374	374	123,51	0,23641
5000	FRONT. SUR PRO	RIO CLARO	230	200	200	251	30	0,054
5400	FRONT. CHANGUINOLA	CANUITA	230	250	250	250	45	0,07304
6500	FRONTERA SUR VEL.	RIO CLARO	230	374	374	374	22,66	0,0449
50000	LIDERIA	CAÑAS	230	300	300	353	41,37	0,07636
50000	LIDERIA	CAÑAS	230	240	240	300	20,06	0,03633
50000	LIDERIA	PAPAGAYO	230	173	173	173	23,0	0,04313
50050	CAÑAS	CORODICI	230	350	350	300	7,50	0,01372
50050	CAÑAS	GARABITO	230	465	465	510	60,1	0,14735
50050	CAÑAS	PARRITA	230	374	374	374	150,32	0,2301
50100	CORODICI	SANDILLAL	230	40	40	40	3,14	0,0054
50100	CORODICI	ARENAL	230	350	350	300	3,3	0,01735
50200	ARENAL	MIRAVALLS	230	240	240	307	35,62	0,06136
50200	ARENAL	PEÑAS BLANCAS	230	300	300	300	64,66	0,1534
50200	ARENAL	GARABITO	230	330	330	330	56,31	0,10514
50200	ARENAL	LINDORA	230	303	303	405	120	0,22202
50250	MIRAVALLS	MISIONES	230	143	143	143	2,3	0,00404
50250	MIRAVALLS	MOGOTE	230	240	240	233	0,25	0,01440
50300	MOGOTE	PAILAS	230	240	240	233	10,30	0,03246
50350	DARRANCA	GARABITO	230	550	550	550	7,31	0,01327
50350	DARRANCA	LINDORA	230	400	400	510	50,2	0,14273
50300	MOIH	CACHI	230	253	253	253	49,06	0,07727
54500	GENERAL	LEESVILLE	230	513	513	574	21,05	0,05010
56000	SAN ISIDRO	PALMARES	230	200	200	251	55,21	0,10167
56050	RIO CLARO	PALMARES	230	200	200	251	43,36	0,08030
56050	RIO CLARO	PALMARES	230	374	374	374	50,74	0,09262
50650	CIUDAD QUESADA	VEHECIA	230	400	400	470	22,01	0,05237
50650	CIUDAD QUESADA	PEÑAS BLANCAS	230	400	400	470	17,66	0,04165
50700	TORO	VEHECIA	230	400	400	470	7,73	0,0104
50700	TORO	CARIBLANCO	230	400	400	470	0,34	0,0130
50300	GARABITO	CAJA	230	303	303	405	72,77	0,13432
50350	CARIBLANCO	SAN MIGUEL	230	400	400	470	40,21	0,0950
51200	PAPAGAYO	NICOYA	230	173	173	173	20,33	0,05137
53000	CAJA	LINDORA	230	303	303	405	5,6	0,01034
53000	CAJA	LINDORA	230	300	300	406	6,2	0,02027
53000	CAJA	DELEN	230	300	300	302	4,12	0,01571
53000	CAJA	DELEN	230	300	300	302	3,07	0,00754
53050	RIO MACHO	TERRADA	230	340	363	363	15,32	0,02770
53050	RIO MACHO	SAN ISIDRO	230	200	200	250	57,75	0,10122
53300	TARDACA	PARRITA	230	343	343	343	42,55	0,07625
53300	TARDACA	PARRITA	230	343	343	343	33	0,05304
54000	PARRITA	PARRIS	230	343	343	343	3,55	0,01712
53050	LINDORA	SAN MIGUEL	230	300	300	406	13,26	0,03432
53050	LINDORA	SAN MIGUEL	230	300	300	406	13,26	0,03421
53050	LINDORA	TARDACA	230	343	343	300	33	0,05306
53050	LINDORA	TARDACA	230	343	343	300	33	0,05104
53150	SAN MIGUEL	TERRADA	230	340	340	363	35,26	0,06367
53050	RIO MACHO	MOIH	230	450	450	450	107,63	0,25064
LONGITUD TOTAL DE LAS LINEAS DE 230 KV							1030,13	

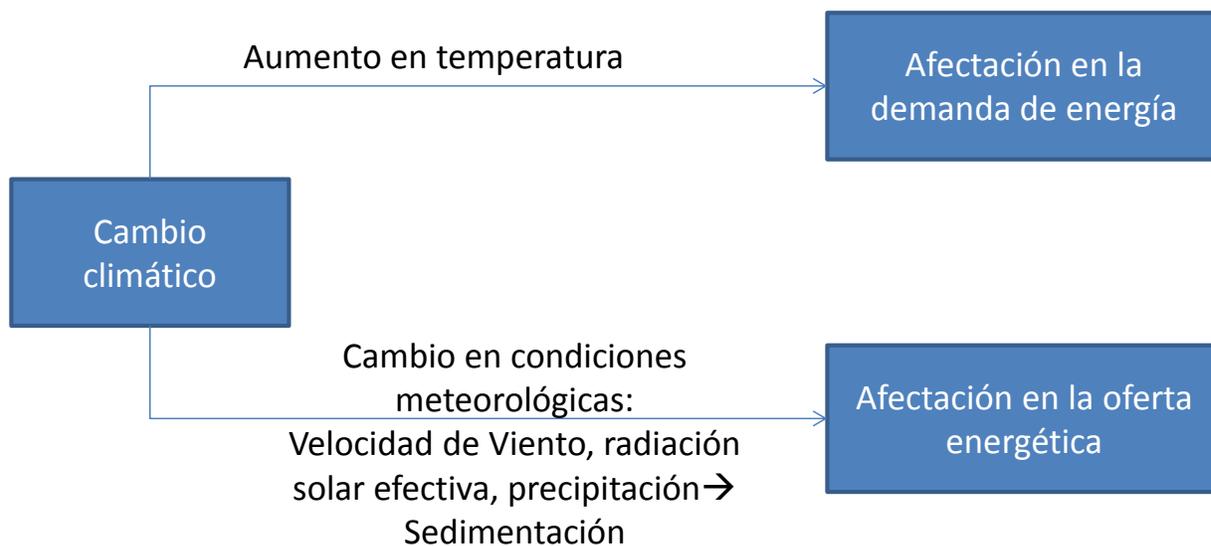
3 IMPACTO DEL CAMBIO CLIMATICO EN EL SECTOR ENERGETICO NACIONAL

Tal y como se observa en la figura No. 17, el cambio climático afectará al sector eléctrico nacional de dos formas:

1. Afectando la demanda: el aumento en la temperatura puede provocar un cambio en los hábitos de consumo de energía de los costarricenses.
2. Afectando la oferta: el aumento en la temperatura podría provocar cambios en las condiciones meteorológicas que a su vez podrían generar variaciones en los caudales máximos de los ríos.

Por esta razón, es conveniente analizar el impacto que podría provocar el cambio climático en cada uno de los subsectores energéticos.

Figura No. 17
Impacto del Cambio Climático en el sector eléctrico



3.1 Demanda Energética

Es de esperar que los incrementos en la temperatura provocados por el cambio climático afecten el consumo de energía. Las principales afectaciones esperadas se observan en el cuadro No. 13 e incluyen un incremento en el uso de aires acondicionados, un aumento en el consumo eléctrico de refrigeradoras, una reducción en el consumo eléctrico para calentamiento de agua, mayor demanda eléctrica por la instalación de piscinas y un incremento en el consumo eléctrico industrial asociado a los equipos de los sistemas de refrigeración y de agua de enfriamiento.

Estas variaciones podrían provocar una reducción en el consumo eléctrico en el periodo valle que afectaría el sistema eléctrico nacional ya que aumentaría el desbalance entre el sector pico y el resto. Este desbalance afectaría los factores de planta de las centrales de generación.

Considerando que OLADE ha estimado que el calentamiento global podría incrementar el consumo de electricidad 0,05% anualmente¹, para determinar la afectación del cambio climático en la generación hidroeléctrica nacional, se debe considerar este aumento en la demanda nacional de electricidad.

¹ OLADE “VULNERABILIDAD AL CAMBIO CLIMÁTICO DE LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN HIDROELÉCTRICA EN CENTROAMÉRICA Y SUS OPCIONES DE ADAPTACIÓN”, COMPONENTE 4: ANÁLISIS DE BENEFICIOS Y COSTOS DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO, 2013

Cuadro No. 13

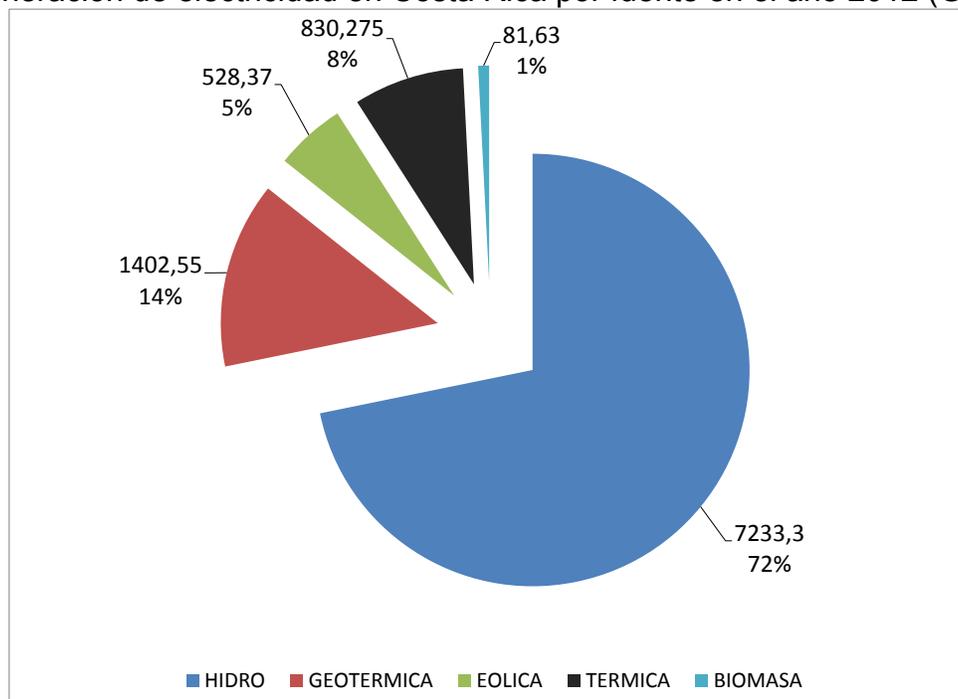
Efectos en la demanda de electricidad provocados por el Cambio Climático

Efecto Directo	Efectos Indirectos	Impacto estimado
<ul style="list-style-type: none"> Incremento en el uso de aires acondicionados 	<ul style="list-style-type: none"> Aumento en el consumo eléctrico durante horas del día Cambios en la curva diaria de carga favoreciendo generación eléctrica en horas pico Incremento en la generación térmica 	<ul style="list-style-type: none"> 100 MW adicionales por cada 100 mil aires nuevos instalados
<ul style="list-style-type: none"> Incremento en consumo eléctrico de refrigeradores 	<ul style="list-style-type: none"> Aumento en el consumo eléctrico durante horas del día Cambios en la curva diaria de carga favoreciendo generación eléctrica en horas pico Incremento en la generación térmica 	<ul style="list-style-type: none"> 30 a 60 GWh/año adicionales por cada 1°C de aumento en la temperatura ambiente. 14 a 28 MW adicionales por cada 1°C
<ul style="list-style-type: none"> Disminución en el consumo eléctrico de calentadores de agua 	<ul style="list-style-type: none"> Disminución en el consumo eléctrico durante periodo valle y nocturno Cambios en la curva diaria de carga aumentando la diferencia entre el consumo en periodo pico y el resto (valle y nocturno) Incremento en la generación térmica 	<ul style="list-style-type: none"> 30 a 60 GWh/año menos por cada 1°C de aumento en la temperatura ambiente.
<ul style="list-style-type: none"> Incremento en el consumo eléctrico por instalación de piscinas con sistemas de bombeo 	<ul style="list-style-type: none"> Posible aumento en el consumo eléctrico durante todo el día 	<ul style="list-style-type: none"> Menos de 8 MW por cada 10000 piscinas instaladas.
<ul style="list-style-type: none"> Incremento en el consumo eléctrico de los equipos de enfriamiento industriales 	<ul style="list-style-type: none"> Aumento en el consumo eléctrico Cambios en la curva diaria de carga favoreciendo generación eléctrica en horas pico Incremento en la generación térmica 	<ul style="list-style-type: none"> Un 1% de aumento en el consumo eléctrico industrial

3.2 Oferta Energética

El gráfico No. 27 permite demostrar que el 72% de la electricidad producida en el año 2012 se obtuvo a partir de la energía hidráulica, un 14% por medio de la geotermia un 5% a partir de la energía eólica, un 1% por medio de la combustión de la biomasa y un 8% mediante el uso de combustibles.

Gráfico No. 27
Generación de electricidad en Costa Rica por fuente en el año 2012 (GWh)



Fuente: Elaboración propia con datos de CEPAL: Estadísticas del Subsector Eléctrico 2012.

Tomando en cuenta que anteriormente se mencionó que el aumento en las temperaturas podría afectar las condiciones meteorológicas nacionales, es conveniente analizar el impacto que podría generar en cada una de las fuentes utilizadas en la generación eléctrica nacional.

3.2.1 Energía Hidráulica

En la sección 2.4 se estableció que el consumo máximo de electricidad de Costa Rica podría alcanzar los 31 000 GWH/año y que para cubrir esta demanda será necesario recurrir a la generación hidroeléctrica que podría obtenerse utilizando las cuencas asociadas a los ríos:

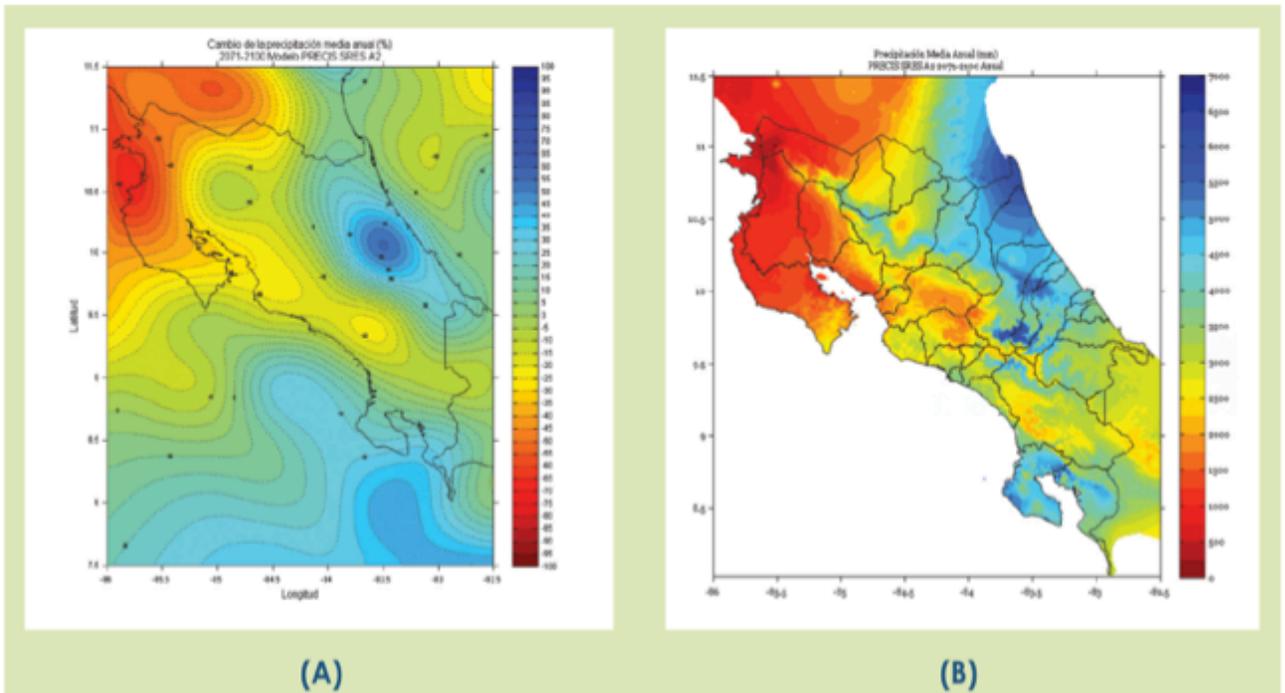
- Reventazón
- Pacuare
- Parrita
- Naranjo
- Térraba
- Savegre
- San Carlos
- Sixaola
- Matina

Tal y como se mencionó anteriormente, Alvarado et al. (2012) incluyeron proyecciones del clima usando el modelo PRECIS con el modelo HadCM3 (Figura No. 18). Las proyecciones sugirieron condiciones más secas en el Pacífico Norte y condiciones más húmedas en el Caribe Central a finales del siglo XXI. Sin embargo; los cambios sugeridos por estas proyecciones son bastante fuertes y además, utilizan como referencia el Escenario A2, el cual se basa en supuestos que no están reflejando adecuadamente el comportamiento actual del consumo de fuentes fósiles, del aumento en la población mundial y del comportamiento de las emisiones asociadas a los combustibles fósiles.

Este estudio también proyectó los cambios estacionales que se estarían percibiendo en la precipitación nacional los cuales son mostrados en la figura No. 19 en donde se observa que en el Pacífico Norte, el Valle Central y el Valle del General, el escenario de disminución de la lluvia estacional es muy homogéneo de una temporada a la otra, aunque con variaciones en la magnitud de los cambios: en la época seca la reducción sería del 10% en el Valle Central, 30% en el Valle del General y hasta un 70% en el Pacífico Norte, mientras que en la temporada lluviosa sería de un 5% en el Valle del General, un 15% en el Valle Central y hasta un 40% en el Pacífico Norte.

Figura No. 18

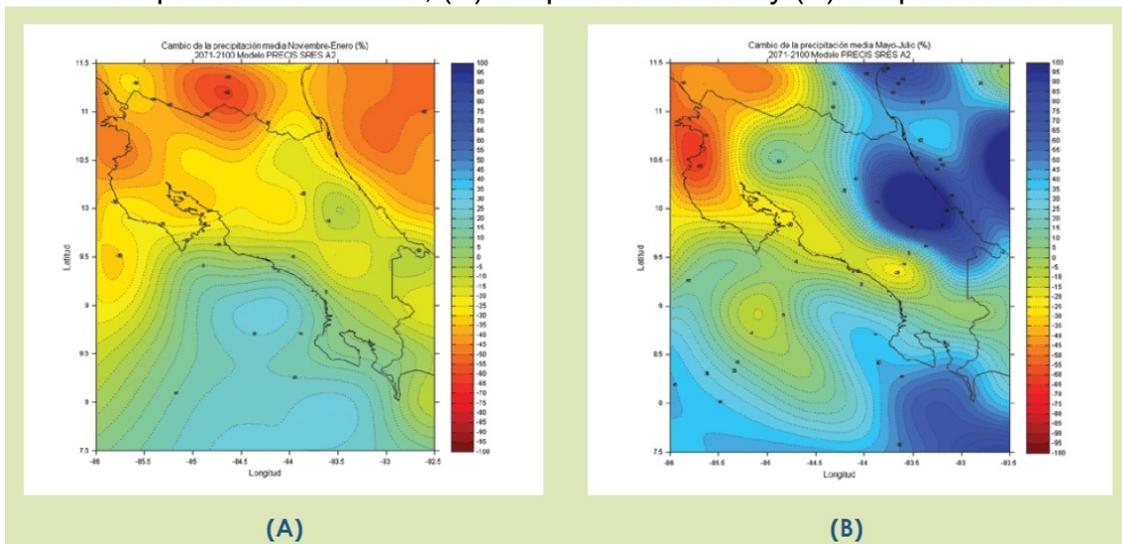
(A) Mapa de escenario de cambio climático de la precipitación anual media (%) del 2080 (2071-2100), (B) proyectado por el modelo regional PRECIS con condiciones de frontera del modelo global HadCM3 y el escenario de emisiones A2.



Fuente: Alvarado et al. (2012)

Figura No. 19

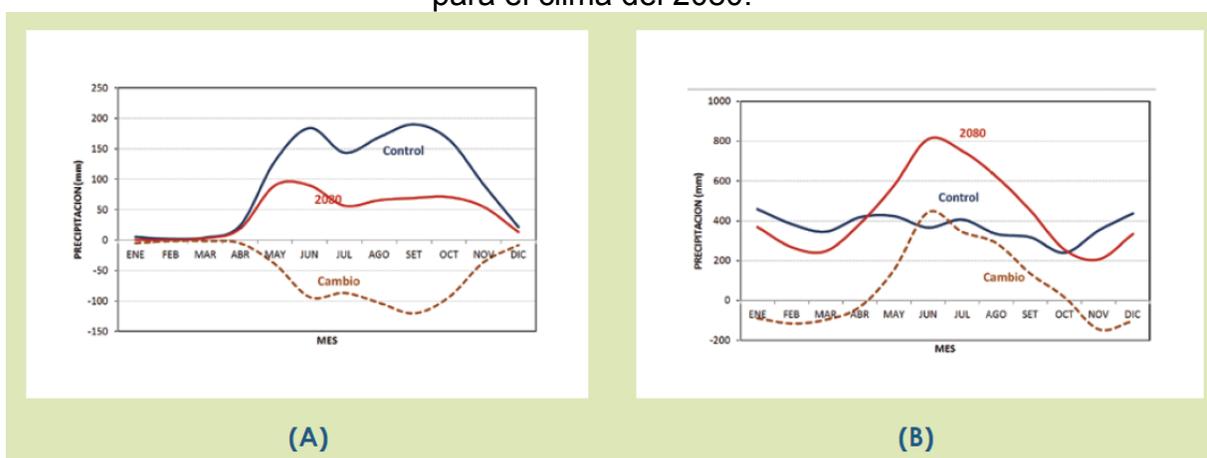
Mapa de escenario de cambio climático de la precipitación estacional media (%) del periodo 2071-2100, (A) temporada lluviosa y (B) temporada seca



Fuente: Alvarado et al. (2012)

Sin embargo; tal y como se observa en la figura No. 20, los cambios sugeridos por estas proyecciones con respecto a la curva de control (clima actual de 1961-1990) son bastante fuertes y además, utilizan como referencia el Escenario A2, el cual; tal y como se comentó en la sección 2.1; se basa en supuestos que no están reflejando adecuadamente el comportamiento actual del consumo de fuentes fósiles, el aumento en la población mundial y el comportamiento de las emisiones asociadas a los combustibles fósiles.

Figura No. 20
Ciclo anual simulado por el modelo PRECIS para el régimen de lluvias del Pacífico (izquierda) y vertiente del Caribe (derecha) usando el escenario de emisiones A2 para el clima del 2080.



Fuente: Alvarado et al. (2012)

Por esta razón, se ha procedido a estimar el caudal futuro de cada una de las cuencas seleccionadas de acuerdo con el escenario A1B, mediante la elaboración de 30 modelos predictivos.

La proyección de los caudales estimados para cada una de las cuencas de los ríos seleccionados se aprecian en los cuadros No. 14 a 21, en donde a diferencia de las proyecciones realizadas con el PRECIS, se observa una reducción general en el caudal de todas las cuencas durante todo el año. Para el caso del río Matina, dada su cercanía con el Pacuare, se decidió utilizar el mismo porcentaje de afectación.

Cuadro No. 14

Caudales esperados de la cuenca del Río Reventazón según el escenario A1B

Mes	Caudales promedios esperados (m ³ /s)						Variación porcentual con respecto al periodo 1950-2010				
	1950-2010	2020-2029	2046-2055	2066-2075	2076-2085	2086-2095	2020-2030	2046-2055	2066-2075	2076-2085	2086-2095
Enero	259,72	259,5	255,9	252,7	254,1	256,5	-0,1%	-1,5%	-2,7%	-2,2%	-1,3%
Febrero	201,70	195,6	195,3	192,5	187,5	186,9	-3,0%	-3,2%	-4,5%	-7,1%	-7,3%
Marzo	118,52	113,1	112,8	106,8	107,3	105,6	-4,6%	-4,8%	-9,9%	-9,5%	-10,9%
Abril	107,41	102,3	99,9	95,5	96,6	97,5	-4,8%	-7,0%	-11,1%	-10,1%	-9,3%
Mayo	218,80	205,4	194,0	182,1	187,8	188,8	-6,1%	-11,4%	-16,8%	-14,2%	-13,7%
Junio	267,07	250,6	249,8	233,3	239,0	239,5	-6,2%	-6,5%	-12,7%	-10,5%	-10,3%
Julio	344,61	333,8	328,8	319,1	322,2	316,3	-3,1%	-4,6%	-7,4%	-6,5%	-8,2%
Agosto	281,87	269,1	269,1	267,5	262,7	261,4	-4,5%	-4,5%	-5,1%	-6,8%	-7,3%
Setiembre	185,51	181,4	175,9	189,2	173,8	172,6	-2,2%	-5,2%	2,0%	-6,3%	-7,0%
Octubre	191,11	185,7	182,2	181,2	190,2	181,0	-2,8%	-4,6%	-5,2%	-0,5%	-5,3%
Noviembre	349,78	348,5	352,9	338,1	344,5	343,4	-0,4%	0,9%	-3,3%	-1,5%	-1,8%
Diciembre	374,99	370,6	371,6	374,2	375,2	372,9	-1,2%	-0,9%	-0,2%	0,1%	-0,5%
Total (Mill. M³/año)	7639	7414	7342	7194	7219	7170	-2,9%	-3,9%	-5,8%	-5,5%	-6,2%

Fuente: Hidalgo y otros, 2013

Cuadro No. 15

Caudales esperados de la cuenca del Río Pacuare según el escenario A1B

Mes	Caudales promedios esperados (m ³ /s)						Variación porcentual con respecto al periodo 1950-2010				
	1950-2010	2020-2029	2046-2055	2066-2075	2076-2085	2086-2095	2020-2030	2046-2055	2066-2075	2076-2085	2086-2095
Enero	80,50	80,4	79,3	78,3	78,8	79,5	-0,1%	-1,5%	-2,7%	-2,2%	-1,3%
Febrero	62,51	60,6	60,5	59,7	58,1	57,9	-3,0%	-3,2%	-4,5%	-7,1%	-7,4%
Marzo	36,73	35,1	35,0	33,1	33,3	32,7	-4,6%	-4,8%	-9,9%	-9,5%	-10,9%
Abril	33,29	31,7	31,0	29,6	29,9	30,2	-4,8%	-7,0%	-11,1%	-10,1%	-9,3%
Mayo	67,81	63,7	60,1	56,5	58,2	58,5	-6,1%	-11,4%	-16,8%	-14,2%	-13,7%
Junio	82,77	77,7	77,4	72,3	74,1	74,2	-6,2%	-6,5%	-12,7%	-10,5%	-10,3%
Julio	106,81	103,5	101,9	98,9	99,9	98,0	-3,1%	-4,6%	-7,4%	-6,5%	-8,2%
Agosto	87,36	83,4	83,4	82,9	81,4	81,0	-4,5%	-4,5%	-5,1%	-6,8%	-7,3%
Setiembre	57,49	56,2	54,5	58,6	53,9	53,5	-2,2%	-5,2%	2,0%	-6,3%	-7,0%
Octubre	59,23	57,5	56,5	56,2	58,9	56,1	-2,8%	-4,6%	-5,2%	-0,5%	-5,3%
Noviembre	108,41	108,0	109,4	104,8	106,8	106,4	-0,4%	0,9%	-3,3%	-1,5%	-1,8%
Diciembre	116,22	114,8	115,2	116,0	116,3	115,6	-1,2%	-0,9%	-0,2%	0,1%	-0,5%
Total (Mill. M³/año)	2368	2298	2275	2230	2237	2222	-2,9%	-3,9%	-5,8%	-5,5%	-6,2%

Fuente: Hidalgo y otros, 2013

Cuadro No. 16

Caudales esperados de la cuenca del Río Parrita según el escenario A1B

Mes	Caudales promedios esperados (m ³ /s)						Variación porcentual con respecto al periodo 1950-2010				
	1950-2010	2020-2029	2046-2055	2066-2075	2076-2085	2086-2095	2020-2030	2046-2055	2066-2075	2076-2085	2086-2095
Enero	12,55	11,9	11,8	11,6	12,0	12,1	-4,8%	-6,3%	-7,9%	-4,6%	-4,0%
Febrero	4,09	3,9	3,8	3,7	3,7	3,7	-5,0%	-6,9%	-10,6%	-8,4%	-10,1%
Marzo	2,81	2,6	2,6	2,5	2,5	2,6	-6,6%	-6,6%	-10,9%	-10,4%	-8,2%
Abril	6,15	5,8	5,5	5,5	5,6	5,4	-5,9%	-10,8%	-10,7%	-9,5%	-11,8%
Mayo	58,16	51,7	49,6	46,2	47,8	46,5	-11,0%	-14,8%	-20,5%	-17,8%	-20,1%
Junio	104,90	99,3	99,2	91,8	94,8	95,2	-5,3%	-5,4%	-12,5%	-9,6%	-9,2%
Julio	102,75	99,6	96,7	92,9	94,0	93,1	-3,1%	-5,8%	-9,6%	-8,5%	-9,4%
Agosto	109,56	106,4	104,4	105,6	104,1	103,2	-2,9%	-4,7%	-3,6%	-5,0%	-5,8%
Setiembre	144,84	143,8	140,8	144,1	141,1	138,6	-0,7%	-2,8%	-0,5%	-2,6%	-4,3%
Octubre	150,60	150,7	151,7	148,6	151,1	147,8	0,1%	0,7%	-1,3%	0,3%	-1,8%
Noviembre	97,72	96,2	98,4	95,9	97,6	98,1	-1,6%	0,7%	-1,8%	-0,1%	0,4%
Diciembre	42,58	42,4	41,5	40,9	42,1	42,6	-0,5%	-2,6%	-3,9%	-1,1%	0,1%
Total (Mill. M³/año)	2209	2150	2128	2084	2103	2083	-2,7%	-3,7%	-5,7%	-4,8%	-5,7%

Fuente: Hidalgo y otros, 2013

Cuadro No. 17

Caudales esperados de la cuenca del Río Naranjo según el escenario A1B

Mes	Caudales promedios esperados (m ³ /s)						Variación porcentual con respecto al periodo 1950-2010				
	1950-2010	2020-2029	2046-2055	2066-2075	2076-2085	2086-2095	2020-2030	2046-2055	2066-2075	2076-2085	2086-2095
Enero	7,84	7,5	7,3	7,2	7,5	7,5	-4,9%	-6,3%	-7,9%	-4,6%	-4,0%
Febrero	2,55	2,4	2,4	2,3	2,3	2,3	-5,0%	-6,9%	-10,6%	-8,4%	-10,2%
Marzo	1,76	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	-6,7%	-6,7%	-10,9%	-10,3%	-8,3%
Abril	3,84	3,6	3,4	3,4	3,5	3,4	-5,8%	-10,8%	-10,7%	-9,5%	-11,8%
Mayo	36,35	32,3	31,0	28,9	29,9	29,0	-11,0%	-14,8%	-20,5%	-17,8%	-20,1%
Junio	65,56	62,1	62,0	57,4	59,3	59,5	-5,3%	-5,4%	-12,5%	-9,6%	-9,2%
Julio	64,22	62,3	60,5	58,0	58,7	58,2	-3,1%	-5,8%	-9,6%	-8,5%	-9,4%
Agosto	68,47	66,5	65,3	66,0	65,1	64,5	-2,9%	-4,7%	-3,6%	-5,0%	-5,8%
Setiembre	90,52	89,9	88,0	90,1	88,2	86,6	-0,7%	-2,8%	-0,5%	-2,6%	-4,3%
Octubre	94,12	94,2	94,8	92,9	94,4	92,4	0,1%	0,7%	-1,3%	0,3%	-1,8%
Noviembre	61,07	60,1	61,5	60,0	61,0	61,3	-1,6%	0,7%	-1,8%	-0,1%	0,4%
Diciembre	26,61	26,5	25,9	25,6	26,3	26,6	-0,5%	-2,6%	-3,9%	-1,1%	0,1%
Total (Mill. M³/año)	1381	1344	1330	1302	1314	1302	-2,7%	-3,7%	-5,7%	-4,8%	-5,7%

Fuente: Hidalgo y otros, 2013

Cuadro No. 18

Caudales esperados de la cuenca del Río Térraba según el escenario A1B

Mes	Caudales promedios esperados (m ³ /s)						Variación porcentual con respecto al periodo 1950-2010				
	1950-2010	2020-2029	2046-2055	2066-2075	2076-2085	2086-2095	2020-2030	2046-2055	2066-2075	2076-2085	2086-2095
Enero	48,55	45,8	45,1	42,0	44,9	44,9	-5,6%	-7,2%	-13,5%	-7,5%	-7,6%
Febrero	29,93	28,5	28,5	28,3	27,5	28,5	-4,7%	-4,7%	-5,4%	-8,0%	-4,6%
Marzo	25,75	24,3	24,0	22,9	23,2	23,1	-5,5%	-6,7%	-11,1%	-9,8%	-10,3%
Abril	103,11	95,6	95,1	96,4	94,1	93,3	-7,2%	-7,8%	-6,5%	-8,7%	-9,5%
Mayo	402,54	361,9	349,4	326,7	351,9	343,1	-10,1%	-13,2%	-18,8%	-12,6%	-14,8%
Junio	504,62	487,4	484,1	448,7	461,2	471,0	-3,4%	-4,1%	-11,1%	-8,6%	-6,7%
Julio	389,36	377,4	367,8	354,7	350,6	348,1	-3,1%	-5,5%	-8,9%	-10,0%	-10,6%
Agosto	502,82	479,5	483,2	502,0	474,9	469,7	-4,6%	-3,9%	-0,2%	-5,5%	-6,6%
Setiembre	636,47	631,2	613,2	638,7	620,6	601,8	-0,8%	-3,7%	0,3%	-2,5%	-5,4%
Octubre	684,44	692,7	684,6	672,6	681,2	691,5	1,2%	0,0%	-1,7%	-0,5%	1,0%
Noviembre	458,24	445,0	468,4	449,1	457,7	453,9	-2,9%	2,2%	-2,0%	-0,1%	-1,0%
Diciembre	120,07	121,1	116,9	112,6	117,7	120,6	0,9%	-2,6%	-6,2%	-2,0%	0,5%
Total (Mill. M³/año)	10307	10002	9921	9747	9776	9735	-3,0%	-3,7%	-5,4%	-5,1%	-5,5%

Fuente: Hidalgo y otros, 2013

Cuadro No. 19

Caudales esperados de la cuenca del Río Savegre según el escenario A1B

Mes	Caudales promedios esperados (m ³ /s)						Variación porcentual con respecto al periodo 1950-2010				
	1950-2010	2020-2029	2046-2055	2066-2075	2076-2085	2086-2095	2020-2030	2046-2055	2066-2075	2076-2085	2086-2095
Enero	12,40	11,8	11,6	11,4	11,8	11,9	-4,9%	-6,3%	-7,9%	-4,6%	-4,0%
Febrero	4,04	3,8	3,8	3,6	3,7	3,6	-4,9%	-6,9%	-10,6%	-8,5%	-10,1%
Marzo	2,78	2,6	2,6	2,5	2,5	2,5	-6,7%	-6,7%	-10,9%	-10,4%	-8,3%
Abril	6,07	5,7	5,4	5,4	5,5	5,4	-5,9%	-10,8%	-10,7%	-9,5%	-11,8%
Mayo	57,44	51,1	48,9	45,7	47,2	45,9	-11,0%	-14,8%	-20,5%	-17,8%	-20,1%
Junio	103,60	98,1	98,0	90,7	93,6	94,1	-5,3%	-5,4%	-12,5%	-9,6%	-9,2%
Julio	101,48	98,4	95,5	91,7	92,8	91,9	-3,1%	-5,8%	-9,6%	-8,5%	-9,4%
Agosto	108,21	105,1	103,2	104,3	102,8	101,9	-2,9%	-4,7%	-3,6%	-5,0%	-5,8%
Setiembre	143,05	142,0	139,1	142,4	139,4	136,9	-0,7%	-2,8%	-0,5%	-2,6%	-4,3%
Octubre	148,74	148,9	149,8	146,8	149,2	146,0	0,1%	0,7%	-1,3%	0,3%	-1,8%
Noviembre	96,51	95,0	97,2	94,8	96,4	96,9	-1,6%	0,7%	-1,8%	-0,1%	0,4%
Diciembre	42,05	41,9	41,0	40,4	41,6	42,1	-0,5%	-2,6%	-3,9%	-1,1%	0,1%
Total (Mill. M³/año)	2182	2124	2102	2058	2077	2057	-2,7%	-3,7%	-5,7%	-4,8%	-5,7%

Fuente: Hidalgo y otros, 2013

Cuadro No. 20

Caudales esperados de la cuenca del Río San Carlos según el escenario A1B

Mes	Caudales promedios esperados (m ³ /s)						Variación porcentual con respecto al periodo 1950-2010				
	1950-2010	2020-2029	2046-2055	2066-2075	2076-2085	2086-2095	2020-2030	2046-2055	2066-2075	2076-2085	2086-2095
Enero	215,61	213,5	212,2	210,3	208,4	208,6	-1,0%	-1,6%	-2,5%	-3,3%	-3,2%
Febrero	111,41	107,6	105,8	102,2	101,2	100,7	-3,4%	-5,0%	-8,3%	-9,1%	-9,7%
Marzo	55,81	52,2	51,9	48,5	49,4	48,3	-6,5%	-7,0%	-13,0%	-11,5%	-13,5%
Abril	35,23	31,9	33,3	31,8	31,2	31,1	-9,4%	-5,5%	-9,7%	-11,4%	-11,6%
Mayo	115,14	105,6	98,5	84,3	92,6	90,3	-8,3%	-14,5%	-26,8%	-19,6%	-21,6%
Junio	303,79	288,7	277,0	266,2	269,6	271,3	-5,0%	-8,8%	-12,4%	-11,2%	-10,7%
Julio	337,48	322,8	311,9	291,8	300,9	297,9	-4,3%	-7,6%	-13,5%	-10,8%	-11,7%
Agosto	329,05	317,7	314,1	317,0	312,3	303,3	-3,5%	-4,5%	-3,7%	-5,1%	-7,8%
Setiembre	349,02	347,5	336,7	352,1	326,1	331,4	-0,4%	-3,5%	0,9%	-6,6%	-5,0%
Octubre	349,20	348,2	347,7	337,3	350,3	341,3	-0,3%	-0,4%	-3,4%	0,3%	-2,3%
Noviembre	364,52	363,5	369,6	356,2	362,9	364,2	-0,3%	1,4%	-2,3%	-0,4%	-0,1%
Diciembre	345,61	341,1	339,9	344,2	342,2	343,3	-1,3%	-1,6%	-0,4%	-1,0%	-0,7%
Total (Mill. M³/año)	7679	7490	7380	7230	7246	7204	-2,5%	-3,9%	-5,8%	-5,6%	-6,2%

Fuente: Hidalgo y otros, 2013

Cuadro No. 21

Caudales esperados de la cuenca del Río Sixaola según el escenario A1B

Mes	Caudales promedios esperados (m ³ /s)						Variación porcentual con respecto al periodo 1950-2010				
	1950-2010	2020-2029	2046-2055	2066-2075	2076-2085	2086-2095	2020-2030	2046-2055	2066-2075	2076-2085	2086-2095
Enero	200,88	197,5	195,6	196,8	191,6	192,1	-1,7%	-2,6%	-2,0%	-4,6%	-4,4%
Febrero	142,19	135,8	134,9	128,3	128,1	127,4	-4,5%	-5,1%	-9,8%	-9,9%	-10,4%
Marzo	102,33	95,5	93,1	90,7	89,4	88,3	-6,7%	-9,0%	-11,4%	-12,6%	-13,7%
Abril	124,19	117,7	114,3	106,9	109,1	110,8	-5,2%	-7,9%	-13,9%	-12,2%	-10,8%
Mayo	198,18	177,1	168,9	155,6	165,6	161,8	-10,7%	-14,8%	-21,5%	-16,4%	-18,3%
Junio	209,38	199,1	193,2	187,5	180,3	181,5	-4,9%	-7,7%	-10,5%	-13,9%	-13,3%
Julio	203,68	194,0	188,9	162,8	172,0	173,6	-4,8%	-7,3%	-20,1%	-15,6%	-14,8%
Agosto	221,83	212,2	208,5	203,7	200,7	199,3	-4,3%	-6,0%	-8,2%	-9,5%	-10,2%
Setiembre	188,30	178,6	172,4	185,0	170,6	164,0	-5,2%	-8,4%	-1,7%	-9,4%	-12,9%
Octubre	152,10	150,1	147,6	144,9	147,2	146,7	-1,3%	-3,0%	-4,8%	-3,2%	-3,5%
Noviembre	223,80	222,9	234,5	214,0	225,4	225,1	-0,4%	4,8%	-4,4%	0,7%	0,6%
Diciembre	262,28	252,6	251,4	251,8	263,5	256,5	-3,7%	-4,2%	-4,0%	0,5%	-2,2%
Total (Mill. M³/año)	5869	5616	5537	5339	5381	5338	-4,3%	-5,7%	-9,0%	-8,3%	-9,1%

Fuente: Hidalgo y otros, 2013

Además de la afectación en la generación hidroeléctrica debido al cambio en las condiciones meteorológicas, se debe tomar en cuenta que ante el incremento en la intensidad de las lluvias, podría presentarse un aumento en la sedimentación y arrastre de materiales que podrían dañar los equipos de las plantas hidroeléctricas, por esta razón, es conveniente analizar las características geológicas de cada una de las cuencas seleccionadas.

a) Cuenca San Carlos

Debido a las condiciones de las formaciones geológicas que se presentan en la parte alta de la cuenca, y en razón de las condiciones de pendiente, se trata de terrenos con una condición de alta a muy alta susceptibilidad a los procesos de

erosión, deslizamientos y desarrollo de avalanchas. Situación que se vería incrementada con el aumento de las lluvias en razón del cambio climático y de la intensidad de las mismas debido a factores de variabilidad climática.

Ante esta situación el escenario a futuro es que los ríos que drenan las partes altas de la cuenca bajen con mayor cantidad de sedimentos, lo cual podría generar problemas de colmatación en sitios de presa y embalses. De igual manera se presentan condiciones de riesgo por procesos de erosión de obras de infraestructura cercanas a los cauces de los ríos.

Las medidas más importantes a implementar en estos casos se refieren al ordenamiento territorial de la cuenca, en particular sus partes altas, a fin de promover la recuperación de cobertura boscosa, así como la protección de áreas de bosques existente.

Con respecto a la cuenca relacionada con el embalse Arenal, la parte alta presenta rocas volcánicas recientes y depósitos volcanoclásticos asociados que tienen una condición de geaptitud limitada y por tanto son susceptibles a los procesos de erosión y deslizamientos.

Debido a que todavía se presentan zonas boscosas importantes en las partes altas, la susceptibilidad al desarrollo de procesos erosivos es relativamente baja.

Es altamente recomendable seguir promoviendo la protección del bosque en las partes altas e incluso incrementar la cobertura boscosa en las zonas de aptitud forestal que no tengan cobertura vegetal.

b) Cuenca Reventazón

La parte alta de la cuenca presenta condiciones geológica de muy alta susceptibilidad al desarrollo de deslizamientos y procesos de erosión. Este factor, aunada la presencia de relieve significativo y un incremento en las precipitaciones debido al cambio climático aumenta de forma significativa el desarrollo de procesos de erosión y deslizamiento.

Se pronostica mayor carga de sedimentos en los ríos e incluso el desarrollo eventual de avalanchas o aportación de grandes cantidades de sedimento en los cauces de los ríos tributarios. Este factor afectará de forma significativa los sitios de presa y embalses y con ello el potencial de generación de energía hidroeléctrica.

Como medidas contingentes se hace indispensable establecer un plan de ordenamiento territorial de la cuenca, con particular énfasis en su parte alta y media de forma tal que se le dé prioridad a la recuperación de bosques en zonas de aptitud forestal, la protección de las áreas boscosas existentes y la estabilización de los diversos sitios donde se presentan deslizamientos activos.

c) Cuenca Parrita

La parte alta de la cuenca presenta condiciones de moderada a alta susceptibilidad al desarrollo de deslizamientos y procesos erosivos, en razón de la presencia de rocas ígneas y sedimentarias fracturadas, con fuerte meteorización y en áreas de muy alta pendiente.

Los pronósticos a futuro señalan una disminución significativa del promedio de lluvias debido al cambio climático, no obstante, por problemas de variabilidad climática asociado a precipitaciones intensas en periodos de tipo corto (días), pueden darse siempre condiciones de erosión y deslizamientos.

Los aportes de sedimento hacia las partes medias y bajas de la cuenca, podrían considerarse similares a los de los últimos años, no obstante, se hace altamente recomendable la realización de planes de reforestación y de protección de bosques en la parte alta de la cuenca a fin de garantizar el que los caudales de agua se mantengan como en la actualidad.

d) Cuenca Pacuare y Matina

Las formaciones geológicas que se presentan en la parte alta de la cuenca (Tuís, Senosri y Uscari) son vulnerables a procesos de erosión y deslizamientos, en particular, en razón de la condición deformación estructural que presentan. A ello se suman las fuertes pendientes y las proyecciones de incremento gradual de lluvias debido al cambio climático y la variabilidad climática.

Pese a eso, la presencia de coberturas boscosas naturales en la parte alta de la cuenca disminuye la susceptibilidad al desarrollo de deslizamientos y procesos de erosión.

El pronóstico respecto al aporte de sedimento a futuro es que se mantenga aproximadamente como hasta ahora. Esto, siempre que en las partes altas de la cuenca se mantengan las políticas de protección de los bosques.

e) Cuenca Naranjo

A pesar de que las formaciones geológicas presentes en la parte alta de la cuenca, son susceptibles a procesos de erosión y deslizamiento, la presencia de cobertura boscosa natural disminuye en mucho el desarrollo de estos fenómenos.

Los datos cambio climático indican que esta cuenca será poco afectada por un incremento o un descenso en su régimen de lluvias. No obstante, las condiciones de variabilidad climática, podrían provocar eventos súbitos de erosión.

El pronóstico respecto al aporte de sedimento hacia las partes medias y bajas de

la cuenca es que se mantengan como hasta ahora, es decir, de baja significancia.

No obstante, es altamente recomendable, mantener las políticas de protección forestal en las partes altas de la cuenca. Cambios de usos del suelo que lleven a la pérdida de bosques podrían provocar sustanciales cambios en su equilibrio.

f) Cuenca Savegre

La parte alta de la cuenca está conformada por rocas sedimentarias de las formaciones Térraba, Fila de Cal y Curré, dispuestas estructuralmente en forma de cinturones de corrimiento. Se presentan en zonas de relieve alta a muy pronunciado, cubierto con bosques primarios, en su gran mayoría. Esta circunstancia favorece que a pesar de las limitadas condiciones de geopotencialidad de los terrenos, la susceptibilidad al desarrollo de deslizamientos y procesos erosivos, sea relativamente baja comparada con otras cuencas similares.

Los pronósticos climáticos indican que para esta cuenca se darán pocos cambios respecto al patrón de lluvias del periodo 1950 – 2000, con condiciones de Tropical Húmedo de montaña para las zonas altas. Sin embargo, las condiciones de variabilidad climática podrían producir lluvias intensas en periodos de tiempo corto (días) que podrían inducir procesos erosivos y arrastre de sedimentos hacia la parte baja de la cuenca, solo que en una condición más limitada debido a la menor susceptibilidad a procesos de deslizamiento y erosión.

En consideración de lo anterior, la probabilidad de que los efectos de cambio climático y variabilidad climática se traduzcan en un incremento del aporte de sedimento hacia las partes bajas de la cuenca, son relativamente reducidos y no difieren de las condiciones actuales. Esto, siempre que en las partes altas de la cuenca no se den cambios significativos en el uso del suelo que de realizarse, podrían inducir en proceso de desequilibrio ambiental muy significativo.

g) Cuenca Térraba

Esta cuenca presenta dos condiciones diferentes de “tierras altas”: las del sector de la Cordillera de Talamanca y las de la Fila Costeña.

Hacia la Cordillera de Talamanca, las rocas predominantes son las rocas intrusivas del Terciario Superior las cuales muestran un buen desempeño geotécnico, con lo cual tienen baja susceptibilidad a procesos de erosión y deslizamientos.

Por su parte, hacia la Fila Costeña, predominan rocas sedimentarias del Terciario: formaciones Fila de Cal, Térraba y Curré, que son susceptibles a procesos de erosión y deslizamiento.

El pronóstico de cambio climático señala que hacia la Fila Costeña disminuirán los regímenes de lluvia, no obstante, los efectos de variabilidad climática podrían producir eventos cortos de mucha precipitación. Esta situación, podría provocar fenómenos de erosión y deslizamiento, factor que se ve incrementado por los problemas asociados al uso del suelo que se da en esta zona y a la falta de cobertura boscosa.

Por su parte, el sector de la Cordillera de Talamanca tendrá pocos cambios en el régimen de lluvias respecto al patrón mostrado en las últimas décadas. Este hecho y la relativamente baja susceptibilidad a erosión de las rocas de este sector, hace que la condición de potencial desarrollo de deslizamientos y procesos erosivos, sea relativamente baja.

En consideración de lo anterior, el pronóstico de eventos de acarreo de sedimento hacia las partes bajas de la cuenca se traduciría en una situación similar a las de las últimas décadas para el sector de la Cordillera de Talamanca y de mayor potencial de aporte de sedimentos desde la Fila Costeña, en particular asociado a eventos de lluvias intensas.

Las medidas estratégicas más importantes para esta cuenca, se refiere al ordenamiento territorial de la misma y en particular el desarrollo de prácticas de protección del suelo, en el sector del Fila Costeña y parte media de la Cordillera de Talamanca. Resultan clave los procesos de reforestación y protección de bosques.

h) Cuenca Sixaola

La parte media y alta de la cuenca presenta relativa abundancia de formaciones geológicas con alta a muy alta susceptibilidad a los procesos de erosión y desarrollo de deslizamientos.

Los pronósticos de cambio climático señalan un significativo incremento en el régimen de lluvias en las zonas montañosas de la cuenca, así como los efectos de variabilidad climática.

Esta circunstancia, aunada a la baja condición de geopotencial de los terrenos, se traduce en un pronóstico de incremento significativo del aporte de sedimentos e incluso de potenciales avalanchas hacia las partes bajas de la cuenca.

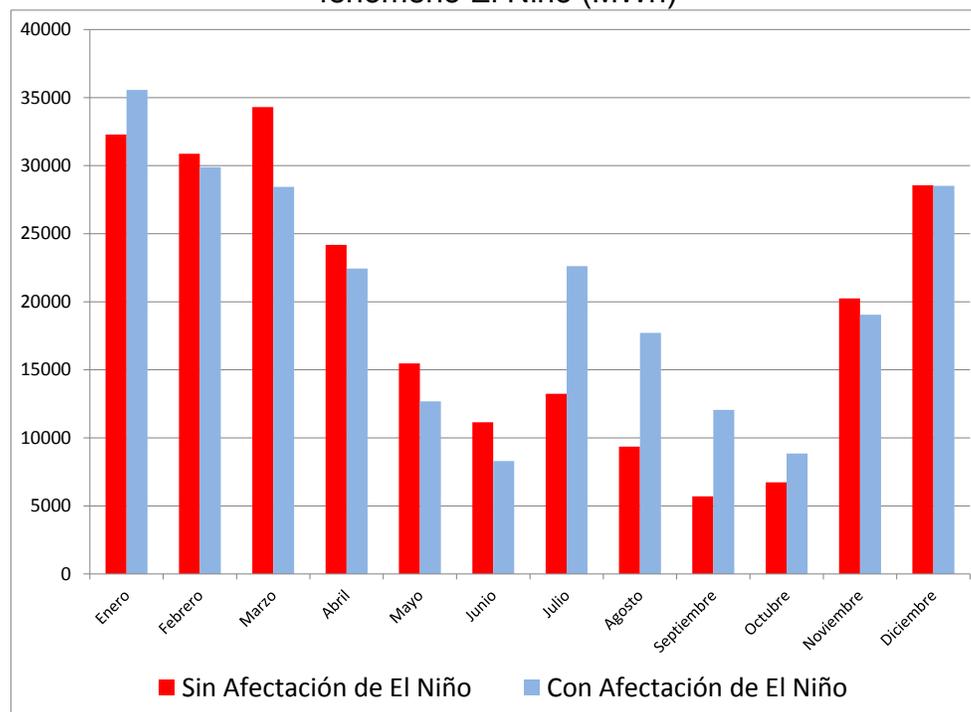
La protección e incluso incremento de las áreas de cobertura boscosa son fundamentales para garantizar la estabilidad de las zonas de alta pendiente y de equilibrio de la cuenca.

3.2.2 Energía Eólica

Las plantas eólicas Tejona, Aeroenergía, MOVASA y PESA han operado de manera constante en los últimos 10 años y dado que el Informe “Escenarios de Cambio Climático Regionalizados para Costa Rica”, menciona que para el año 2080 el efecto del Calentamiento Global podría ser comparable con los causados por el fenómeno de “El Niño”, es conveniente comparar la generación eólica mensual de estas plantas con y sin afectación por este fenómeno meteorológico.

El gráfico No. 28, muestra que cuando el fenómeno de El Niño ha estado presente, se ha producido un aumento en la generación eólica en los meses de enero, julio, agosto, septiembre y octubre.

Gráfico No. 28
 Generación promedio de las plantas Tejona, Aeroenergía, Movasa y PESA en el periodo de 2003 al 2012 con y sin afectación por la presencia del fenómeno El Niño (MWh)

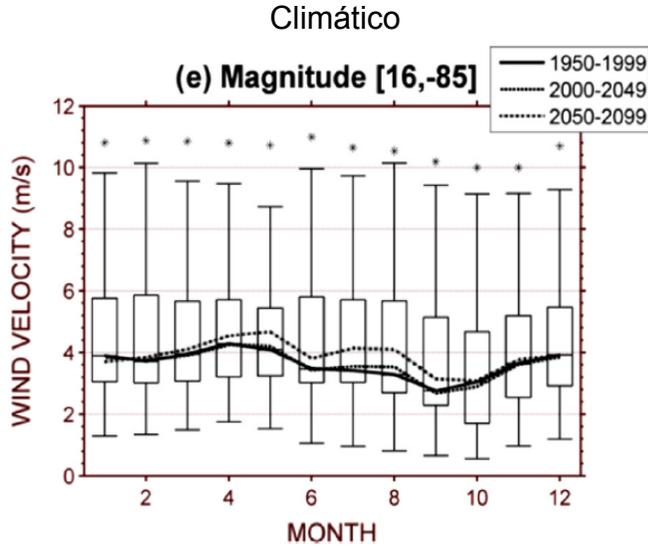


Fuente: Elaboración propia con datos del CENCE

A nivel anual, cuando el fenómeno de El Niño ha estado presente se ha obtenido un 6% más de generación eléctrica.

Esta situación coincide con los estudios realizados por Hidalgo y otros, en donde se espera un aumento en la velocidad del viento par finales del siglo (figura No. 21).

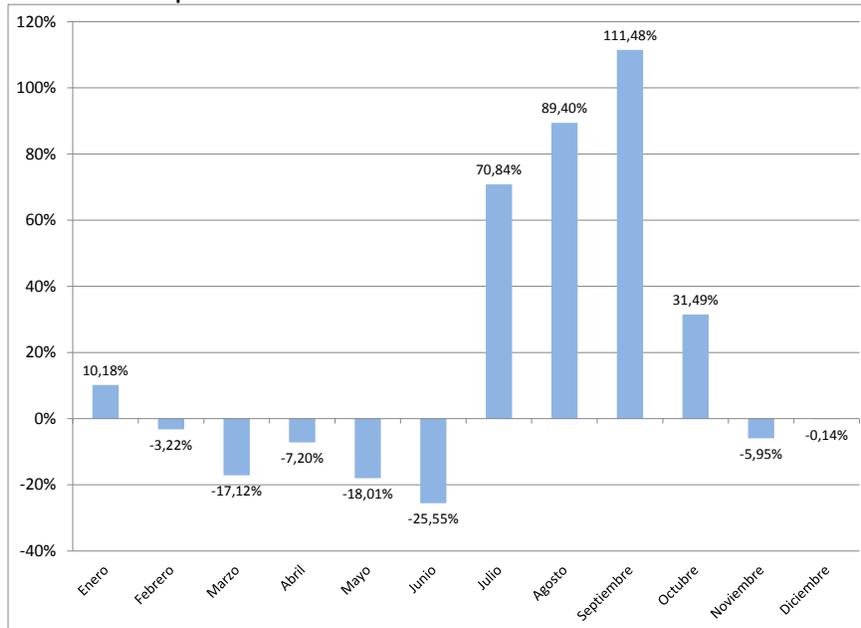
Figura No. 21
 Velocidad superficial del viento esperada para finales del siglo debido al Cambio



Fuente: Hidalgo y otros; Hydrological Climate Change projections for Central America

Nótese que de acuerdo con esa figura, la afectación solo es significativa hasta finales del siglo, por lo que podría esperarse que para el año 2080 la generación eólica mensual varíe tal y como se ha comportado cuando se presenta el fenómeno de El Niño (gráfico No. 29).

Gráfico No. 29
Variación porcentual en la generación eólica mensual
presentada con el fenómeno del niño.



Fuente: Elaboración propia con datos del CENCE

3.2.3 Energía Geotermia

Dado que la generación geotérmica utiliza el calor existente en el subsuelo y es de origen volcánico, no es de esperar que se presenten cambios en la producción de electricidad a partir de esta fuente asociadas al cambio climático.

3.2.4 Biomasa

La producción de electricidad con biomasa utiliza principalmente bagazo y otros residuos agroindustriales, cuya producción no se considera susceptible a cambios de temperatura como los proyectados en los modelos de cambio climático.

3.2.5 Energía Térmica

Dado que esta fuente energética es la que posee el costo marginal de generación más alto, su uso solo se presenta cuando el resto de las plantas no son capaces de cubrir la demanda nacional de electricidad, por lo que el aumento o disminución en su utilización es el producto de la afectación acumulada en el resto de las fuentes energéticas disponibles para la obtención de energía eléctrica.

3.2.6 Resumen de afectación en la oferta energética

Dado que se espera que el mayor impacto en la generación hidroeléctrica se presente en la región norte de Centroamérica, la cual a su vez concentra la mayor cantidad de personas, en la sección 2.7, se recomendó realizar el análisis considerando dos escenarios:

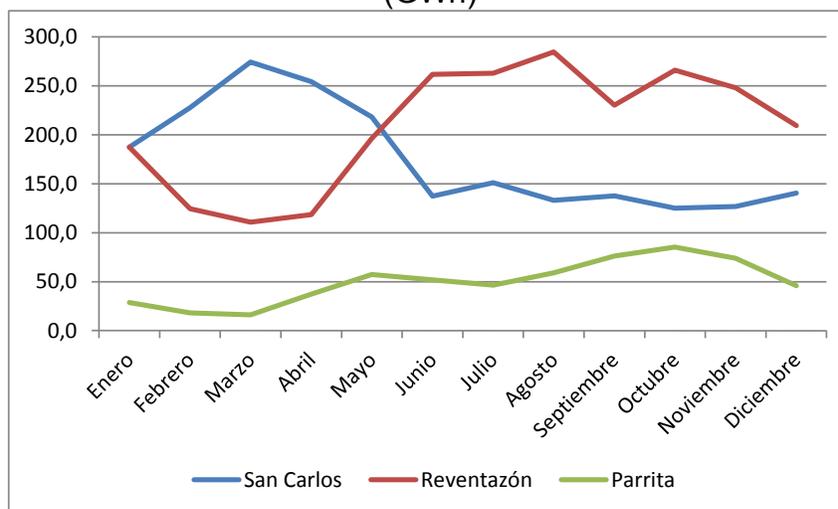
1. Satisfacción de la demanda nacional
2. Satisfacción de la demanda nacional más exportación a Centroamérica.

Por otro lado, en la sección 2.1 se establecieron los caudales esperados de las cuencas seleccionadas considerando varios escenarios de cambio climático y para determinar el efecto en la generación hidroeléctrica nacional es necesario considerar algunos aspectos.

El gráfico No. 30 muestra la producción de electricidad que se espera obtener en el año 2014 a partir de los caudales existentes en algunas cuencas hidrológicas del país y demuestra una variación mensual significativa.

Tomando en cuenta además, que la afectación proyectada en la sección 2.1 también varía de mes a mes, es necesario estimar la generación mensual esperada de las cuencas seleccionadas.

Gráfico No. 30
Producción de electricidad estimada para el año 2015 a partir de varias cuencas hidrológicas de Costa Rica (GWh)



Fuente: Elaboración propia con datos del ICE.

Por otro lado, se debe tomar en cuenta que algunos proyectos tienen la capacidad de almacenar el agua de algunos meses, por lo que el impacto en la generación debe ser analizado de manera estacional o anual.

Tal es el caso del complejo Arenal (Arenal, Sandillal y Dengo) y los nuevos proyectos Reventazón, Diquis, Pacuare, Savegre y Ayil, los cuales se utilizarán principalmente para generar electricidad en la estación seca. Y como poseen embalses, el análisis del efecto del cambio climático en su capacidad de generación debe realizarse de acuerdo con la capacidad de almacenamiento de los embalses.

En cambio, las plantas hidroeléctricas Toro I, Toro II y Toro III, por ser plantas a filo de agua, la afectación sería mensual, por esta razón, para determinar el impacto del cambio climático en la generación hidroeléctrica nacional es necesario seleccionar y determinar las características de las plantas hidroeléctricas que estarían funcionando en los años de estudio: 2020, 2050 y 2080.

Con respecto al año 2020, se analizarán las plantas que el ICE estima que estarán operando en su Plan de Expansión de la Generación Eléctrica del 2012.

Para el año 2050 y 2080; tal y como se mencionó en la sección 2.4, el Plan de Expansión de la Generación Eléctrica del ICE, establece las plantas que ingresarán a operar cada año hasta el 2030; es necesario proyectar que plantas estarían operando en el año 2050 y en el 2080.

Dado que la necesidad de instalar nuevas plantas de generación responde al crecimiento de la demanda, para efectos de este estudio se ha proyectado la demanda considerando la misma tasa presentada del año 1990 al 2007: 5%.

Sin embargo, en la misma sección 2.4, se mencionó que dadas las condiciones climatológicas de Costa Rica, las proyecciones de su población y su modelo de desarrollo, se podría esperar una demanda máxima de 30995 GWh/año que incluyendo un 10% de pérdidas en transmisión y distribución equivalen a 34439 GWh, lo que considerando la tasa de crecimiento seleccionada, se estaría alcanzando antes del año 2038. Por lo que, tanto en el año 2050 como en el año 2080, las plantas en operación serían las mismas.

Para seleccionar las plantas que entrarían a operar después del año 2030 según el escenario 1; se ha considerado la facilidad de la ejecución del proyecto, por lo que se han priorizado los proyectos existentes que no poseen restricción alguna en un primer lugar, luego los que se encuentran en reservas forestales y por último, los que se encuentran en reservas indígenas.

Para el escenario 2, se consideraron todos los proyectos hidroeléctricos existentes incluyendo los que se encuentran en parques nacionales asociados a la cuenca del Río Sixaola.

De esta forma, en los cuadros No. 22a, b y c se han resumido las características de las plantas hidroeléctricas que posee una alta probabilidad de estar en operación en los años 2020, 2050 y 2080 con el objetivo de satisfacer la demanda nacional eléctrica de esos años según el escenario No. 1.

Por su parte, en los cuadros No. 23a, b y c se incluyen además las plantas que se podrían instalar para exportar electricidad a Centroamérica en donde nuevamente se observa que no hay diferencias entre los años 2050 y 2080. Se observa que para el 2020 no hay diferencias entre los escenarios 1 y 2 debido a la dificultad de instalar nuevas plantas en tan poco tiempo.

En ambos casos, la generación mensual que aparece en este cuadro, se ha obtenido con base en la proporción de la lluvia anual que ha ocurrido en cada mes según las series históricas disponibles para cada cuenca sin considerar la afectación por el cambio climático.

Cuadro No. 22a

Características y Generación de las Plantas que estarían en operación en el año 2020 según el escenario 1 sin considerar la afectación por el cambio climático

Planta	Cuenca	Tipo de Planta	Afectación Esperada	Potencia (MW)	Generación de electricidad (GWh)												Total
					Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
Menores ICE	Barranca	Filo de Agua	Mensual	5	3,5	3,1	3,4	3,3	3,5	3,4	3,5	3,5	3,5	3,6	3,4	3,4	41
Boyey	Matina	Filo de Agua	Mensual														0
Sueo	Matina	Filo de Agua	Mensual														0
Ayil	Matina	Embalse Estacional	Trimestral														0
Milagro	Naranjo	Filo de Agua	Mensual														0
Reyes	Naranjo	Filo de Agua	Mensual														0
Los Llanos	Naranjo	Filo de Agua	Mensual														0
Llanos Esqui	Naranjo	Filo de Agua	Mensual														0
Londres	Naranjo	Filo de Agua	Mensual														0
Pacuare	Pacuare	Embalse Estacional	Semestral														0
Otras en RI	Pacuare	Filo de Agua	Mensual														0
Pirris	Parrita	Filo de Agua	Mensual	140	28,7	18,1	16,0	37,1	57,1	51,8	46,2	58,8	75,8	84,9	73,7	45,8	594
La Ceiba	Parrita	Filo de Agua	Mensual														0
Rosalía	Parrita	Filo de Agua	Mensual														0
Quebrada Bejuco	Parrita	Filo de Agua	Mensual														0
Jamaica	Parrita	Filo de Agua	Mensual														0
Angostura	Reventazón	Filo de Agua	Mensual	180	73,1	51,1	50,0	51,5	69,2	96,3	95,3	101,9	84,8	90,8	81,0	75,0	920
Cachí	Reventazón	Filo de Agua	Mensual		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0
La Joya	Reventazón	Filo de Agua	Mensual	50	30,2	21,1	18,5	21,0	33,0	38,4	36,9	37,4	26,3	27,4	26,6	24,1	341
Menores JASEC	Reventazón	Filo de Agua	Mensual	20	12,1	10,3	11,0	10,6	12,8	13,3	13,3	13,7	13,4	13,5	13,4	13,5	151
Río Macho	Reventazón	Filo de Agua	Mensual	134	39,0	23,4	18,4	18,0	46,4	67,5	68,3	73,8	75,2	77,9	71,2	58,0	637
Torito	Reventazón	Filo de Agua	Mensual	50	60,9	20,3	19,9	20,5	27,4	36,6	36,0	37,3	32,8	34,4	31,7	29,5	387
Reventazón	Reventazón	Embalse Estacional	Trimestral	305	148,2	168,5	205,0	178,5	102,7	84,2	70,1	65,2	70,1	66,1	60,8	111,0	1330
Cachi 2	Reventazón	Filo de Agua	Mensual	157	69,7	45,5	38,6	43,6	73,8	93,8	96,6	108,2	73,3	103,3	100,5	78,9	926
Izarco	Reventazón	Filo de Agua	Mensual														0
Arenal	San Carlos	Embalse Multianual	Anual	157	89,6	101,9	124,0	107,9	62,1	50,9	42,4	39,4	42,4	39,8	36,6	67,0	804
Balsa	San Carlos	Filo de Agua	Mensual	38	15,7	10,3	8,9	6,9	10,6	15,6	19,2	19,7	19,2	20,1	20,3	18,4	185
Chocosuela	San Carlos	Filo de Agua	Mensual	28	7,6	5,2	4,6	3,5	5,1	7,3	8,8	9,0	8,7	9,2	9,4	8,7	87
Cote	San Carlos	Filo de Agua	Mensual	7	1,7	1,2	1,1	0,9	1,2	1,7	2,0	2,0	1,8	1,9	1,8	1,9	19
Daniel Gutiérrez	San Carlos	Filo de Agua	Mensual	19	8,6	5,6	4,8	3,8	5,8	8,5	10,5	10,8	10,5	11,0	11,1	10,1	101
Dengo	San Carlos	Embalse Multianual	Anual	174	103,4	117,6	143,1	124,5	71,6	58,7	48,9	45,5	48,9	46,2	42,5	77,5	928
El Encanto	San Carlos	Filo de Agua	Mensual	8	4,2	3,3	3,2	2,8	2,9	4,0	4,1	4,6	5,1	5,7	4,6	4,6	49
Privados Hidro	San Carlos	Filo de Agua	Mensual	105,4	44,5	32,0	29,8	24,7	32,9	42,4	48,6	50,3	47,8	50,5	52,1	49,6	505
Peñas Blancas	San Carlos	Filo de Agua	Mensual	37	16,6	14,3	13,3	10,6	15,1	18,3	22,2	20,8	18,2	13,7	12,8	15,1	191
Pocosol	San Carlos	Filo de Agua	Mensual	26	10,4	7,8	7,4	6,1	8,2	10,4	12,4	12,1	11,4	11,9	12,0	11,7	122
Sandillal	San Carlos	Embalse Multianual	Anual	32	23,1	26,2	31,9	27,8	16,0	13,1	10,9	10,2	10,9	10,4	9,5	17,4	207
Cariblanco	Sarapiquí	Filo de Agua	Mensual	84	26,9	19,1	18,1	15,6	19,5	23,0	26,1	28,4	24,5	26,0	32,2	32,5	292
Cubujiquí	Sarapiquí	Filo de Agua	Mensual	22	10,0	6,1	5,2	4,0	6,6	10,0	13,1	13,7	13,7	14,0	13,7	11,8	122
Doña Julia	Sarapiquí	Filo de Agua	Mensual	16	8,8	7,4	7,9	7,6	9,2	9,7	9,7	9,9	9,7	9,8	9,6	9,6	109
El General	Sarapiquí	Filo de Agua	Mensual	39	14,8	12,0	11,9	10,2	13,4	16,0	17,3	17,8	16,7	17,8	19,2	18,9	186
Toro I	Sarapiquí	Filo de Agua	Mensual	26,8	8,8	6,2	5,5	4,6	6,2	7,4	9,4	10,0	9,6	11,0	12,9	9,5	101
Toro II	Sarapiquí	Filo de Agua	Mensual	66	24,7	16,8	15,7	13,0	17,9	21,6	26,7	28,6	26,0	28,3	29,8	24,0	273
Toro III	Sarapiquí	Filo de Agua	Mensual	49,7	19,7	14,3	13,6	11,2	15,4	18,4	22,3	24,0	23,5	24,7	22,4	15,6	225
Savegre	Savegre	Embalse Estacional	Trimestral														0
Brujo I	Savegre	Filo de Agua	Mensual														0
Brujo II	Savegre	Filo de Agua	Mensual														0
Roncador	Savegre	Filo de Agua	Mensual														0
Santo Tomás	Savegre	Filo de Agua	Mensual														0
Proy. Río Sixaola (RI)	Sixaola	Filo de Agua	Mensual														0
Anonos	Tárcoles	Filo de Agua	Mensual	3,6	0,0	0,1	1,0	0,8	1,2	1,9	2,5	2,6	2,6	2,6	2,6	2,2	20
Brasil	Tárcoles	Filo de Agua	Mensual	24	7,4	5,5	5,3	5,1	7,6	9,8	9,6	10,9	12,3	14,2	12,0	9,4	109
Carrillos	Tárcoles	Filo de Agua	Mensual	2,34	1,0	0,7	0,7	0,7	1,2	1,7	1,6	1,9	2,3	2,6	2,2	1,5	18
Capulín	Tárcoles	Filo de Agua	Mensual	49	17,2	12,1	11,4	11,6	19,5	28,0	27,1	31,9	38,0	43,2	37,0	24,9	302
Chucas	Tárcoles	Filo de Agua	Mensual	50	19,7	13,9	13,1	13,3	22,3	32,1	31,0	36,5	43,6	49,5	42,4	28,6	346
Garita	Tárcoles	Filo de Agua	Mensual	40	17,4	16,4	16,6	13,8	11,7	15,1	18,9	19,1	18,6	19,2	17,3	18,0	202
Menores CNFL	Tárcoles	Filo de Agua	Mensual	31	11,9	8,7	8,4	8,2	12,1	15,6	15,2	17,4	19,6	22,7	19,1	15,0	174
Menores ESPH	Tárcoles	Filo de Agua	Mensual	10	1,7	1,5	1,5	1,3	1,5	1,6	1,7	1,7	1,6	1,7	1,7	1,7	19
Tacares	Tárcoles	Filo de Agua	Mensual	7	3,0	1,9	1,6	1,2	2,0	3,0	4,0	4,2	4,2	4,2	3,6	3,7	37
Ventanas Garita	Tárcoles	Filo de Agua	Mensual	100	32,3	25,6	26,2	24,2	29,3	41,8	41,2	46,2	51,2	57,7	49,6	38,8	464
Diquis	Térraba	Embalse Multianual	Anual	631	340,4	387,1	471,0	410,0	235,9	193,4	160,9	149,9	160,9	151,5	139,3	254,6	3055
RC-500	Térraba	Filo de Agua	Mensual	58	4,0	2,6	8,8	18,3	38,2	33,5	29,6	38,3	41,9	46,7	25,1	6,0	293
Chimiroí	Térraba	Filo de Agua	Mensual														0
Alto Palmas	Térraba	Filo de Agua	Mensual														0
Palmas 1	Térraba	Filo de Agua	Mensual														0
Palmas 2	Térraba	Filo de Agua	Mensual														0
Toro Amarillo	Toro Amarillo	Filo de Agua	Mensual														0
Canalete	Zapote	Filo de Agua	Mensual	18	6,7	4,9	4,7	4,0	4,8	6,6	8,1	8,0	7,2	7,4	7,1	7,5	77
Los Negros	Zapote	Filo de Agua	Mensual	17	8,0	5,0	4,3	3,5	4,8	8,0	10,6	10,6	9,2	9,4	9,0	9,6	92
Hidro Proyecto 1	San Carlos	Filo de Agua	Mensual	50	15,9	8,9	5,1	6,1	16,0	21,0	24,9	24,3	23,3	24,0	25,4	22,1	217
Hidro Proyecto 2	San Carlos	Filo de Agua	Mensual														0
Total Hidro				3067	1391	1264	1410	1292	1153	1236	1207	1260	1240	1310	1209	1287	15259
Eólicos				394	140	127	131	94	56	37	55	47	40	50	100	156	1031
Geotérmicos				300	169	153	169	164	169	157	163	152	161	132	152	163	1904
Biomasa				55	23	24	21	5	0	13	86						
Térmicos				559	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Exportación					-527	-487	-535	-396	-182	-273	-229	-263	-283	-296	-304	-423	-4198
TOTAL				4375	1196	1080	1196	1157	1196	1157	1196	1196	1157	1196	1157	1196	14082
DEMANDA INCLUYENDO 10% PERDIDAS																	

Cuadro No. 22b

Características y Generación de las Plantas que estarían en operación en el año 2050 según el escenario 1 sin considerar la afectación por el cambio climático

Planta	Cuenca	Tipo de Planta	Afectación Esperada	Potencia (MW)	Generación de electricidad (GWh)												Total
					Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
Menores ICE	Barranca	Filo de Agua	Mensual	5	3,5	3,1	3,4	3,3	3,5	3,4	3,5	3,5	3,5	3,6	3,4	3,4	41
Boyey	Matina	Filo de Agua	Mensual	209	74,9	55,9	42,9	51,0	78,3	70,9	104,2	79,4	42,9	60,2	102,6	101,7	865
Sueo	Matina	Filo de Agua	Mensual	56,3	21,4	16,0	12,2	14,6	22,4	20,2	29,8	22,7	12,2	17,2	29,3	29,0	247
Ayil	Matina	Embalse Estacional	Trimestral	174	85,2	96,9	117,9	102,7	59,1	48,4	40,3	37,5	40,3	37,9	34,9	63,7	765
Milagro	Naranjo	Filo de Agua	Mensual	31	3,3	1,6	2,9	7,6	18,8	18,8	20,4	22,0	24,0	28,9	19,1	7,7	175
Reyes	Naranjo	Filo de Agua	Mensual	23	2,6	1,3	2,3	5,8	14,5	14,5	15,7	16,9	18,5	22,3	14,7	6,0	135
Los Llanos	Naranjo	Filo de Agua	Mensual	123	9,8	4,8	8,6	22,2	55,2	55,0	59,7	64,4	70,2	84,7	55,9	22,7	513
Llanos Esqui	Naranjo	Filo de Agua	Mensual	58	4,6	2,3	4,0	10,5	26,0	25,9	28,2	30,4	33,1	39,9	26,4	10,7	242
Londres	Naranjo	Filo de Agua	Mensual	38	3,0	1,5	2,6	6,8	17,0	16,9	18,4	19,8	21,6	26,1	17,2	7,0	158
Pacuare	Pacuare	Embalse Estacional	Semestral	158	81,8	93,0	113,2	98,5	56,7	46,5	38,7	36,0	38,7	36,3	33,4	61,1	734
Otras en RI	Pacuare	Filo de Agua	Mensual	158	56,8	42,4	32,5	38,7	59,4	53,8	79,0	60,2	32,5	45,7	77,8	77,1	656
Pirris	Parrita	Filo de Agua	Mensual	140	28,7	18,1	16,0	37,1	57,1	51,8	46,2	58,8	75,8	84,9	73,7	45,8	594
La Ceiba	Parrita	Filo de Agua	Mensual	43,5	2,2	1,0	2,0	6,7	17,5	17,4	17,9	20,1	22,9	24,2	15,9	6,3	154
Rosalía	Parrita	Filo de Agua	Mensual	22,7	1,3	0,6	1,2	3,9	10,3	10,3	10,5	11,8	13,4	14,2	9,3	3,7	91
Quebrada Bejuco	Parrita	Filo de Agua	Mensual	36,8	2,3	1,1	2,1	7,2	18,8	18,7	19,2	21,5	24,5	26,0	17,0	6,7	165
Jamaica	Parrita	Filo de Agua	Mensual	49,6	2,9	1,3	2,6	8,9	23,4	23,2	23,9	26,8	30,5	32,3	21,1	8,3	205
Angostura	Reventazón	Filo de Agua	Mensual	180	73,1	51,1	50,0	51,5	69,2	96,3	95,3	101,9	84,8	90,8	81,0	75,0	920
Cachí	Reventazón	Filo de Agua	Mensual	103	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0
La Joya	Reventazón	Filo de Agua	Mensual	50	30,2	21,1	18,5	21,0	33,0	38,4	36,9	37,4	26,3	27,4	26,6	24,1	341
Menores JASEC	Reventazón	Filo de Agua	Mensual	20	12,1	10,3	11,0	10,6	12,8	13,3	13,3	13,7	13,4	13,5	13,4	13,5	151
Río Macho	Reventazón	Filo de Agua	Mensual	134	39,0	23,4	18,4	18,0	46,4	67,5	68,3	73,8	75,2	77,9	71,2	58,0	637
Torito	Reventazón	Filo de Agua	Mensual	50	60,9	20,3	19,9	20,5	27,4	36,6	36,0	37,3	32,8	34,4	31,7	29,5	387
Reventazón	Reventazón	Embalse Estacional	Trimestral	305	148,2	168,5	205,0	178,5	102,7	84,2	70,1	65,2	70,1	66,1	60,8	111,0	1330
Cachi 2	Reventazón	Filo de Agua	Mensual	157	69,7	45,5	38,6	43,6	73,8	93,8	96,6	108,2	73,3	103,3	100,5	78,9	926
Izarco	Reventazón	Filo de Agua	Mensual	143	60,7	46,2	29,8	40,3	77,8	88,0	89,3	80,9	78,4	78,2	90,8	97,7	858
Arenal	San Carlos	Embalse Multianual	Anual	157	89,6	101,9	124,0	107,9	62,1	50,9	42,4	39,4	42,4	39,8	36,6	67,0	804
Balsa	San Carlos	Filo de Agua	Mensual	38	15,7	10,3	8,9	6,9	10,6	15,6	19,2	19,7	19,2	20,1	20,3	18,4	185
Chocosuela	San Carlos	Filo de Agua	Mensual	28	7,6	5,2	4,6	3,5	5,1	7,3	8,8	9,0	8,7	9,2	9,4	8,7	87
Cote	San Carlos	Filo de Agua	Mensual	7	1,7	1,2	1,1	0,9	1,2	1,7	2,0	2,0	1,8	1,9	1,8	1,9	19
Daniel Gutiérrez	San Carlos	Filo de Agua	Mensual	19	8,6	5,6	4,8	3,8	5,8	8,5	10,5	10,8	10,5	11,0	11,1	10,1	101
Dengo	San Carlos	Embalse Multianual	Anual	174	103,4	117,6	143,1	124,5	71,6	58,7	48,9	45,5	48,9	46,2	42,5	77,5	928
El Encanto	San Carlos	Filo de Agua	Mensual	8	4,2	3,3	3,2	2,8	2,9	4,0	4,1	4,6	5,1	5,7	4,6	4,6	49
Privados Hidro	San Carlos	Filo de Agua	Mensual	105,4	44,5	32,0	29,8	24,7	32,9	42,4	48,6	50,3	47,8	50,5	52,1	49,6	505
Peñas Blancas	San Carlos	Filo de Agua	Mensual	37	16,6	14,3	13,3	10,6	15,1	18,3	22,2	20,8	18,2	13,7	12,8	15,1	191
Pocosol	San Carlos	Filo de Agua	Mensual	26	10,4	7,8	7,4	6,1	8,2	10,4	12,4	12,1	11,4	11,9	12,0	11,7	122
Sandifal	San Carlos	Embalse Multianual	Anual	32	23,1	26,2	31,9	27,8	16,0	13,1	10,9	10,2	10,9	10,4	9,5	17,4	207
Cariblanco	Sarapiquí	Filo de Agua	Mensual	84	26,9	19,1	18,1	15,6	19,5	23,0	26,1	28,4	24,5	26,0	32,2	32,5	292
Cubujiquí	Sarapiquí	Filo de Agua	Mensual	22	10,0	6,1	5,2	4,0	6,6	10,0	13,1	13,7	13,7	14,0	13,7	11,8	122
Doña Julia	Sarapiquí	Filo de Agua	Mensual	16	8,8	7,4	7,9	7,6	9,2	9,7	9,7	9,9	9,7	9,8	9,6	9,6	109
El General	Sarapiquí	Filo de Agua	Mensual	39	14,8	12,0	11,9	10,2	13,4	16,0	17,3	17,8	16,7	17,8	19,2	18,9	186
Toro I	Sarapiquí	Filo de Agua	Mensual	26,8	8,8	6,2	5,5	4,6	6,2	7,4	9,4	10,0	9,6	11,0	12,9	9,5	101
Toro II	Sarapiquí	Filo de Agua	Mensual	66	24,7	16,8	15,7	13,0	17,9	21,6	26,7	28,6	26,0	28,3	29,8	24,0	273
Toro III	Sarapiquí	Filo de Agua	Mensual	49,7	19,7	14,3	13,6	11,2	15,4	18,4	22,3	24,0	23,5	24,7	22,4	15,6	225
Savegre	Savegre	Embalse Estacional	Trimestral	178	82,3	93,6	113,9	99,2	57,1	46,8	38,9	36,3	38,9	36,5	33,6	61,5	739
Brujo I	Savegre	Filo de Agua	Mensual	79,3	6,6	3,2	5,8	15,0	37,3	37,2	40,4	43,5	47,5	57,3	37,8	15,3	347
Brujo II	Savegre	Filo de Agua	Mensual	68,4	5,3	2,6	4,6	12,0	29,8	29,7	32,3	34,8	38,0	45,8	30,2	12,2	277
Roncador	Savegre	Filo de Agua	Mensual	26	2,5	1,2	2,2	5,7	14,2	14,1	15,4	16,6	18,1	21,8	14,4	5,8	132
Santo Tomás	Savegre	Filo de Agua	Mensual	30	1,8	0,9	1,6	4,2	10,3	10,3	11,2	12,0	13,1	15,8	10,5	4,2	96
Proy. Río Sixoala (RI)	Sixoala	Filo de Agua	Mensual	361,9	201,8	157,6	158,1	181,7	238,9	178,3	233,6	193,3	113,6	138,4	233,5	286,2	2315
Anonos	Tárcoles	Filo de Agua	Mensual	3,6	0,0	0,1	1,0	0,8	1,2	1,9	2,5	2,6	2,6	2,6	2,6	2,2	20
Brasil	Tárcoles	Filo de Agua	Mensual	24	7,4	5,5	5,3	5,1	7,6	9,8	9,6	10,9	12,3	14,2	12,0	9,4	109
Carrillos	Tárcoles	Filo de Agua	Mensual	2,34	1,0	0,7	0,7	0,7	1,2	1,7	1,6	1,9	2,3	2,6	2,2	1,5	18
Capulín	Tárcoles	Filo de Agua	Mensual	49	17,2	12,1	11,4	11,6	19,5	28,0	27,1	31,9	38,0	43,2	37,0	24,9	302
Chucas	Tárcoles	Filo de Agua	Mensual	50	19,7	13,9	13,1	13,3	22,3	32,1	31,0	36,5	43,6	49,5	42,4	28,6	346
Garita	Tárcoles	Filo de Agua	Mensual	40	17,4	16,4	16,6	13,8	11,7	15,1	18,9	19,1	18,6	19,2	17,3	18,0	202
Menores CNFL	Tárcoles	Filo de Agua	Mensual	31	11,9	8,7	8,4	8,2	12,1	15,6	15,2	17,4	19,6	22,7	19,1	15,0	174
Menores ESPH	Tárcoles	Filo de Agua	Mensual	10	1,7	1,5	1,5	1,3	1,5	1,6	1,7	1,7	1,6	1,7	1,7	1,7	19
Tacares	Tárcoles	Filo de Agua	Mensual	7	3,0	1,9	1,6	1,2	2,0	3,0	4,0	4,2	4,2	4,2	4,2	3,6	37
Ventanas Garita	Tárcoles	Filo de Agua	Mensual	100	32,3	25,6	26,2	24,2	29,3	41,8	41,2	46,2	51,2	57,7	49,6	38,8	464
Diquis	Térraba	Embalse Multianual	Anual	631	340,4	387,1	471,0	410,0	235,9	193,4	160,9	149,9	160,9	151,5	139,3	254,6	3055
RC-500	Térraba	Filo de Agua	Mensual	58	4,0	2,6	8,8	18,3	38,2	33,5	29,6	38,3	41,9	46,7	25,1	6,0	293
Chimirof	Térraba	Filo de Agua	Mensual	58,4	3,9	2,6	8,7	18,1	37,8	33,2	29,3	37,9	41,5	46,2	24,8	5,9	290
Alto Palmas	Térraba	Filo de Agua	Mensual	97	4,9	3,3	10,9	22,6	47,3	41,5	36,7	47,5	51,9	57,9	31,1	7,4	363
Palmas 1	Térraba	Filo de Agua	Mensual	64,1	4,0	2,6	8,8	18,2	38,1	33,4	29,5	38,2	41,8	46,6	25,0	6,0	292
Palmas 2	Térraba	Filo de Agua	Mensual	133,2	7,2	4,7	15,8	32,8	68,5	60,2	53,1	68,8	75,3	83,8	45,0	10,8	526
Toro Amarillo	Toro Amarillo	Filo de Agua	Mensual	59	23,1	17,5	11,3	15,3	29,6	33,4	33,9	30,7	29,8	29,7	34,5	37,1	326
Canalete	Zapote	Filo de Agua	Mensual	18	6,7	4,9	4,7	4,0	4,8	6,6	8,1	8,0	7,2	7,4	7,1	7,5	77
Los Negros	Zapote	Filo de Agua	Mensual	17	8,0	5,0	4,3	3,5	4,8	8,0	10,6	10,6	9,2	9,4	9,0	9,6	92
Hidro Proyecto 1	San Carlos	Filo de Agua	Mensual	50	15,9	8,9	5,1	6,1	16,0	21,0	24,9	24,3	23,3	24,0	25,4	22,1	217
Hidro Proyecto 2	San Carlos	Filo de Agua	Mensual	50	15,9	8,9	5,1	6,1	16,0	21,0	24,9	24,3	23,3	24,0	25,4	22,1	217
Total Hidro				5699	2163	1928	2134	2148	2333	2303	2382	2394	2276	2488	2320	2271	27142
Eólicos				710	252	229	235	170	100	66	98	84	71	90	181	282	1858
Geotérmicos				594	335	302	335	324	334	312	323	301	318	262	302	323	3770
Biomasa				81	34	35	31	7	0	0	0	0	0	0	0	20	126
Térmicos				1260	141,5	147,7	189,8	182,5	158	149	121,8	145	165	84,97	27,89	30,2	1543
Exportación																	0
GENERACION TOTAL				8344	2925	2642	2925	2831	2925	2831	2925	2925	2831	2925	2831	2925	34439
DEMANDA INCLUYENDO 10% PERDIDAS					2925	2642	2925	2831	2925	2831	2925	2925	2831	2925	2831	2925	34439

Fuente: Elaboración propia con datos del ICE

Cuadro No. 22c

Características y Generación de las Plantas que estarían en operación en el año 2080 según el escenario 1 sin considerar la afectación por el cambio climático

Planta	Cuenca	Tipo de Planta	Afectación Esperada	Potencia (MW)	Generación de electricidad (GWh)												Total
					Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
Menores ICE	Barranca	Filo de Agua	Mensual	5	3,5	3,1	3,4	3,3	3,5	3,4	3,5	3,5	3,5	3,6	3,4	3,4	41
Boyey	Matina	Filo de Agua	Mensual	209	74,9	55,9	42,9	51,0	78,3	70,9	104,2	79,4	42,9	60,2	102,6	101,7	865
Sueo	Matina	Filo de Agua	Mensual	56,3	21,4	16,0	12,2	14,6	22,4	20,2	29,8	22,7	12,2	17,2	29,3	29,0	247
Ayil	Matina	Embalse Estacional	Trimestral	174	85,2	96,9	117,9	102,7	59,1	48,4	40,3	37,5	40,3	37,9	34,9	63,7	765
Miagro	Naranjo	Filo de Agua	Mensual	31	3,3	1,6	2,9	7,6	18,8	18,8	20,4	22,0	24,0	28,9	19,1	7,7	175
Reyes	Naranjo	Filo de Agua	Mensual	23	2,6	1,3	2,3	5,8	14,5	14,5	15,7	16,9	18,5	22,3	14,7	6,0	135
Los Llanos	Naranjo	Filo de Agua	Mensual	123	9,8	4,8	8,6	22,2	55,2	55,0	59,7	64,4	70,2	84,7	55,9	22,7	513
Llanos Esqui	Naranjo	Filo de Agua	Mensual	58	4,6	2,3	4,0	10,5	26,0	25,9	28,2	30,4	33,1	39,9	26,4	10,7	242
Londres	Naranjo	Filo de Agua	Mensual	38	3,0	1,5	2,6	6,8	17,0	16,9	18,4	19,8	21,6	26,1	17,2	7,0	158
Pacuare	Pacuare	Embalse Estacional	Semestral	158	81,8	93,0	113,2	98,5	56,7	46,5	38,7	36,0	38,7	36,3	33,4	61,1	734
Otras en RI	Pacuare	Filo de Agua	Mensual	158	56,8	42,4	32,5	38,7	59,4	53,8	79,0	60,2	32,5	45,7	77,8	77,1	656
Pirris	Parrita	Filo de Agua	Mensual	140	28,7	18,1	16,0	37,1	57,1	51,8	46,2	58,8	75,8	84,9	73,7	45,8	594
La Ceiba	Parrita	Filo de Agua	Mensual	43,5	2,2	1,0	2,0	6,7	17,5	17,4	17,9	20,1	22,9	24,2	15,9	6,3	154
Rosalía	Parrita	Filo de Agua	Mensual	22,7	1,3	0,6	1,2	3,9	10,3	10,3	10,5	11,8	13,4	14,2	9,3	3,7	91
Quebrada Bejuco	Parrita	Filo de Agua	Mensual	36,8	2,3	1,1	2,1	7,2	18,8	18,7	19,2	21,5	24,5	26,0	17,0	6,7	165
Jamaica	Parrita	Filo de Agua	Mensual	49,6	2,9	1,3	2,6	8,9	23,4	23,2	23,9	26,8	30,5	32,3	21,1	8,3	205
Angostura	Reventazón	Filo de Agua	Mensual	180	73,1	51,1	50,0	51,5	69,2	96,3	95,3	101,9	84,8	90,8	81,0	75,0	920
Cachí	Reventazón	Filo de Agua	Mensual	103	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0
La Joya	Reventazón	Filo de Agua	Mensual	50	30,2	21,1	18,5	21,0	33,0	38,4	36,9	37,4	26,3	27,4	26,6	24,1	341
Menores JASEC	Reventazón	Filo de Agua	Mensual	20	12,1	10,3	11,0	10,6	12,8	13,3	13,3	13,7	13,4	13,5	13,4	13,5	151
Río Macho	Reventazón	Filo de Agua	Mensual	134	39,0	23,4	18,4	18,0	46,4	67,5	68,3	73,8	75,2	77,9	71,2	58,0	637
Torito	Reventazón	Filo de Agua	Mensual	50	60,9	20,3	19,9	20,5	27,4	36,6	36,0	37,3	32,8	34,4	31,7	29,5	387
Reventazón	Reventazón	Embalse Estacional	Trimestral	305	148,2	168,5	205,0	178,5	102,7	84,2	70,1	65,2	70,1	66,1	60,8	111,0	1330
Cachi 2	Reventazón	Filo de Agua	Mensual	157	69,7	45,5	38,6	43,6	73,8	93,8	96,6	108,2	73,3	103,3	100,5	78,9	926
Izarco	Reventazón	Filo de Agua	Mensual	143	60,7	46,2	29,8	40,3	77,8	88,0	89,3	80,9	78,4	78,2	90,8	97,7	858
Arenal	San Carlos	Embalse Multianual	Anuales	157	89,6	101,9	124,0	107,9	62,1	50,9	42,4	39,4	42,4	39,8	36,6	67,0	804
Balsa	San Carlos	Filo de Agua	Mensual	38	15,7	10,3	8,9	6,9	10,6	15,6	19,2	19,7	19,2	20,1	20,3	18,4	185
Chocoseña	San Carlos	Filo de Agua	Mensual	28	7,6	5,2	4,6	3,5	5,1	7,3	8,8	9,0	8,7	9,2	9,4	8,7	87
Cote	San Carlos	Filo de Agua	Mensual	7	1,7	1,2	1,1	0,9	1,2	1,7	2,0	2,0	1,8	1,9	1,8	1,9	19
Daniel Gutiérrez	San Carlos	Filo de Agua	Mensual	19	8,6	5,6	4,8	3,8	5,8	8,5	10,5	10,8	10,5	11,0	11,1	10,1	101
Dengo	San Carlos	Embalse Multianual	Anuales	174	103,4	117,6	143,1	124,5	71,6	58,7	48,9	45,5	48,9	46,2	42,5	77,5	928
El Encanto	San Carlos	Filo de Agua	Mensual	8	4,2	3,3	3,2	2,8	2,9	4,0	4,1	4,6	5,1	5,7	4,6	4,6	49
Privados Hidro	San Carlos	Filo de Agua	Mensual	105,4	44,5	32,0	29,8	24,7	32,9	42,4	48,6	50,3	47,8	50,5	52,1	49,6	505
Peñas Blancas	San Carlos	Filo de Agua	Mensual	37	16,6	14,3	13,3	10,6	15,1	18,3	22,2	20,8	18,2	13,7	12,8	15,1	191
Pocosol	San Carlos	Filo de Agua	Mensual	26	10,4	7,8	7,4	6,1	8,2	10,4	12,4	12,1	11,4	11,9	12,0	11,7	122
Sandillal	San Carlos	Embalse Multianual	Anuales	32	23,1	26,2	31,9	27,8	16,0	13,1	10,9	10,2	10,9	10,4	9,5	17,4	207
Cariblanco	Sarapiquí	Filo de Agua	Mensual	84	26,9	19,1	18,1	15,6	19,5	23,0	26,1	28,4	24,5	26,0	32,2	32,5	292
Cubujuquí	Sarapiquí	Filo de Agua	Mensual	22	10,0	6,1	5,2	4,0	6,6	10,0	13,1	13,7	13,7	14,0	13,7	11,8	122
Doña Julia	Sarapiquí	Filo de Agua	Mensual	16	8,8	7,4	7,9	7,6	9,2	9,7	9,7	9,9	9,7	9,8	9,6	9,6	109
El General	Sarapiquí	Filo de Agua	Mensual	39	14,8	12,0	11,9	10,2	13,4	16,0	17,3	17,8	16,7	17,8	19,2	18,9	186
Toro I	Sarapiquí	Filo de Agua	Mensual	26,8	8,8	6,2	5,5	4,6	6,2	7,4	9,4	10,0	9,6	11,0	12,9	9,5	101
Toro II	Sarapiquí	Filo de Agua	Mensual	66	24,7	16,8	15,7	13,0	17,9	21,6	26,7	28,6	26,0	28,3	29,8	24,0	273
Toro III	Sarapiquí	Filo de Agua	Mensual	49,7	19,7	14,3	13,6	11,2	15,4	18,4	22,3	24,0	23,5	24,7	22,4	15,6	225
Savegre	Savegre	Embalse Estacional	Trimestral	178	82,3	93,6	113,9	99,2	57,1	46,8	38,9	36,3	38,9	36,5	33,6	61,5	739
Brujo I	Savegre	Filo de Agua	Mensual	79,3	6,6	3,2	5,8	15,0	37,3	37,2	40,4	43,5	47,5	57,3	37,8	15,3	347
Brujo II	Savegre	Filo de Agua	Mensual	68,4	5,3	2,6	4,6	12,0	29,8	29,7	32,3	34,8	38,0	45,8	30,2	12,2	277
Roncador	Savegre	Filo de Agua	Mensual	26	2,5	1,2	2,2	5,7	14,2	14,1	15,4	16,6	18,1	21,8	14,4	5,8	132
Santo Tomás	Savegre	Filo de Agua	Mensual	30	1,8	0,9	1,6	4,2	10,3	10,3	11,2	12,0	13,1	15,8	10,5	4,2	96
Proy. Río Sixoala (RI)	Sixoala	Filo de Agua	Mensual	361,9	201,8	157,6	158,1	181,7	238,9	178,3	233,6	193,3	113,6	138,4	233,5	286,2	2315
Anonos	Tárcoles	Filo de Agua	Mensual	3,6	0,0	0,1	1,0	0,8	1,2	1,9	2,5	2,6	2,6	2,6	2,2	2,2	20
Brasil	Tárcoles	Filo de Agua	Mensual	24	7,4	5,5	5,3	5,1	7,6	9,8	9,6	10,9	12,3	14,2	12,0	9,4	109
Carrillos	Tárcoles	Filo de Agua	Mensual	2,34	1,0	0,7	0,7	0,7	1,2	1,7	1,6	1,9	2,3	2,6	2,2	1,5	18
Capulín	Tárcoles	Filo de Agua	Mensual	49	17,2	12,1	11,4	11,6	19,5	28,0	27,1	31,9	38,0	43,2	37,0	24,9	302
Chucas	Tárcoles	Filo de Agua	Mensual	50	19,7	13,9	13,1	13,3	22,3	32,1	31,0	36,5	43,6	49,5	42,4	28,6	346
Garita	Tárcoles	Filo de Agua	Mensual	40	17,4	16,4	16,6	13,8	11,7	15,1	18,9	19,1	18,6	19,2	17,3	18,0	202
Menores CNFL	Tárcoles	Filo de Agua	Mensual	31	11,9	8,7	8,4	8,2	12,1	15,6	15,2	17,4	19,6	22,7	19,1	15,0	174
Menores ESPH	Tárcoles	Filo de Agua	Mensual	10	1,7	1,5	1,5	1,3	1,5	1,6	1,7	1,7	1,6	1,7	1,7	1,7	19
Tacares	Tárcoles	Filo de Agua	Mensual	7	3,0	1,9	1,6	1,2	2,0	3,0	4,0	4,2	4,2	4,2	3,6	3,7	37
Ventanas Garita	Tárcoles	Filo de Agua	Mensual	100	32,3	25,6	26,2	24,2	29,3	41,8	41,2	46,2	51,2	57,7	49,6	38,8	464
Diquis	Térraba	Embalse Multianual	Anuales	631	340,4	387,1	471,0	410,0	235,9	193,4	160,9	149,9	160,9	151,5	139,3	254,6	3055
RC-500	Térraba	Filo de Agua	Mensual	58	4,0	2,6	8,8	18,3	38,2	33,5	29,6	38,3	41,9	46,7	25,1	6,0	293
Chimirol	Térraba	Filo de Agua	Mensual	58,4	3,9	2,6	8,7	18,1	37,8	33,2	29,3	37,9	41,5	46,2	24,8	5,9	290
Alto Palmas	Térraba	Filo de Agua	Mensual	97	4,9	3,3	10,9	22,6	47,3	41,5	36,7	47,5	51,9	57,9	31,1	7,4	363
Palmas 1	Térraba	Filo de Agua	Mensual	64,1	4,0	2,6	8,8	18,2	38,1	33,4	29,5	38,2	41,8	46,6	25,0	6,0	292
Palmas 2	Térraba	Filo de Agua	Mensual	133,2	7,2	4,7	15,8	32,8	68,5	60,2	53,1	68,8	75,3	83,8	45,0	10,8	526
Toro Amarillo	Toro Amarillo	Filo de Agua	Mensual	59	23,1	17,5	11,3	15,3	29,6	33,4	33,9	30,7	29,8	29,7	34,5	37,1	326
Canalete	Zapote	Filo de Agua	Mensual	18	6,7	4,9	4,7	4,0	4,8	6,6	8,1	8,0	7,2	7,4	7,1	7,5	77
Los Negros	Zapote	Filo de Agua	Mensual	17	8,0	5,0	4,3	3,5	4,8	8,0	10,6	10,6	9,2	9,4	9,0	9,6	92
Hidro Proyecto 1	San Carlos	Filo de Agua	Mensual	50	15,9	8,9	5,1	6,1	16,0	21,0	24,9	24,3	23,3</				

Cuadro No. 23a

Características y Generación de las Plantas que estarían en operación en el año 2020 según el escenario 2 sin considerar la afectación por el cambio climático

Planta	Cuenca	Tipo de Planta	Afectación Esperada	Potencia (MW)	Generación de electricidad (GWh)												Total
					Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
Menores ICE	Barranca	Filo de Agua	Mensual	5	3,5	3,1	3,4	3,3	3,5	3,4	3,5	3,5	3,5	3,6	3,4	3,4	41
Boyey	Matina	Filo de Agua	Mensual														0
Sueo	Matina	Filo de Agua	Mensual														0
Ayil	Matina	Embalse Estacional	Trimestral														0
Milagro	Naranjo	Filo de Agua	Mensual														0
Reyes	Naranjo	Filo de Agua	Mensual														0
Los Llanos	Naranjo	Filo de Agua	Mensual														0
Llanos Esqui	Naranjo	Filo de Agua	Mensual														0
Londres	Naranjo	Filo de Agua	Mensual														0
Pacuare	Pacuare	Embalse Estacional	Semestral														0
Otras en RI	Pacuare	Filo de Agua	Mensual														0
Pirris	Parrita	Filo de Agua	Mensual	140	28,7	18,1	16,0	37,1	57,1	51,8	46,2	58,8	75,8	84,9	73,7	45,8	594
La Ceiba	Parrita	Filo de Agua	Mensual														0
Rosalía	Parrita	Filo de Agua	Mensual														0
Quebrada Bejuco	Parrita	Filo de Agua	Mensual														0
Jamaica	Parrita	Filo de Agua	Mensual														0
Angostura	Reventazón	Filo de Agua	Mensual	180	73,1	51,1	50,0	51,5	69,2	96,3	95,3	101,9	84,8	90,8	81,0	75,0	920
Cachi	Reventazón	Filo de Agua	Mensual		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0
La Joya	Reventazón	Filo de Agua	Mensual	50	30,2	21,1	18,5	21,0	33,0	38,4	36,9	37,4	26,3	27,4	26,6	24,1	341
Menores JASEC	Reventazón	Filo de Agua	Mensual	20	12,1	10,3	11,0	10,6	12,8	13,3	13,3	13,7	13,4	13,5	13,4	13,5	151
Río Macho	Reventazón	Filo de Agua	Mensual	134	39,0	23,4	18,4	18,0	46,4	67,5	68,3	73,8	75,2	77,9	71,2	58,0	637
Torito	Reventazón	Filo de Agua	Mensual	50	60,9	20,3	19,9	20,5	27,4	36,6	36,0	37,3	32,8	34,4	31,7	29,5	387
Reventazón	Reventazón	Embalse Estacional	Trimestral	305	148,2	168,5	205,0	178,5	102,7	84,2	70,1	65,2	70,1	66,1	60,8	111,0	1330
Cachi 2	Reventazón	Filo de Agua	Mensual	157	69,7	45,5	38,6	43,6	73,8	93,8	96,6	108,2	73,3	103,3	100,5	78,9	926
Izarco	Reventazón	Filo de Agua	Mensual														0
Arenal	San Carlos	Embalse Multianual	Anual	157	89,6	101,9	124,0	107,9	62,1	50,9	42,4	39,4	42,4	39,8	36,6	67,0	804
Balsa	San Carlos	Filo de Agua	Mensual	38	15,7	10,3	8,9	6,9	10,6	15,6	19,2	19,7	19,2	20,1	20,3	18,4	185
Chocosuela	San Carlos	Filo de Agua	Mensual	28	7,6	5,2	4,6	3,5	5,1	7,3	8,8	9,0	8,7	9,2	9,4	8,7	87
Cole	San Carlos	Filo de Agua	Mensual	7	1,7	1,2	1,1	0,9	1,2	1,7	2,0	2,0	1,8	1,9	1,8	1,9	19
Daniel Gutiérrez	San Carlos	Filo de Agua	Mensual	19	8,6	5,6	4,8	3,8	5,8	8,5	10,5	10,8	10,5	11,0	11,1	10,1	101
Dengo	San Carlos	Embalse Multianual	Anual	174	103,4	117,6	143,1	124,5	71,6	58,7	48,9	45,5	48,9	46,2	42,5	77,5	928
El Encanto	San Carlos	Filo de Agua	Mensual	8	4,2	3,3	3,2	2,8	2,9	4,0	4,1	4,6	5,1	5,7	4,6	4,6	49
Privados Hidro	San Carlos	Filo de Agua	Mensual	105,4	44,5	32,0	29,8	24,7	32,9	42,4	48,6	50,3	47,8	50,5	52,1	49,6	505
Peñas Blancas	San Carlos	Filo de Agua	Mensual	37	16,6	14,3	13,3	10,6	15,1	18,3	22,2	20,8	18,2	13,7	12,8	15,1	191
Pocosol	San Carlos	Filo de Agua	Mensual	26	10,4	7,8	7,4	6,1	8,2	10,4	12,4	12,1	11,4	11,9	12,0	11,7	122
Sandifal	San Carlos	Embalse Multianual	Anual	32	23,1	26,2	31,9	27,8	16,0	13,1	10,9	10,2	10,9	10,4	9,5	17,4	207
Cariblanco	Sarapiquí	Filo de Agua	Mensual	84	26,9	19,1	18,1	15,6	19,5	23,0	26,1	28,4	24,5	26,0	32,2	32,5	292
Cubujuquí	Sarapiquí	Filo de Agua	Mensual	22	10,0	6,1	5,2	4,0	6,6	10,0	13,1	13,7	13,7	14,0	13,7	11,8	122
Doña Julia	Sarapiquí	Filo de Agua	Mensual	16	8,8	7,4	7,9	7,6	9,2	9,7	9,7	9,9	9,7	9,8	9,6	9,6	109
El General	Sarapiquí	Filo de Agua	Mensual	39	14,8	12,0	11,9	10,2	13,4	16,0	17,3	17,8	16,7	17,8	19,2	18,9	186
Toro I	Sarapiquí	Filo de Agua	Mensual	26,8	8,8	6,2	5,5	4,6	6,2	7,4	9,4	10,0	9,6	11,0	12,9	9,5	101
Toro II	Sarapiquí	Filo de Agua	Mensual	66	24,7	16,8	15,7	13,0	17,9	21,6	26,7	28,6	26,0	28,3	29,8	24,0	273
Toro III	Sarapiquí	Filo de Agua	Mensual	49,7	19,7	14,3	13,6	11,2	15,4	18,4	22,3	24,0	23,5	24,7	22,4	15,6	225
Savegre	Savegre	Embalse Estacional	Trimestral														0
Brujo I	Savegre	Filo de Agua	Mensual														0
Brujo II	Savegre	Filo de Agua	Mensual														0
Roncador	Savegre	Filo de Agua	Mensual														0
Santo Tomás	Savegre	Filo de Agua	Mensual														0
Proy. Río Sixoala (RI)	Sixoala	Filo de Agua	Mensual														0
Proy. Río Sixoala (PN)	Sixoala	Filo de Agua	Mensual														0
Anonos	Tárcoles	Filo de Agua	Mensual	3,6	0,0	0,1	1,0	0,8	1,2	1,9	2,5	2,6	2,6	2,6	2,6	2,2	20
Brasil	Tárcoles	Filo de Agua	Mensual	24	7,4	5,5	5,3	5,1	7,6	9,8	9,6	10,9	12,3	14,2	12,0	9,4	109
Carrillos	Tárcoles	Filo de Agua	Mensual	2,34	1,0	0,7	0,7	0,7	1,2	1,7	1,6	1,9	2,3	2,6	2,2	1,5	18
Capulín	Tárcoles	Filo de Agua	Mensual	49	17,2	12,1	11,4	11,6	19,5	28,0	27,1	31,9	38,0	43,2	37,0	24,9	302
Chucas	Tárcoles	Filo de Agua	Mensual	50	19,7	13,9	13,1	13,3	22,3	32,1	31,0	36,5	43,6	49,5	42,4	28,6	346
Garita	Tárcoles	Filo de Agua	Mensual	40	17,4	16,4	16,6	13,8	11,7	15,1	18,9	19,1	18,6	19,2	17,3	18,0	202
Menores CNFL	Tárcoles	Filo de Agua	Mensual	31	11,9	8,7	8,4	8,2	12,1	15,6	15,2	17,4	19,6	22,7	19,1	15,0	174
Menores ESPH	Tárcoles	Filo de Agua	Mensual	10	1,7	1,5	1,5	1,3	1,5	1,6	1,7	1,7	1,6	1,7	1,7	1,7	19
Tacares	Tárcoles	Filo de Agua	Mensual	7	3,0	1,9	1,6	1,2	2,0	3,0	4,0	4,2	4,2	4,2	3,6	37	
Ventanas Garita	Tárcoles	Filo de Agua	Mensual	100	32,3	25,6	26,2	24,2	29,3	41,8	41,2	46,2	51,2	57,7	49,6	38,8	464
Diquis	Térraba	Embalse Multianual	Anual	631	340,4	387,1	471,0	410,0	235,9	193,4	160,9	149,9	160,9	151,5	139,3	254,6	3055
RC-500	Térraba	Filo de Agua	Mensual	58	4,0	2,6	8,8	18,3	38,2	33,5	29,6	38,3	41,9	46,7	25,1	6,0	293
Chimiroi	Térraba	Filo de Agua	Mensual														0
Alto Palmas	Térraba	Filo de Agua	Mensual														0
Palmas 1	Térraba	Filo de Agua	Mensual														0
Palmas 2	Térraba	Filo de Agua	Mensual														0
Toro Amarillo	Toro Amarillo	Filo de Agua	Mensual														0
Canalete	Zapote	Filo de Agua	Mensual	18	6,7	4,9	4,7	4,0	4,8	6,6	8,1	8,0	7,2	7,4	7,1	7,5	77
Los Negros	Zapote	Filo de Agua	Mensual	17	8,0	5,0	4,3	3,5	4,8	8,0	10,6	10,6	9,2	9,4	9,0	9,6	92
Hidro Proyecto 1	San Carlos	Filo de Agua	Mensual	50	15,9	8,9	5,1	6,1	16,0	21,0	24,9	24,3	23,3	24,0	25,4	22,1	217
Hidro Proyecto 2	San Carlos	Filo de Agua	Mensual														0
Total Hidro				3067	1391	1264	1410	1292	1153	1236	1207	1260	1240	1310	1209	1287	15259
Eólicos				394	140	127	131	94	56	37	55	47	40	50	100	156	1031
Geotérmicos				300	169	153	169	164	169	157	163	152	161	132	152	163	1904
Biomasa				55	23	24	21	5	0	13	86						
Térmicos				559	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Exportación																	-4198
TOTAL				4375	1196	1080	1196	1157</									

Cuadro No. 23b

Características y Generación de las Plantas que estarían en operación en el año 2050 según el escenario 2 sin considerar la afectación por el cambio climático

Planta	Cuenca	Tipo de Planta	Afectación Esperada	Potencia (MW)	Generación de electricidad (GWh)												Total
					Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
Menores ICE	Barranca	Filo de Agua	Mensual	5	3,5	3,1	3,4	3,3	3,5	3,4	3,5	3,5	3,5	3,6	3,4	3,4	41
Boyey	Matina	Filo de Agua	Mensual	209	74,9	55,9	42,9	51,0	78,3	70,9	104,2	79,4	42,9	60,2	102,6	101,7	865
Sueo	Matina	Filo de Agua	Mensual	56,3	21,4	16,0	12,2	14,6	22,4	20,2	29,8	22,7	12,2	17,2	29,3	29,0	247
Ayil	Matina	Embalse Estacional	Trimestral	174	85,2	96,9	117,9	102,7	59,1	48,4	40,3	37,5	40,3	37,9	34,9	63,7	765
Milagro	Naranjo	Filo de Agua	Mensual	31	3,3	1,6	2,9	7,6	18,8	18,8	20,4	22,0	24,0	28,9	19,1	7,7	175
Reyes	Naranjo	Filo de Agua	Mensual	23	2,6	1,3	2,3	5,8	14,5	14,5	15,7	16,9	18,5	22,3	14,7	6,0	135
Los Llanos	Naranjo	Filo de Agua	Mensual	123	9,8	4,8	8,6	22,2	55,2	55,0	59,7	64,4	70,2	84,7	55,9	22,7	513
Llanos Esqui	Naranjo	Filo de Agua	Mensual	58	4,6	2,3	4,0	10,5	26,0	25,9	28,2	30,4	33,1	39,9	26,4	10,7	242
Londres	Naranjo	Filo de Agua	Mensual	38	3,0	1,5	2,6	6,8	17,0	16,9	18,4	19,8	21,6	26,1	17,2	7,0	158
Pacuare	Pacuare	Embalse Estacional	Semestral	158	81,8	93,0	113,2	98,5	56,7	46,5	38,7	36,0	38,7	36,3	33,4	61,1	734
Otras en RI	Pacuare	Filo de Agua	Mensual	158	56,8	42,4	32,5	38,7	59,4	53,8	79,0	60,2	32,5	45,7	77,8	77,1	656
Pirris	Parrita	Filo de Agua	Mensual	140	28,7	18,1	16,0	37,1	57,1	51,8	46,2	58,8	75,8	84,9	73,7	45,8	594
La Ceiba	Parrita	Filo de Agua	Mensual	43,5	2,2	1,0	2,0	6,7	17,5	17,4	17,9	20,1	22,9	24,2	15,9	6,3	154
Rosalita	Parrita	Filo de Agua	Mensual	22,7	1,3	0,6	1,2	3,9	10,3	10,3	10,5	11,8	13,4	14,2	9,3	3,7	91
Quebrada Bejuco	Parrita	Filo de Agua	Mensual	36,8	2,3	1,1	2,1	7,2	18,8	18,7	19,2	21,5	24,5	26,0	17,0	6,7	165
Jamaica	Parrita	Filo de Agua	Mensual	49,6	2,9	1,3	2,6	8,9	23,4	23,2	23,9	26,8	30,5	32,3	21,1	8,3	205
Angostura	Reventazón	Filo de Agua	Mensual	180	73,1	51,1	50,0	51,5	69,2	96,3	95,3	101,9	84,8	90,8	81,0	75,0	920
Cachi	Reventazón	Filo de Agua	Mensual	103	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0
La Joya	Reventazón	Filo de Agua	Mensual	50	30,2	21,1	18,5	21,0	33,0	38,4	36,9	37,4	26,3	27,4	26,6	24,1	341
Menores JASEC	Reventazón	Filo de Agua	Mensual	20	12,1	10,3	11,0	10,6	12,8	13,3	13,3	13,7	13,4	13,5	13,4	13,5	151
Río Macho	Reventazón	Filo de Agua	Mensual	134	39,0	23,4	18,4	18,0	46,4	67,5	68,3	73,8	75,2	77,9	71,2	58,0	637
Torito	Reventazón	Filo de Agua	Mensual	50	60,9	20,3	19,9	20,5	27,4	36,6	36,0	37,3	32,8	34,4	31,7	29,5	387
Reventazón	Reventazón	Embalse Estacional	Trimestral	305	148,2	168,5	205,0	178,5	102,7	84,2	70,1	65,2	70,1	66,1	60,8	111,0	1330
Cachi 2	Reventazón	Filo de Agua	Mensual	157	69,7	45,5	38,6	43,6	73,8	93,8	96,6	108,2	73,3	103,3	100,5	78,9	926
Izarco	Reventazón	Filo de Agua	Mensual	143	60,7	46,2	29,8	40,3	77,8	88,0	89,3	80,9	78,4	78,2	90,8	97,7	858
Arenal	San Carlos	Embalse Multianual	Anual	157	89,6	101,9	124,0	107,9	62,1	50,9	42,4	39,4	42,4	39,8	36,6	67,0	804
Balsa	San Carlos	Filo de Agua	Mensual	38	15,7	10,3	8,9	6,9	10,6	15,6	19,2	19,7	19,2	20,1	20,3	18,4	185
Chocosuela	San Carlos	Filo de Agua	Mensual	28	7,6	5,2	4,6	3,5	5,1	7,3	8,8	9,0	8,7	9,2	9,4	8,7	87
Cote	San Carlos	Filo de Agua	Mensual	7	1,7	1,2	1,1	0,9	1,2	1,7	2,0	2,0	1,8	1,9	1,8	1,9	19
Daniel Gutiérrez	San Carlos	Filo de Agua	Mensual	19	8,6	5,6	4,8	3,8	5,8	8,5	10,5	10,8	10,5	11,0	11,1	10,1	101
Dengo	San Carlos	Embalse Multianual	Anual	174	103,4	117,6	143,1	124,5	71,6	58,7	48,9	45,5	48,9	46,2	42,5	77,5	928
El Encanto	San Carlos	Filo de Agua	Mensual	8	4,2	3,3	3,2	2,8	2,9	4,0	4,1	4,6	5,1	5,7	4,6	4,6	49
Privados Hidro	San Carlos	Filo de Agua	Mensual	105,4	44,5	32,0	29,8	24,7	32,9	42,4	48,6	50,3	47,8	50,5	52,1	49,6	505
Peñas Blancas	San Carlos	Filo de Agua	Mensual	37	16,6	14,3	13,3	10,6	15,1	18,3	22,2	20,8	18,2	13,7	12,8	15,1	191
Pocosot	San Carlos	Filo de Agua	Mensual	26	10,4	7,8	7,4	6,1	8,2	10,4	12,4	12,1	11,4	11,9	12,0	11,7	122
Sandifal	San Carlos	Embalse Multianual	Anual	32	23,1	26,2	31,9	27,8	16,0	13,1	10,9	10,2	10,9	10,4	9,5	17,4	207
Cariblanco	Sarapiquí	Filo de Agua	Mensual	84	26,9	19,1	18,1	15,6	19,5	23,0	26,1	28,4	24,5	26,0	32,2	32,5	292
Cubujuqui	Sarapiquí	Filo de Agua	Mensual	22	10,0	6,1	5,2	4,0	6,6	10,0	13,1	13,7	13,7	14,0	13,7	11,8	122
Doña Julia	Sarapiquí	Filo de Agua	Mensual	16	8,8	7,4	7,9	7,6	9,2	9,7	9,7	9,9	9,7	9,8	9,6	9,6	109
El General	Sarapiquí	Filo de Agua	Mensual	39	14,8	12,0	11,9	10,2	13,4	16,0	17,3	17,8	16,7	17,8	19,2	18,9	186
Toro I	Sarapiquí	Filo de Agua	Mensual	26,8	8,8	6,2	5,5	4,6	6,2	7,4	9,4	10,0	9,6	11,0	12,9	9,5	101
Toro II	Sarapiquí	Filo de Agua	Mensual	66	24,7	16,8	15,7	13,0	17,9	21,6	26,7	28,6	26,0	28,3	29,8	24,0	273
Toro III	Sarapiquí	Filo de Agua	Mensual	49,7	19,7	14,3	13,6	11,2	15,4	18,4	22,3	24,0	23,5	24,7	22,4	15,6	225
Savegre	Savegre	Embalse Estacional	Trimestral	178	82,3	93,6	113,9	99,2	57,1	46,8	38,9	36,3	38,9	36,5	33,6	61,5	739
Brujo I	Savegre	Filo de Agua	Mensual	79,3	6,6	3,2	5,8	15,0	37,3	37,2	40,4	43,5	47,5	57,3	37,8	15,3	347
Brujo II	Savegre	Filo de Agua	Mensual	68,4	5,3	2,6	4,6	12,0	29,8	29,7	32,3	34,8	38,0	45,8	30,2	12,2	277
Roncador	Savegre	Filo de Agua	Mensual	26	2,5	1,2	2,2	5,7	14,2	14,1	15,4	16,6	18,1	21,8	14,4	5,8	132
Santo Tomás	Savegre	Filo de Agua	Mensual	30	1,8	0,9	1,6	4,2	10,3	10,3	11,2	12,0	13,1	15,8	10,5	4,2	96
Proy. Río Sixoala (RI)	Sixoala	Filo de Agua	Mensual	361,9	201,8	157,6	158,1	181,7	238,9	178,3	233,6	193,3	113,6	138,4	233,5	286,2	2315
Proy. Río Sixoala (PN)	Sixoala	Filo de Agua	Mensual	742	389,0	304,0	304,9	350,3	460,7	343,9	450,4	372,7	219,1	266,9	450,3	551,8	4464
Anonos	Tárcoles	Filo de Agua	Mensual	3,6	0,0	0,1	1,0	0,8	1,2	1,9	2,5	2,6	2,6	2,6	2,6	2,2	20
Brasil	Tárcoles	Filo de Agua	Mensual	24	7,4	5,5	5,3	5,1	7,6	9,8	9,6	10,9	12,3	14,2	12,0	9,4	109
Carrillos	Tárcoles	Filo de Agua	Mensual	2,34	1,0	0,7	0,7	0,7	1,2	1,7	1,6	1,9	2,3	2,6	2,2	1,5	18
Capulín	Tárcoles	Filo de Agua	Mensual	49	17,2	12,1	11,4	11,6	19,5	28,0	27,1	31,9	38,0	43,2	37,0	24,9	302
Chucas	Tárcoles	Filo de Agua	Mensual	50	19,7	13,9	13,1	13,3	22,3	32,1	31,0	36,5	43,6	49,5	42,4	28,6	346
Garita	Tárcoles	Filo de Agua	Mensual	40	17,4	16,4	16,6	13,8	11,7	15,1	18,9	19,1	18,6	19,2	17,3	18,0	202
Menores CNFL	Tárcoles	Filo de Agua	Mensual	31	11,9	8,7	8,4	8,2	12,1	15,6	15,2	17,4	19,6	22,7	19,1	15,0	174
Menores ESPH	Tárcoles	Filo de Agua	Mensual	10	1,7	1,5	1,5	1,3	1,5	1,6	1,7	1,7	1,6	1,7	1,7	1,7	19
Tacares	Tárcoles	Filo de Agua	Mensual	7	3,0	1,9	1,6	1,2	2,0	3,0	4,0	4,2	4,2	4,2	4,2	3,6	37
Ventanas Garita	Tárcoles	Filo de Agua	Mensual	100	32,3	25,6	26,2	24,2	29,3	41,8	41,2	46,2	51,2	57,7	49,6	38,8	464
Diquis	Térraba	Embalse Multianual	Anual	631	340,4	387,1	471,0	410,0	235,9	193,4	160,9	149,9	160,9	151,5	139,3	254,6	3055
RC-500	Térraba	Filo de Agua	Mensual	58	4,0	2,6	8,8	18,3	38,2	33,5	29,6	38,3	41,9	46,7	25,1	6,0	293
Chimiro	Térraba	Filo de Agua	Mensual	68,4	3,9	2,6	8,7	18,1	37,8	33,2	29,3	37,9	41,5	46,2	24,8	5,9	290
Alto Palmas	Térraba	Filo de Agua	Mensual	97	4,9	3,3	10,9	22,6	47,3	41,5	36,7	47,5	51,9	57,9	31,1	7,4	363
Palmas 1	Térraba	Filo de Agua	Mensual	64,1	4,0	2,6	8,8	18,2	38,1	33,4	29,5	38,2	41,8	46,6	25,0	6,0	292
Palmas 2	Térraba	Filo de Agua	Mensual	133,2	7,2	4,7	15,8	32,8	68,5	60,2	53,1	68,8	75,3	83,8	45,0	10,8	526
Toro Amarillo	Toro Amarillo	Filo de Agua	Mensual	59	23,1	17,5	11,3	15,3	29,6	33,4	33,9	30,7	29,8	29,7	34,5	37,1	326
Canalete	Zapote	Filo de Agua	Mensual	18	6,7	4,9	4,7	4,0	4,8	6,6	8,1	8,0	7,2	7,4	7,1	7,5	77
Los Negros	Zapote	Filo de Agua	Mensual	17	8,0	5,0	4,3	3,5	4,8	8,0	10,6	10,6	9,2	9,4	9,0	9,6	92
Hidro Proyecto 1	San Carlos	Filo de Agua	Mensual	50	15,9	8,9	5,1	6,1	16,0	21,0	24,9	24,3	23,3	24,0	25,4	22,1	217
Hidro Proyecto 2	San Carlos	Filo de Agua	Mensual	50	15,9	8,9	5,1	6,1	16,0	21,0	24,9	24,3	23,3	24,0	25,4	22,1	217
Total Hidro				6441	2552	2232	2439	2498	2794	2647	2832	2767	2496	2755	2770	2823	31606
Eólicos				800	284	258	265	191	113	75	111	95	80	101	204	318	2094
Geotérmicos				1000	563	509	563	545	563	525	544	507	535	441	508	543	6346
Biomasa				81	34	35	31	7	0	0	0	0	0	0	0	20	126
Térmicos				1260	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Exportación					-508	-392	-374	-411	-544	-416	-562	-444	-280	-372	-652	-778	-5733
GENERACION TOTAL				9582	2925	2642	2925	2831	2925	2831	2925	2925	2831	2925	2831	2925	34439
DEMANDA INCLUYENDO 10% PERDIDAS					2925	2642	2925	2831									

Cuadro No. 23c

Características y Generación de las Plantas que estarían en operación en el año 2080 según el escenario 2 sin considerar la afectación por el cambio climático

Planta	Cuenca	Tipo de Planta	Afectación Esperada	Potencia (MW)	Generación de electricidad (GWh)												Total
					Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
Menores ICE	Barranca	Filo de Agua	Mensual	5	3,5	3,1	3,4	3,3	3,5	3,4	3,5	3,5	3,5	3,6	3,4	3,4	41
Boyey	Matina	Filo de Agua	Mensual	209	74,9	55,9	42,9	51,0	78,3	70,9	104,2	79,4	42,9	60,2	102,6	101,7	865
Sueo	Matina	Filo de Agua	Mensual	56,3	21,4	16,0	12,2	14,6	22,4	20,2	29,8	22,7	12,2	17,2	29,3	29,0	247
Ayil	Matina	Embalse Estacional	Trimestral	174	85,2	96,9	117,9	102,7	59,1	48,4	40,3	37,5	40,3	37,9	34,9	63,7	765
Miagro	Narango	Filo de Agua	Mensual	31	3,3	1,6	2,9	7,6	18,8	18,8	20,4	22,0	24,0	28,9	19,1	7,7	175
Reyes	Narango	Filo de Agua	Mensual	23	2,6	1,3	2,3	5,8	14,5	14,5	15,7	16,9	18,5	22,3	14,7	6,0	135
Los Llanos	Narango	Filo de Agua	Mensual	123	9,8	4,8	8,6	22,2	55,2	55,0	59,7	64,4	70,2	84,7	55,9	22,7	513
Llanos Esqui	Narango	Filo de Agua	Mensual	58	4,6	2,3	4,0	10,5	26,0	25,9	28,2	30,4	33,1	39,9	26,4	10,7	242
Londres	Narango	Filo de Agua	Mensual	38	3,0	1,5	2,6	6,8	17,0	16,9	18,4	19,8	21,6	26,1	17,2	7,0	158
Pacuare	Pacuare	Embalse Estacional	Semestral	158	81,8	93,0	113,2	98,5	56,7	46,5	38,7	36,0	38,7	36,3	33,4	61,1	734
Otras en RI	Pacuare	Filo de Agua	Mensual	158	56,8	42,4	32,5	38,7	59,4	53,8	79,0	60,2	32,5	45,7	77,8	77,1	656
Pirris	Parrita	Filo de Agua	Mensual	140	28,7	18,1	16,0	37,1	57,1	51,8	46,2	58,8	75,8	84,9	73,7	45,8	594
La Ceiba	Parrita	Filo de Agua	Mensual	43,5	2,2	1,0	2,0	6,7	17,5	17,4	17,9	20,1	22,9	24,2	15,9	6,3	154
Rosalía	Parrita	Filo de Agua	Mensual	22,7	1,3	0,6	1,2	3,9	10,3	10,3	10,5	11,8	13,4	14,2	9,3	3,7	91
Quebrada Bejuco	Parrita	Filo de Agua	Mensual	36,8	2,3	1,1	2,1	7,2	18,8	18,7	19,2	21,5	24,5	26,0	17,0	6,7	165
Jamaica	Parrita	Filo de Agua	Mensual	49,6	2,9	1,3	2,6	8,9	23,4	23,2	23,9	26,8	30,5	32,3	21,1	8,3	205
Angostura	Reventazón	Filo de Agua	Mensual	180	73,1	51,1	50,0	51,5	69,2	96,3	95,3	101,9	84,8	90,8	81,0	75,0	920
Cachi	Reventazón	Filo de Agua	Mensual	103	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0
La Joya	Reventazón	Filo de Agua	Mensual	50	30,2	21,1	18,5	21,0	33,0	38,4	36,9	37,4	26,3	27,4	26,6	24,1	341
Menores JASEC	Reventazón	Filo de Agua	Mensual	20	12,1	10,3	11,0	10,6	12,8	13,3	13,3	13,7	13,4	13,5	13,4	13,5	151
Río Macho	Reventazón	Filo de Agua	Mensual	134	39,0	23,4	18,4	18,0	46,4	67,5	68,3	73,8	75,2	77,9	71,2	58,0	637
Torilo	Reventazón	Embalse Estacional	Trimestral	305	148,2	168,5	205,0	178,5	102,7	84,2	70,1	65,2	70,1	66,1	60,8	111,0	1330
Cachi 2	Reventazón	Filo de Agua	Mensual	157	69,7	45,5	38,6	43,6	73,8	93,8	96,6	108,2	73,3	103,3	100,5	78,9	926
Izarco	Reventazón	Filo de Agua	Mensual	143	60,7	46,2	29,8	40,3	77,8	88,0	89,3	80,9	78,4	78,2	90,8	97,7	858
Arenal	San Carlos	Embalse Multianual	Anual	157	89,6	101,9	124,0	107,9	62,1	50,9	42,4	39,4	42,4	39,8	36,6	67,0	804
Balsa	San Carlos	Filo de Agua	Mensual	38	15,7	10,3	8,9	6,9	10,6	15,6	19,2	19,7	19,2	20,1	20,3	18,4	185
Chococusela	San Carlos	Filo de Agua	Mensual	28	7,6	5,2	4,6	3,5	5,1	7,3	8,8	9,0	8,7	9,2	9,4	8,7	87
Cote	San Carlos	Filo de Agua	Mensual	7	1,7	1,2	1,1	0,9	1,2	1,7	2,0	2,0	1,8	1,9	1,8	1,9	19
Daniel Gutiérrez	San Carlos	Filo de Agua	Mensual	19	8,6	5,6	4,8	3,8	5,8	8,5	10,5	10,8	10,5	11,0	11,1	10,1	101
Dengo	San Carlos	Embalse Multianual	Anual	174	103,4	117,6	143,1	124,5	71,6	58,7	48,9	45,5	48,9	46,2	42,5	77,5	928
El Encanto	San Carlos	Filo de Agua	Mensual	8	4,2	3,3	3,2	2,8	2,9	4,0	4,1	4,6	5,1	5,7	4,6	4,6	49
Privados Hidro	San Carlos	Filo de Agua	Mensual	105,4	44,5	32,0	29,8	24,7	32,9	42,4	48,6	50,3	47,8	50,5	52,1	49,6	505
Peñas Blancas	San Carlos	Filo de Agua	Mensual	37	16,6	14,3	13,3	10,6	15,1	18,3	22,2	20,8	18,2	13,7	12,8	15,1	191
Pocosol	San Carlos	Filo de Agua	Mensual	26	10,4	7,8	7,4	6,1	8,2	10,4	12,4	12,1	11,4	11,9	12,0	11,7	122
Sandifal	San Carlos	Embalse Multianual	Anual	32	23,1	26,2	31,9	27,8	16,0	13,1	10,9	10,2	10,9	10,4	9,5	17,4	207
Cariblanco	Sarapiquí	Filo de Agua	Mensual	84	26,9	19,1	18,1	15,6	19,5	23,0	26,1	28,4	24,5	26,0	32,2	32,5	292
Cubujuquí	Sarapiquí	Filo de Agua	Mensual	22	10,0	6,1	5,2	4,0	6,6	10,0	13,1	13,7	13,7	14,0	13,7	11,8	122
Doña Julia	Sarapiquí	Filo de Agua	Mensual	16	8,8	7,4	7,9	7,6	9,2	9,7	9,7	9,9	9,7	9,8	9,6	9,6	109
El General	Sarapiquí	Filo de Agua	Mensual	39	14,8	12,0	11,9	10,2	13,4	16,0	17,3	17,8	16,7	17,8	19,2	18,9	186
Toro I	Sarapiquí	Filo de Agua	Mensual	26,8	8,8	6,2	5,5	4,6	6,2	7,4	9,4	10,0	9,6	11,0	12,9	9,5	101
Toro II	Sarapiquí	Filo de Agua	Mensual	66	24,7	16,8	15,7	13,0	17,9	21,6	26,7	28,6	26,0	28,3	29,8	24,0	273
Toro III	Sarapiquí	Filo de Agua	Mensual	49,7	19,7	14,3	13,6	11,2	15,4	18,4	22,3	24,0	23,5	24,7	22,4	15,6	225
Savegre	Savegre	Embalse Estacional	Trimestral	178	82,3	93,6	113,9	99,2	57,1	46,8	38,9	36,3	38,9	36,5	33,6	61,5	739
Brujo I	Savegre	Filo de Agua	Mensual	79,3	6,6	3,2	5,8	15,0	37,3	37,2	40,4	43,5	47,5	57,3	37,8	15,3	347
Brujo II	Savegre	Filo de Agua	Mensual	68,4	5,3	2,6	4,6	12,0	29,8	29,7	32,3	34,8	38,0	45,8	30,2	12,2	277
Roncador	Savegre	Filo de Agua	Mensual	26	2,5	1,2	2,2	5,7	14,2	14,1	15,4	16,6	18,1	21,8	14,4	5,8	132
Santo Tomás	Savegre	Filo de Agua	Mensual	30	1,8	0,9	1,6	4,2	10,3	10,3	11,2	12,0	13,1	15,8	10,5	4,2	96
Proy. Río Sixola (RI)	Sixola	Filo de Agua	Mensual	361,9	201,8	157,6	158,1	181,7	238,9	178,3	233,6	193,3	113,6	138,4	233,5	286,2	2315
Proy. Río Sixola (PN)	Sixola	Filo de Agua	Mensual	742	389,0	304,0	304,9	350,3	460,7	343,9	450,4	372,7	219,1	266,9	450,3	551,8	4464
Anonos	Tárcoles	Filo de Agua	Mensual	3,6	0,0	0,1	1,0	0,8	1,2	1,9	2,5	2,6	2,6	2,6	2,6	2,2	20
Brasil	Tárcoles	Filo de Agua	Mensual	24	7,4	5,5	5,3	5,1	7,6	9,8	9,6	10,9	12,3	14,2	12,0	9,4	109
Carrillos	Tárcoles	Filo de Agua	Mensual	2,34	1,0	0,7	0,7	1,2	1,7	1,6	1,9	2,3	2,6	2,2	1,5	18	
Capulín	Tárcoles	Filo de Agua	Mensual	49	17,2	12,1	11,4	11,6	19,5	28,0	27,1	31,9	38,0	43,2	37,0	24,9	302
Chucas	Tárcoles	Filo de Agua	Mensual	50	19,7	13,9	13,1	13,3	22,3	32,1	31,0	36,5	43,6	49,5	42,4	28,6	346
Garita	Tárcoles	Filo de Agua	Mensual	40	17,4	16,4	16,6	13,8	11,7	15,1	18,9	19,1	18,6	19,2	17,3	18,0	202
Menores CNFL	Tárcoles	Filo de Agua	Mensual	31	11,9	8,7	8,4	8,2	12,1	15,6	15,2	17,4	19,6	22,7	19,1	15,0	174
Menores ESPH	Tárcoles	Filo de Agua	Mensual	10	1,7	1,5	1,5	1,3	1,5	1,6	1,7	1,7	1,6	1,7	1,7	1,7	19
Tacares	Tárcoles	Filo de Agua	Mensual	7	3,0	1,9	1,6	1,2	2,0	3,0	4,0	4,2	4,2	4,2	4,2	3,6	37
Ventanas Garita	Tárcoles	Filo de Agua	Mensual	100	32,3	25,6	26,2	24,2	29,3	41,8	41,2	46,2	51,2	57,7	49,6	38,8	464
Diquis	Térraba	Embalse Multianual	Anual	631	340,4	387,1	471,0	410,0	235,9	193,4	160,9	149,9	160,9	151,5	139,3	254,6	3055
RC-500	Térraba	Filo de Agua	Mensual	58	4,0	2,6	8,8	18,3	38,2	33,5	29,6	38,3	41,9	46,7	25,1	6,0	293
Chimiro	Térraba	Filo de Agua	Mensual	58,4	3,9	2,6	8,7	18,1	37,8	33,2	29,3	37,9	41,5	46,2	24,8	5,9	290
Alto Palmas	Térraba	Filo de Agua	Mensual	97	4,9	3,3	10,9	22,6	47,3	41,5	36,7	47,5	51,9	57,9	31,1	7,4	363
Palmas 1	Térraba	Filo de Agua	Mensual	64,1	4,0	2,6	8,8	18,2	38,1	33,4	29,5	38,2	41,8	46,6	25,0	6,0	292
Palmas 2	Térraba	Filo de Agua	Mensual	133,2	7,2	4,7	15,8	32,8	68,5	60,2	53,1	68,8	75,3	83,8	45,0	10,8	526
Toro Amarillo	Toro Amarillo	Filo de Agua	Mensual	59	23,1	17,5	11,3	15,3	29,6	33,4	33,9	30,7	29,8	29,7	34,5	37,1	326
Canalete	Zapote	Filo de Agua	Mensual	18	6,7	4,9	4,7	4,0	4,8	6,6	8,1	8,0	7,2	7,4	7,1	7,5	77
Los Negros	Zapote	Filo de Agua	Mensual	17	8,0	5,0	4,3	3,5	4,8	8,0	10,6	10,6	9,2	9,4	9,0	9,6	92
Hidro Proyecto 1	San Carlos	Filo de Agua	Mensual	50	15,9	8,9	5,1	6,1	16,0	21,0	24,9	24,3	23,3	24,0</			

Al observar los cuadros No. 10 y 11, se puede observar que si el cambio climático no afectara la generación hidroeléctrica nacional, las plantas que estarían operando en el año 2020, serían capaces de generar un excedente de 4198 GWh/año que podrían colocarse en el mercado centroamericano y considerando un precio de venta de 0,15 US\$/kWh; esta energía tendría un valor de 630 millones de US\$/año.

También se aprecia, que a pesar de considerar la instalación de todos los proyectos hidroeléctricos disponibles excepto los ubicados en parques nacionales, en los años 2050 y 2080, será necesario generar cerca del 4,5% de la electricidad a partir de combustibles; lo cual es sin embargo; una proporción mucho más baja que la presentada en los últimos años (cerca del 8%).

De la misma forma, si en el año 2050 se aprovechara todo el potencial de energías renovables de Costa Rica, el país estaría en capacidad de generar exportaciones de electricidad del orden de los 5733 GWh con un valor de 860 millones de US\$/año.

Sin embargo, se debe tomar en cuenta los efectos que el cambio climático podría provocar tanto en la demanda como en la oferta de electricidad.

En los cuadros No. 24 y 25 a, b y c; se resumen tanto la demanda como la generación eléctrica que se tendría considerando el crecimiento adicional del 0,05% en el consumo de electricidad y la producción esperada de acuerdo con las afectaciones en los caudales y en la velocidad del viento que se resumieron en la sección 2.2.1 y 2.2.2.

Es conveniente hacer notar que en este caso, la demanda de electricidad del 2080 no coincide con la del 2050 debido a que la variación en la temperatura media provocaría un aumento del consumo de electricidad mayor en el año 2080 que en el año 2050.

También vale la pena aclarar que las estimaciones de la afectación en la generación, se determinan de acuerdo con el tipo de planta. Las que son de filo de agua, se considera una afectación mensual, mientras que para las que poseen embalses se procede a promediar la afectación en la cantidad de meses anteriores de acuerdo con la capacidad del embalse.

Cuadro No. 24a

Características y Generación de las Plantas que estarían en operación en el año 2020 según el escenario 1 considerando la afectación por el cambio climático

Planta	Cuenca	Tipo de Planta	Afectación Esperada	Potencia (MW)	Generación de electricidad (GWh)												Total
					Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
Menores ICE	Barranca	Filo de Agua	Mensual	5	3,5	3,1	3,4	3,3	3,5	3,4	3,5	3,5	3,5	3,6	3,4	3,4	41
Boyey	Matina	Filo de Agua	Mensual		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0
Sueo	Matina	Filo de Agua	Mensual		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0
Ayil	Matina	Embalse Estacional	Trimestral		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0
Milagro	Naranjo	Filo de Agua	Mensual		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0
Reyes	Naranjo	Filo de Agua	Mensual		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0
Los Llanos	Naranjo	Filo de Agua	Mensual		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0
Llanos Esqui	Naranjo	Filo de Agua	Mensual		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0
Londres	Naranjo	Filo de Agua	Mensual		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0
Pacuare	Pacuare	Embalse Estacional	Semestral		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0
Otras en RI	Pacuare	Filo de Agua	Mensual		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0
Pirris	Parrita	Filo de Agua	Mensual	140	27,3	17,2	15,0	34,9	50,8	49,0	44,8	57,1	75,3	85,0	72,5	45,6	574
La Ceiba	Parrita	Filo de Agua	Mensual		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0
Rosalía	Parrita	Filo de Agua	Mensual		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0
Quebrada Bejuco	Parrita	Filo de Agua	Mensual		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0
Jamaica	Parrita	Filo de Agua	Mensual		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0
Angostura	Reventazón	Filo de Agua	Mensual	180	73,0	49,5	47,7	49,1	65,0	90,4	92,3	97,3	82,9	88,2	80,7	74,1	890
Cachi	Reventazón	Filo de Agua	Mensual		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0
La Joya	Reventazón	Filo de Agua	Mensual	50	30,2	20,5	17,7	20,0	31,0	36,1	35,7	35,7	25,7	26,7	26,5	23,8	330
Menores JASEC	Reventazón	Filo de Agua	Mensual	20	12,1	10,0	10,5	10,1	12,0	12,5	12,9	13,1	13,1	13,2	13,4	13,4	146
Río Macho	Reventazón	Filo de Agua	Mensual	134	39,0	22,7	17,5	17,2	43,5	63,3	66,2	70,4	73,5	75,7	70,9	57,3	617
Torito	Reventazón	Filo de Agua	Mensual	50	60,9	19,7	19,0	19,5	25,7	34,4	34,9	35,6	32,1	33,4	31,5	29,2	376
Reventazón	Reventazón	Embalse Estacional	Trimestral	305	146,0	167,6	202,1	173,9	98,5	79,9	66,1	61,9	66,8	63,9	58,9	109,0	1295
Cachi 2	Reventazón	Filo de Agua	Mensual	157	69,7	44,2	36,9	41,5	69,3	88,1	93,6	103,3	71,6	100,4	100,1	77,9	897
Izarco	Reventazón	Filo de Agua	Mensual		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0
Arenal	San Carlos	Embalse Multianual	Anual	157	86,3	98,2	119,4	104,0	59,8	49,0	40,8	38,0	40,8	38,4	35,3	64,5	775
Balsa	San Carlos	Filo de Agua	Mensual	38	15,6	10,0	8,3	6,3	9,7	14,9	18,3	19,1	19,2	20,1	20,2	18,2	180
Chocosuela	San Carlos	Filo de Agua	Mensual	28	7,6	5,0	4,3	3,1	4,6	7,0	8,4	8,7	8,7	9,2	9,4	8,6	84
Cote	San Carlos	Filo de Agua	Mensual	7	1,7	1,2	1,1	0,8	1,1	1,6	1,9	1,9	1,8	1,9	1,8	1,8	18
Daniel Gutiérrez	San Carlos	Filo de Agua	Mensual	19	8,5	5,4	4,5	3,4	5,3	8,1	10,0	10,4	10,5	11,0	11,0	9,9	98
Dengo	San Carlos	Embalse Multianual	Anual	174	99,6	113,3	137,9	120,0	69,0	56,6	47,1	43,9	47,1	44,5	40,9	74,7	895
El Encanto	San Carlos	Filo de Agua	Mensual	8	4,1	3,2	3,0	2,6	2,6	3,8	3,9	4,4	5,1	5,6	4,6	4,5	47
Privados Hidro	San Carlos	Filo de Agua	Mensual	105,4	44,0	30,9	27,8	22,4	30,2	40,3	46,4	48,5	47,5	50,3	52,0	48,9	489
Peñas Blancas	San Carlos	Filo de Agua	Mensual	37	16,4	13,8	12,5	9,6	13,8	17,3	21,2	20,1	18,1	13,7	12,8	14,9	184
Pocosol	San Carlos	Filo de Agua	Mensual	26	10,3	7,5	6,9	5,5	7,6	9,9	11,9	11,7	11,4	11,9	12,0	11,6	118
Sandillal	San Carlos	Embalse Multianual	Anual	32	22,2	25,3	30,8	26,8	15,4	12,6	10,5	9,8	10,5	10,0	9,2	16,7	200
Cariblanco	Sarapiquí	Filo de Agua	Mensual	84	26,9	18,6	17,2	14,8	18,3	21,6	25,3	27,1	24,0	25,3	32,1	32,1	283
Cubujuquí	Sarapiquí	Filo de Agua	Mensual	22	10,0	6,0	4,9	3,8	6,2	9,4	12,7	13,1	13,4	13,6	13,6	11,6	118
Doña Julia	Sarapiquí	Filo de Agua	Mensual	16	8,8	7,2	7,6	7,3	8,6	9,1	9,4	9,5	9,5	9,5	9,6	9,5	105
El General	Sarapiquí	Filo de Agua	Mensual	39	14,8	11,6	11,3	9,7	12,6	15,0	16,8	17,0	16,3	17,3	19,1	18,7	180
Toro I	Sarapiquí	Filo de Agua	Mensual	26,8	8,8	6,0	5,3	4,4	5,8	6,9	9,1	9,6	9,4	10,6	12,8	9,4	98
Toro II	Sarapiquí	Filo de Agua	Mensual	66	24,7	16,3	15,0	12,4	16,8	20,2	25,9	27,3	25,4	27,5	29,7	23,8	265
Toro III	Sarapiquí	Filo de Agua	Mensual	49,7	19,6	13,9	13,0	10,7	14,4	17,2	21,6	22,9	22,9	24,0	22,3	15,5	218
Savegre	Savegre	Embalse Estacional	Trimestral		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0
Brujo I	Savegre	Filo de Agua	Mensual		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0
Brujo II	Savegre	Filo de Agua	Mensual		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0
Roncador	Savegre	Filo de Agua	Mensual		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0
Santo Tomás	Savegre	Filo de Agua	Mensual		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0
Proy. Río Sixaola (RI)	Sixaola	Filo de Agua	Mensual		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0
Anonos	Tárcoles	Filo de Agua	Mensual	3,6	0,0	0,1	1,0	0,8	1,2	1,9	2,5	2,6	2,6	2,6	2,6	2,2	20
Brasil	Tárcoles	Filo de Agua	Mensual	24	7,4	5,5	5,3	5,1	7,6	9,8	9,6	10,9	12,3	14,2	12,0	9,4	109
Carrillos	Tárcoles	Filo de Agua	Mensual	2,34	1,0	0,7	0,7	0,7	1,2	1,7	1,6	1,9	2,3	2,6	2,2	1,5	18
Capulín	Tárcoles	Filo de Agua	Mensual	49	17,2	12,1	11,4	11,6	19,5	28,0	27,1	31,9	38,0	43,2	37,0	24,9	302
Chucas	Tárcoles	Filo de Agua	Mensual	50	19,7	13,9	13,1	13,3	22,3	32,1	31,0	36,5	43,6	49,5	42,4	28,6	346
Garita	Tárcoles	Filo de Agua	Mensual	40	17,4	16,4	16,6	13,8	11,7	15,1	18,9	19,1	18,6	19,2	17,3	18,0	202
Menores CNFL	Tárcoles	Filo de Agua	Mensual	31	11,9	8,7	8,4	8,2	12,1	15,6	15,2	17,4	19,6	22,7	19,1	15,0	174
Menores ESPH	Tárcoles	Filo de Agua	Mensual	10	1,7	1,5	1,5	1,3	1,5	1,6	1,7	1,7	1,6	1,7	1,7	1,7	19
Tacares	Tárcoles	Filo de Agua	Mensual	7	3,0	1,9	1,6	1,2	2,0	3,0	4,0	4,2	4,2	4,2	4,2	3,6	37
Ventanas Garita	Tárcoles	Filo de Agua	Mensual	100	32,3	25,6	26,2	24,2	29,3	41,8	41,2	46,2	51,2	57,7	49,6	38,8	464
Diqis	Térraba	Embalse Multianual	Anual	631	327,4	372,3	453,0	394,3	226,8	186,0	154,8	144,1	154,8	145,7	134,0	244,8	2938
RC-500	Térraba	Filo de Agua	Mensual	58	3,8	2,5	8,3	16,9	34,3	32,4	28,7	36,6	41,6	47,3	24,3	6,1	283
Chimiroi	Térraba	Filo de Agua	Mensual		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0
Alto Palmas	Térraba	Filo de Agua	Mensual		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0
Palmas 1	Térraba	Filo de Agua	Mensual		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0
Palmas 2	Térraba	Filo de Agua	Mensual		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0
Toro Amarillo	Toro Amarillo	Filo de Agua	Mensual		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0
Canalete	Zapote	Filo de Agua	Mensual	18	6,7	4,9	4,7	4,0	4,8	6,6	8,1	8,0	7,2	7,4	7,1	7,5	77
Los Negros	Zapote	Filo de Agua	Mensual	17	8,0	5,0	4,3	3,5	4,8	8,0	10,6	10,6	9,2	9,4	9,0	9,6	92
Hidro Proyecto 1	San Carlos	Filo de Agua	Mensual	50	15,7	8,6	4,7	5,5	14,7	20,0	23,8	23,4	23,2	24,0	25,4	21,9	211
Hidro Proyecto 2	San Carlos	Filo de Agua	Mensual		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0
Total Hidro				3067	1365	1227	1361	1241	1095	1181	1170	1216	1216	1286	1194	1262	14815

Cuadro No. 24c

Características y Generación de las Plantas que estarían en operación en el año 2080 según el escenario 1 considerando la afectación por el cambio climático

Planta	Cuenca	Tipo de Planta	Afectación Esperada	Potencia (MW)	Generación de electricidad (GWh)												Total
					Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
Menores ICE	Barranca	Filo de Agua	Mensual	5	3,5	3,1	3,4	3,3	3,5	3,4	3,5	3,5	3,5	3,6	3,4	3,4	41
Boyey	Matina	Filo de Agua	Mensual	209	73,3	52,0	38,8	45,9	67,2	63,4	97,4	74,0	40,2	59,9	101,1	101,8	815
Sueo	Matina	Filo de Agua	Mensual	56,3	20,9	14,8	11,1	13,1	19,2	18,1	27,8	21,1	11,5	17,1	28,9	29,1	233
Ayil	Matina	Embalse Estacional	Trimestral	174	84,7	95,8	114,3	96,3	53,8	43,0	35,6	33,6	37,1	35,4	33,3	62,0	725
Milagro	Naranjo	Filo de Agua	Mensual	31	3,2	1,5	2,6	6,9	15,5	17,0	18,6	20,9	23,3	29,0	19,0	7,6	165
Reyes	Naranjo	Filo de Agua	Mensual	23	2,5	1,2	2,0	5,3	11,9	13,1	14,4	16,1	18,0	22,4	14,7	5,9	127
Los Llanos	Naranjo	Filo de Agua	Mensual	123	9,3	4,4	7,7	20,1	45,3	49,7	54,6	61,2	68,4	85,0	55,8	22,4	484
Llanos Esqui	Naranjo	Filo de Agua	Mensual	58	4,4	2,1	3,6	9,5	21,4	23,4	25,8	28,8	32,3	40,1	26,3	10,6	228
Londres	Naranjo	Filo de Agua	Mensual	38	2,9	1,3	2,4	6,2	14,0	15,3	16,8	18,8	21,1	26,2	17,2	6,9	149
Pacuare	Pacuare	Embalse Estacional	Semestral	158	78,8	90,3	109,9	95,1	53,8	43,1	35,2	32,5	35,0	33,0	30,9	57,8	696
Otras en RI	Pacuare	Filo de Agua	Mensual	158	55,6	39,4	29,4	34,8	51,0	48,1	73,9	56,1	30,5	45,4	76,7	77,2	618
Pirris	Parrita	Filo de Agua	Mensual	140	27,4	16,6	14,4	33,6	46,9	46,8	42,3	55,9	73,8	85,2	73,6	45,3	562
La Ceiba	Parrita	Filo de Agua	Mensual	43,5	2,1	0,9	1,8	6,0	14,4	15,8	16,4	19,1	22,3	24,3	15,9	6,2	145
Rosalía	Parrita	Filo de Agua	Mensual	22,7	1,2	0,5	1,0	3,6	8,5	9,3	9,7	11,2	13,1	14,3	9,3	3,6	85
Quebrada Bejuco	Parrita	Filo de Agua	Mensual	36,8	2,2	1,0	1,9	6,5	15,4	16,9	17,6	20,5	23,9	26,1	17,0	6,6	156
Jameica	Parrita	Filo de Agua	Mensual	49,6	2,8	1,2	2,4	8,1	19,2	21,0	21,9	25,4	29,7	32,4	21,1	8,3	193
Angostura	Reventazón	Filo de Agua	Mensual	180	71,5	47,5	45,3	46,3	59,4	86,2	89,1	95,0	79,4	90,3	79,8	75,1	865
Cachí	Reventazón	Filo de Agua	Mensual	103	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0	
La Joya	Reventazón	Filo de Agua	Mensual	50	29,6	19,6	16,8	18,9	28,3	34,4	34,5	34,9	24,6	27,3	26,2	24,1	319
Menores_IASEC	Reventazón	Filo de Agua	Mensual	20	11,9	9,6	10,0	9,5	11,0	11,9	12,4	12,8	12,5	13,5	13,2	13,5	142
Río Macho	Reventazón	Filo de Agua	Mensual	134	38,2	21,8	16,6	16,2	39,8	60,4	63,9	68,7	70,4	77,5	70,1	58,0	602
Torito	Reventazón	Filo de Agua	Mensual	50	59,6	18,9	18,0	18,4	23,5	32,8	33,7	34,8	30,7	34,2	31,2	29,5	365
Reventazón	Reventazón	Embalse Estacional	Trimestral	305	147,2	166,5	198,8	167,4	93,6	74,7	61,9	58,5	64,5	61,8	58,0	107,9	1261
Cachi 2	Reventazón	Filo de Agua	Mensual	157	68,2	42,3	35,0	39,2	63,4	84,0	90,3	100,9	68,6	102,8	98,9	78,9	873
Izarco	Reventazón	Filo de Agua	Mensual	143	59,4	42,9	27,0	36,3	66,8	78,7	83,5	75,4	73,4	77,8	89,4	97,7	808
Arenal	San Carlos	Embalse Multianual	Anual	157	82,9	94,3	114,7	99,8	57,4	47,1	39,2	36,5	39,2	36,8	33,9	62,0	744
Balsa	San Carlos	Filo de Agua	Mensual	38	15,2	9,4	7,9	6,1	8,5	13,9	17,1	18,7	18,0	20,2	20,2	18,3	173
Chococuel	San Carlos	Filo de Agua	Mensual	28	7,4	4,7	4,0	3,1	4,1	6,5	7,8	8,5	8,1	9,2	9,3	8,7	81
Cote	San Carlos	Filo de Agua	Mensual	7	1,6	1,1	1,0	0,8	0,9	1,5	1,8	1,9	1,7	1,9	1,8	1,8	18
Daniel Gutiérrez	San Carlos	Filo de Agua	Mensual	19	8,3	5,1	4,3	3,3	4,6	7,6	9,3	10,2	9,8	11,0	11,0	10,0	95
Dengo	San Carlos	Embalse Multianual	Anual	174	95,7	108,8	132,4	115,2	66,3	54,3	45,2	42,1	45,2	42,7	39,3	71,7	859
El Encanto	San Carlos	Filo de Agua	Mensual	8	4,0	3,0	2,8	2,5	2,3	3,5	3,6	4,3	4,8	5,7	4,6	4,5	46
Privados Hidro	San Carlos	Filo de Agua	Mensual	105,4	43,0	29,1	26,4	21,9	26,5	37,6	43,3	47,7	44,6	50,6	51,9	49,1	472
Peñas Blancas	San Carlos	Filo de Agua	Mensual	37	16,0	13,0	11,8	9,4	12,1	16,2	19,8	19,8	17,0	13,8	12,8	15,0	177
Pocosol	San Carlos	Filo de Agua	Mensual	26	10,1	7,1	6,6	5,4	6,6	9,3	11,1	11,5	10,7	11,9	12,0	11,6	114
Sandillal	San Carlos	Embalse Multianual	Anual	32	21,3	24,3	29,5	25,7	14,8	12,1	10,1	9,4	10,1	9,6	8,8	16,1	192
Cariblanco	Sarapiquí	Filo de Agua	Mensual	84	26,3	17,8	16,4	14,0	16,7	20,6	24,4	26,4	23,0	25,9	31,8	32,5	276
Cubujiquí	Sarapiquí	Filo de Agua	Mensual	22	9,7	5,7	4,7	3,6	5,6	9,0	12,3	12,8	12,9	13,9	13,5	11,8	116
Doña Julia	Sarapiquí	Filo de Agua	Mensual	16	8,7	6,9	7,2	6,9	7,9	8,6	9,0	9,3	9,1	9,8	9,5	9,6	102
El General	Sarapiquí	Filo de Agua	Mensual	39	14,5	11,1	10,7	9,1	11,5	14,3	16,2	16,6	15,6	17,7	18,9	18,9	175
Toro I	Sarapiquí	Filo de Agua	Mensual	26,8	8,6	5,8	5,0	4,1	5,3	6,6	8,8	9,3	9,0	10,9	12,7	9,5	96
Toro II	Sarapiquí	Filo de Agua	Mensual	66	24,2	15,6	14,2	11,7	15,3	19,3	25,0	26,7	24,3	28,2	29,3	24,1	258
Toro III	Sarapiquí	Filo de Agua	Mensual	49,7	19,2	13,3	12,3	10,1	13,2	16,4	20,8	22,4	22,0	24,5	22,1	15,7	212
Savegre	Savegre	Embalse Estacional	Trimestral	178	82,1	91,8	108,6	91,4	51,7	40,9	34,1	31,9	35,9	34,6	32,8	61,0	697
Brujo I	Savegre	Filo de Agua	Mensual	79,3	6,3	3,0	5,2	13,6	30,7	33,6	36,9	41,4	46,2	57,5	37,8	15,2	327
Brujo II	Savegre	Filo de Agua	Mensual	68,4	5,0	2,4	4,1	10,9	24,5	26,9	29,5	33,1	37,0	45,9	30,2	12,1	262
Roncador	Savegre	Filo de Agua	Mensual	26	2,4	1,1	2,0	5,2	11,7	12,8	14,1	15,7	17,6	21,9	14,4	5,8	125
Santo Tomás	Savegre	Filo de Agua	Mensual	30	1,7	0,8	1,4	3,8	8,5	9,3	10,2	11,4	12,8	15,9	10,4	4,2	91
Proy. Río Sixoala (RI)	Sixoala	Filo de Agua	Mensual	361,9	192,5	142,0	138,2	159,5	199,6	153,5	197,2	174,9	102,9	134,0	235,2	287,5	2117
Anonos	Tárcoles	Filo de Agua	Mensual	3,6	0,0	0,1	1,0	0,8	1,2	1,9	2,5	2,6	2,6	2,6	2,2	2,0	20
Brasil	Tárcoles	Filo de Agua	Mensual	24	7,4	5,5	5,3	5,1	7,6	9,8	9,6	10,9	12,3	14,2	12,0	9,4	109
Carrillos	Tárcoles	Filo de Agua	Mensual	2,34	1,0	0,7	0,7	0,7	1,2	1,7	1,6	1,9	2,3	2,6	2,2	1,5	18
Capulín	Tárcoles	Filo de Agua	Mensual	49	17,2	12,1	11,4	11,6	19,5	28,0	27,1	31,9	38,0	43,2	37,0	24,9	302
Chucas	Tárcoles	Filo de Agua	Mensual	50	19,7	13,9	13,1	13,3	22,3	32,1	31,0	36,5	43,6	49,5	42,4	28,6	346
Garita	Tárcoles	Filo de Agua	Mensual	40	17,4	16,4	16,6	13,8	11,7	15,1	18,9	19,1	18,6	19,2	17,3	18,0	202
Menores CNFL	Tárcoles	Filo de Agua	Mensual	31	11,9	8,7	8,4	8,2	12,1	15,6	15,2	17,4	19,6	22,7	19,1	15,0	174
Menores ESPH	Tárcoles	Filo de Agua	Mensual	10	1,7	1,5	1,5	1,3	1,5	1,6	1,7	1,7	1,6	1,7	1,7	1,7	19
Tacares	Tárcoles	Filo de Agua	Mensual	7	3,0	1,9	1,6	1,2	2,0	3,0	4,0	4,2	4,2	4,2	4,2	3,6	37
Ventanas Garita	Tárcoles	Filo de Agua	Mensual	100	32,3	25,6	26,2	24,2	29,3	41,8	41,2	46,2	51,2	57,7	49,6	38,8	464
Diquís	Térraba	Embalse Multianual	Anual	631	318,9	362,7	441,2	384,1	220,9	181,2	150,7	140,4	150,7	141,9	130,5	238,5	2862
RC-500	Térraba	Filo de Agua	Mensual	58	3,7	2,4	8,0	16,7	33,4	30,6	26,6	36,2	40,9	46,5	25,0	5,9	276
Chimirof	Térraba	Filo de Agua	Mensual	58,4	3,6	2,4	7,9	16,5	33,0	30,3	26,4	35,8	40,5	46,0	24,8	5,8	273
Alto Palmas	Térraba	Filo de Agua	Mensual	97	4,6	3,0	9,9	20,6	41,3	37,9	33,0	44,9	50,7	57,6	31,0	7,3	342
Palmas 1	Térraba	Filo de Agua	Mensual	64,1	3,7	2,4	7,9	16,6	33,3	30,6	26,6	36,1	40,8	46,4	25,0	5,9	275
Palmas 2	Térraba	Filo de Agua	Mensual	133,2	6,6	4,3	14,3	29,9	59,9	55,0	47,8	65,0	73,4	83,4	45,0	10,6	495
Toro Amarillo	Toro Amarillo	Filo de Agua	Mensual	59	22,6	16,3	10,3	13,8	25,4	29,9	31,7	28,6	27,9	29,6	34,0	37,1	307
Canalete	Zapote	Filo de Agua	Mensual	18	6,7	4,9	4,7	4,0	4,8	6,6	8,1	8,0	7,2	7,4	7,1	7,5	77
Los Negros	Zapote	Filo de Agua	Mensual	17	8,0	5,0	4,3	3,5	4,8	8,0	10,6	10,6	9,2	9,4	9,0	9,6	92
Hidro Proyecto 1	San Carlos	Filo de Agua	Mensual	50	15,3	8,1	4,5	5,4	12,9	18,7	22,2	23,0	21,8	24,1	25,3	21,9	203
Hidro Proyecto 2																	

Cuadro No. 25a

Características y Generación de las Plantas que estarían en operación en el año 2020 según el escenario 2 considerando la afectación por el cambio climático

Planta	Cuenca	Tipo de Planta	Afectación Esperada	Potencia (MW)	Generación de electricidad (GWh)												Total
					Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
Menores ICE	Barranca	Filo de Agua	Mensual	5	3,5	3,1	3,4	3,3	3,5	3,4	3,5	3,5	3,5	3,6	3,4	3,4	41
Boyey	Matina	Filo de Agua	Mensual		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0
Sueo	Matina	Filo de Agua	Mensual		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0
Ayil	Matina	Embalse Estacional	Trimestral		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0
Miagro	Naranjo	Filo de Agua	Mensual		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0
Reyes	Naranjo	Filo de Agua	Mensual		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0
Los Llanos	Naranjo	Filo de Agua	Mensual		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0
Llanos Esqui	Naranjo	Filo de Agua	Mensual		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0
Londres	Naranjo	Filo de Agua	Mensual		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0
Pacuare	Pacuare	Embalse Estacional	Semestral		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0
Otras en RI	Pacuare	Filo de Agua	Mensual		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0
Pirris	Parrita	Filo de Agua	Mensual	140	27,3	17,2	15,0	34,9	50,8	49,0	44,8	57,1	75,3	85,0	72,5	45,6	574
La Ceiba	Parrita	Filo de Agua	Mensual		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0
Rosalía	Parrita	Filo de Agua	Mensual		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0
Quebrada Bejoco	Parrita	Filo de Agua	Mensual		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0
Jamaica	Parrita	Filo de Agua	Mensual		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0
Angostura	Reventazón	Filo de Agua	Mensual	180	73,0	49,5	47,7	49,1	65,0	90,4	92,3	97,3	82,9	88,2	80,7	74,1	890
Cachi	Reventazón	Filo de Agua	Mensual		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0
La Joya	Reventazón	Filo de Agua	Mensual	50	30,2	20,5	17,7	20,0	31,0	36,1	35,7	35,7	25,7	26,7	26,5	23,8	330
Menores JASEC	Reventazón	Filo de Agua	Mensual	20	12,1	10,0	10,5	10,1	12,0	12,5	12,9	13,1	13,1	13,2	13,4	13,4	146
Río Macho	Reventazón	Filo de Agua	Mensual	134	39,0	22,7	17,5	17,2	43,5	63,3	66,2	70,4	73,5	75,7	70,9	57,3	617
Torito	Reventazón	Filo de Agua	Mensual	50	60,9	19,7	19,0	19,5	25,7	34,4	34,9	35,6	32,1	33,4	31,5	29,2	376
Reventazón	Reventazón	Embalse Estacional	Trimestral	305	146,0	167,6	202,1	173,9	98,5	79,9	66,1	61,9	66,8	63,9	58,9	109,0	1295
Cachi 2	Reventazón	Filo de Agua	Mensual	157	69,7	44,2	36,9	41,5	69,3	88,1	93,6	103,3	71,6	100,4	100,1	77,9	897
Izarcó	Reventazón	Filo de Agua	Mensual		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0
Arenal	San Carlos	Embalse Multianual	Anual	157	86,3	98,2	119,4	104,0	59,8	49,0	40,8	38,0	40,8	38,4	35,3	64,5	775
Balsa	San Carlos	Filo de Agua	Mensual	38	15,6	10,0	8,3	6,3	9,7	14,9	18,3	19,1	19,2	20,1	20,2	18,2	180
Chocosuela	San Carlos	Filo de Agua	Mensual	28	7,6	5,0	4,3	3,1	4,6	7,0	8,4	8,7	8,7	9,2	9,4	8,6	84
Cole	San Carlos	Filo de Agua	Mensual	7	1,7	1,2	1,1	0,8	1,1	1,6	1,9	1,9	1,8	1,9	1,8	1,8	18
Daniel Gutiérrez	San Carlos	Filo de Agua	Mensual	19	8,5	5,4	4,5	3,4	5,3	8,1	10,0	10,4	10,5	11,0	11,0	9,9	98
Dengo	San Carlos	Embalse Multianual	Anual	174	99,6	113,3	137,9	120,0	69,0	56,6	47,1	43,9	47,1	44,5	40,9	74,7	895
El Encanto	San Carlos	Filo de Agua	Mensual	8	4,1	3,2	3,0	2,6	2,6	3,8	3,9	4,4	5,1	5,6	4,6	4,5	47
Privados Hidro	San Carlos	Filo de Agua	Mensual	105,4	44,0	30,9	27,8	22,4	30,2	40,3	46,4	48,5	47,5	50,3	52,0	48,9	489
Peñas Blancas	San Carlos	Filo de Agua	Mensual	37	16,4	13,8	12,5	9,6	13,8	17,3	21,2	20,1	18,1	13,7	12,8	14,9	184
Pocosol	San Carlos	Filo de Agua	Mensual	26	10,3	7,5	6,9	5,5	7,6	9,9	11,9	11,7	11,4	11,9	12,0	11,6	118
Sandilal	San Carlos	Embalse Multianual	Anual	32	22,2	25,3	30,8	26,8	15,4	12,6	10,5	9,8	10,5	10,0	9,2	16,7	200
Cariblanco	Sarapiquí	Filo de Agua	Mensual	84	26,9	18,6	17,2	14,8	18,3	21,6	25,3	27,1	24,0	25,3	32,1	32,1	283
Cubujuqui	Sarapiquí	Filo de Agua	Mensual	22	10,0	6,0	4,9	3,8	6,2	9,4	12,7	13,1	13,4	13,6	13,6	11,6	118
Doña Julia	Sarapiquí	Filo de Agua	Mensual	16	8,8	7,2	7,6	7,3	8,6	9,1	9,4	9,5	9,5	9,5	9,6	9,5	105
El General	Sarapiquí	Filo de Agua	Mensual	39	14,8	11,6	11,3	9,7	12,6	15,0	16,8	17,0	16,3	17,3	19,1	18,7	180
Toro I	Sarapiquí	Filo de Agua	Mensual	26,8	8,8	6,0	5,3	4,4	5,8	6,9	9,1	9,6	9,4	10,6	12,8	9,4	98
Toro II	Sarapiquí	Filo de Agua	Mensual	66	24,7	16,3	15,0	12,4	16,8	20,2	25,9	27,3	25,4	27,5	29,7	23,8	265
Toro III	Sarapiquí	Filo de Agua	Mensual	49,7	19,6	13,9	13,0	10,7	14,4	17,2	21,6	22,9	22,9	24,0	22,3	15,5	218
Savegre	Savegre	Embalse Estacional	Trimestral		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0
Brujo I	Savegre	Filo de Agua	Mensual		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0
Brujo II	Savegre	Filo de Agua	Mensual		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0
Roncador	Savegre	Filo de Agua	Mensual		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0
Santo Tomás	Savegre	Filo de Agua	Mensual		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0
Proy. Río Sixaola (RI)	Sixaola	Filo de Agua	Mensual		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0
Proy. Río Sixaola (PN)	Sixaola	Filo de Agua	Mensual		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0
Anonos	Tárcoles	Filo de Agua	Mensual	3,6	0,0	0,1	1,0	0,8	1,2	1,9	2,5	2,6	2,6	2,6	2,2	2,2	20
Brasil	Tárcoles	Filo de Agua	Mensual	24	7,4	5,5	5,3	5,1	7,6	9,8	9,6	10,9	12,3	14,2	12,0	9,4	109
Carrillos	Tárcoles	Filo de Agua	Mensual	2,34	1,0	0,7	0,7	0,7	1,2	1,7	1,6	1,9	2,3	2,6	2,2	1,5	18
Capulín	Tárcoles	Filo de Agua	Mensual	49	17,2	12,1	11,4	11,6	19,5	28,0	27,1	31,9	38,0	43,2	37,0	24,9	302
Chucas	Tárcoles	Filo de Agua	Mensual	50	19,7	13,9	13,1	13,3	22,3	32,1	31,0	36,5	43,6	49,5	42,4	28,6	346
Garita	Tárcoles	Filo de Agua	Mensual	40	17,4	16,4	16,6	13,8	11,7	15,1	18,9	19,1	18,6	19,2	17,3	18,0	202
Menores CNFL	Tárcoles	Filo de Agua	Mensual	31	11,9	8,7	8,4	8,2	12,1	15,6	15,2	17,4	19,6	22,7	19,1	15,0	174
Menores ESPH	Tárcoles	Filo de Agua	Mensual	10	1,7	1,5	1,5	1,3	1,5	1,6	1,7	1,7	1,6	1,7	1,7	1,7	19
Tacares	Tárcoles	Filo de Agua	Mensual	7	3,0	1,9	1,6	1,2	2,0	3,0	4,0	4,2	4,2	4,2	4,2	3,6	37
Ventanas Garita	Tárcoles	Filo de Agua	Mensual	100	32,3	25,6	26,2	24,2	29,3	41,8	41,2	46,2	51,2	57,7	49,6	38,8	464
Diquis	Térraba	Embalse Multianual	Anual	631	327,4	372,3	453,0	394,3	226,8	186,0	154,8	144,1	154,8	145,7	134,0	244,8	2938
RC-500	Térraba	Filo de Agua	Mensual	58	3,8	2,5	8,3	16,9	34,3	32,4	28,7	36,6	41,6	47,3	24,3	6,1	283
Chimirol	Térraba	Filo de Agua	Mensual		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0
Alto Palmas	Térraba	Filo de Agua	Mensual		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0
Palmas 1	Térraba	Filo de Agua	Mensual		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0
Palmas 2	Térraba	Filo de Agua	Mensual		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0
Toro Amarillo	Toro Amarillo	Filo de Agua	Mensual		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0
Canalete	Zapote	Filo de Agua	Mensual	18	6,7	4,9	4,7	4,0	4,8	6,6	8,1	8,0	7,2	7,4	7,1	7,5	77
Los Negros	Zapote	Filo de Agua	Mensual	17	8,0	5,0	4,3	3,5	4,8	8,0	10,6	10,6	9,2	9,4	9,0	9,6	92
Hidro Proyecto 1	San Carlos	Filo de Agua	Mensual	50	15,7	8,6	4,7	5,5	14,7	20,0	23,8	23,4	23,2	24,0	25,4	21,9	211
Hidro Proyecto 2	San Carlos	Filo de Agua	Mensual		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0
Total Hidro				3067	1365	1227	1361	1241	1095	1181	1170	1216	1216	1286	1194	1262	14815
Eólicos				394	140	127	131	94	56	37	55	47	40	50	100	156	1031
Geotérmicos				300	169	153	169	164	169	157	163	152	161	132	152	163	1904
Biomasa				55	23	24	21	5	0	0	0	0	0	0	0	13	86
Térmicos				559	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Exportación					-496	-447	-482	-342	-119	-214	-187	-215	-254,5	-267	-286	-395	-3704
TOTAL				4375	1200	1084	1200	1161	1200	1							

Cuadro No. 25b

Características y Generación de las Plantas que estarían en operación en el año 2050 según el escenario 2 considerando la afectación por el cambio climático

Planta	Cuenca	Tipo de Planta	Afectación Esperada	Potencia (MW)	Generación de electricidad (GWh)												Total
					Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
Menores ICE	Barranca	Filo de Agua	Mensual	5	3,5	3,1	3,4	3,3	3,5	3,4	3,5	3,5	3,5	3,6	3,4	3,4	41
Boyey	Matina	Filo de Agua	Mensual	209	73,8	54,2	40,8	47,5	69,4	66,3	99,4	75,8	40,6	57,4	103,5	100,8	830
Sueo	Matina	Filo de Agua	Mensual	56,3	21,1	15,5	11,7	13,6	19,8	18,9	28,4	21,6	11,6	16,4	29,6	28,8	237
Ayil	Matina	Embalse Estacional	Trimestral	174	83,9	96,5	115,8	99,4	56,1	44,7	37,0	34,7	38,2	36,1	33,2	61,8	737
Milagro	Naranjo	Filo de Agua	Mensual	31	3,1	1,5	2,7	6,8	16,0	17,7	19,2	20,9	23,3	29,1	19,2	7,5	167
Reyes	Naranjo	Filo de Agua	Mensual	23	2,4	1,2	2,1	5,2	12,4	13,7	14,8	16,1	18,0	22,4	14,8	5,8	129
Los Llanos	Naranjo	Filo de Agua	Mensual	123	9,1	4,4	8,0	19,8	47,0	52,0	56,2	61,4	68,3	85,3	56,3	22,1	490
Llanos Esqui	Naranjo	Filo de Agua	Mensual	58	4,3	2,1	3,8	9,4	22,2	24,5	26,5	28,9	32,2	40,2	26,5	10,4	231
Londres	Naranjo	Filo de Agua	Mensual	38	2,8	1,4	2,5	6,1	14,5	16,0	17,3	18,9	21,0	26,3	17,3	6,8	151
Pacuare	Pacuare	Embalse Estacional	Semestral	158	79,2	90,6	110,4	96,2	55,1	44,2	36,5	33,8	36,2	34,0	31,4	58,6	706
Otras en RI	Pacuare	Filo de Agua	Mensual	158	56,0	41,1	31,0	36,0	52,6	50,3	75,4	57,5	30,8	43,5	78,5	76,4	629
Pirris	Parrita	Filo de Agua	Mensual	140	26,9	16,8	15,0	33,1	48,6	49,0	43,5	56,1	73,7	85,5	74,2	44,6	567
La Ceiba	Parrita	Filo de Agua	Mensual	43,5	2,0	0,9	1,8	6,0	14,9	16,5	16,9	19,2	22,2	24,4	16,0	6,1	147
Rosalía	Parrita	Filo de Agua	Mensual	22,7	1,2	0,5	1,1	3,5	8,8	9,7	9,9	11,3	13,1	14,3	9,4	3,6	86
Quebrada Bejuco	Parrita	Filo de Agua	Mensual	36,8	2,2	1,0	2,0	6,4	16,0	17,7	18,1	20,5	23,8	26,2	17,1	6,5	158
Jamaica	Parrita	Filo de Agua	Mensual	49,6	2,7	1,2	2,5	7,9	19,9	22,0	22,5	25,5	29,6	32,5	21,3	8,1	196
Angostura	Reventazón	Filo de Agua	Mensual	180	72,0	49,5	47,6	47,9	61,3	90,1	90,9	97,3	80,4	86,5	81,8	74,3	880
Cachi	Reventazón	Filo de Agua	Mensual	103	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0	
La Joya	Reventazón	Filo de Agua	Mensual	50	29,8	20,4	17,6	19,5	29,3	35,9	35,2	35,7	24,9	26,2	26,8	23,9	325
Menores JASEC	Reventazón	Filo de Agua	Mensual	20	11,9	10,0	10,5	9,9	11,3	12,5	12,7	13,1	12,7	12,9	13,5	13,4	144
Río Macho	Reventazón	Filo de Agua	Mensual	134	38,4	22,7	17,5	16,8	41,1	63,1	65,2	70,4	71,3	74,3	71,8	57,5	610
Torito	Reventazón	Filo de Agua	Mensual	50	60,0	19,6	18,9	19,0	24,3	34,3	34,4	35,6	31,1	32,8	31,9	29,2	371
Reventazón	Embalse Estacional	Trimestral	305	145,9	167,7	201,3	172,9	97,6	77,7	64,3	60,4	66,4	66,4	62,9	57,9	107,7	1283
Cachi 2	Reventazón	Filo de Agua	Mensual	157	68,7	44,1	36,8	40,6	65,4	87,8	92,2	103,3	69,4	98,5	101,4	78,2	886
Izarco	Reventazón	Filo de Agua	Mensual	143	59,8	44,7	28,4	37,5	68,9	82,3	85,2	77,2	74,3	74,6	91,6	96,8	821
Arenal	San Carlos	Embalse Multianual	Anual	157	85,2	96,9	117,9	102,6	59,0	48,4	40,3	37,5	40,3	37,9	34,8	63,7	764
Balsa	San Carlos	Filo de Agua	Mensual	38	15,5	9,8	8,3	6,5	9,0	14,3	17,7	18,9	18,6	20,1	20,5	18,1	177
Chocosuela	San Carlos	Filo de Agua	Mensual	28	7,5	4,9	4,2	3,3	4,3	6,7	8,1	8,6	8,4	9,2	9,5	8,6	83
Cote	San Carlos	Filo de Agua	Mensual	7	1,7	1,2	1,1	0,8	1,0	1,5	1,8	1,9	1,7	1,9	1,8	1,8	18
Daniel Gutiérrez	San Carlos	Filo de Agua	Mensual	19	8,5	5,3	4,5	3,6	4,9	7,8	9,7	10,3	10,1	10,9	11,2	9,9	97
Dengo	San Carlos	Embalse Multianual	Anual	174	98,3	111,8	136,1	118,4	68,1	55,9	46,5	43,3	46,5	43,9	40,4	73,7	883
El Encanto	San Carlos	Filo de Agua	Mensual	8	4,1	3,1	3,0	2,7	2,5	3,6	3,8	4,4	4,9	5,6	4,7	4,5	47
Privados Hidro	San Carlos	Filo de Agua	Mensual	105,4	43,8	30,4	27,7	23,3	28,1	38,7	44,9	48,0	46,1	50,3	52,8	48,8	483
Peñas Blancas	San Carlos	Filo de Agua	Mensual	37	16,3	13,5	12,4	10,1	12,9	16,6	20,5	19,9	17,6	13,7	13,0	14,9	181
Pocosol	San Carlos	Filo de Agua	Mensual	26	10,2	7,4	6,9	5,7	7,0	9,5	11,5	11,6	11,0	11,8	12,2	11,5	116
Sandifal	San Carlos	Embalse Multianual	Anual	32	21,9	24,9	30,3	26,4	15,2	12,5	10,4	9,7	10,4	9,9	9,1	16,5	197
Cariblanco	Sarapiquí	Filo de Agua	Mensual	84	26,5	18,5	17,2	14,5	17,3	21,5	24,9	27,1	23,3	24,8	32,5	32,2	280
Cubujuqui	Sarapiquí	Filo de Agua	Mensual	22	9,8	6,0	4,9	3,8	5,8	9,4	12,5	13,1	13,0	13,4	13,8	11,7	117
Doña Julia	Sarapiquí	Filo de Agua	Mensual	16	8,7	7,2	7,6	7,1	8,2	9,0	9,2	9,5	9,2	9,4	9,7	9,5	104
El General	Sarapiquí	Filo de Agua	Mensual	39	14,6	11,6	11,3	9,5	11,9	14,9	16,5	17,0	15,8	17,0	19,3	18,8	178
Toro I	Sarapiquí	Filo de Agua	Mensual	26,8	8,6	6,0	5,3	4,3	5,5	6,9	8,9	9,6	9,1	10,4	13,0	9,4	97
Toro II	Sarapiquí	Filo de Agua	Mensual	66	24,3	16,2	15,0	12,1	15,8	20,2	25,5	27,3	24,6	27,0	30,0	23,8	262
Toro III	Sarapiquí	Filo de Agua	Mensual	49,7	19,4	13,8	13,0	10,4	13,6	17,2	21,3	22,9	22,2	23,5	22,6	15,5	215
Savegre	Savegre	Embalse Estacional	Trimestral	178	82,0	91,1	107,9	92,6	52,4	41,7	34,9	33,1	36,9	34,9	32,8	61,2	702
Brujo I	Savegre	Filo de Agua	Mensual	79,3	6,2	3,0	5,4	13,4	31,8	35,2	38,0	41,5	46,2	57,7	38,8	14,9	331
Brujo II	Savegre	Filo de Agua	Mensual	68,4	4,9	2,4	4,3	10,7	25,4	28,1	30,4	33,2	36,9	46,1	30,4	11,9	265
Roncador	Savegre	Filo de Agua	Mensual	26	2,4	1,1	2,1	5,1	12,1	13,4	14,5	15,8	17,6	21,9	14,5	5,7	126
Santo Tomás	Savegre	Filo de Agua	Mensual	30	1,7	0,8	1,5	3,7	8,8	9,7	10,5	11,5	12,8	16,0	10,5	4,1	92
Proy. Río Sixoala (RI)	Sixoala	Filo de Agua	Mensual	361,9	196,4	149,6	143,9	167,3	203,6	164,5	216,6	181,7	104,0	134,3	244,7	274,3	2181
Proy. Río Sixoala (PN)	Sixoala	Filo de Agua	Mensual	742	378,7	288,4	277,5	322,5	392,7	317,3	417,7	350,4	200,6	258,9	471,8	528,9	4205
Anonos	Tárcoles	Filo de Agua	Mensual	3,6	0,0	0,1	1,0	0,8	1,2	1,9	2,5	2,6	2,6	2,6	2,6	2,2	20
Brasil	Tárcoles	Filo de Agua	Mensual	24	7,4	5,5	5,3	5,1	7,6	9,8	9,6	10,9	12,3	14,2	12,0	9,4	109
Carrillos	Tárcoles	Filo de Agua	Mensual	2,34	1,0	0,7	0,7	0,7	1,2	1,7	1,6	1,9	2,3	2,6	2,2	1,5	18
Capulín	Tárcoles	Filo de Agua	Mensual	49	17,2	12,1	11,4	11,6	19,5	28,0	27,1	31,9	38,0	43,2	37,0	24,9	302
Chucas	Tárcoles	Filo de Agua	Mensual	50	19,7	13,9	13,1	13,3	22,3	32,1	31,0	36,5	43,6	49,5	42,4	28,6	346
Garita	Tárcoles	Filo de Agua	Mensual	40	17,4	16,4	16,6	13,8	11,7	15,1	18,9	19,1	18,6	19,2	17,3	18,0	202
Menores CNFL	Tárcoles	Filo de Agua	Mensual	31	11,9	8,7	8,4	8,2	12,1	15,6	15,2	17,4	19,6	22,7	19,1	15,0	174
Menores ESPH	Tárcoles	Filo de Agua	Mensual	10	1,7	1,5	1,5	1,3	1,5	1,6	1,7	1,7	1,6	1,7	1,7	1,7	19
Tacares	Tárcoles	Filo de Agua	Mensual	7	3,0	1,9	1,6	1,2	2,0	3,0	4,0	4,2	4,2	4,2	4,2	3,6	37
Ventanas Garita	Tárcoles	Filo de Agua	Mensual	100	32,3	25,6	26,2	24,2	29,3	41,8	41,2	46,2	51,2	57,7	49,6	38,8	464
Diquís	Térraba	Embalse Multianual	Anual	631	324,2	368,7	448,6	390,5	224,6	184,2	153,3	142,7	153,3	144,3	132,7	242,5	2909
RC-500	Térraba	Filo de Agua	Mensual	58	3,7	2,5	8,2	16,8	33,1	32,1	27,9	36,8	40,4	46,7	25,6	5,9	280
Chimirol	Térraba	Filo de Agua	Mensual	58,4	3,7	2,5	8,1	16,7	32,8	31,8	27,7	36,5	40,0	46,2	25,4	5,8	277
Alto Palmas	Térraba	Filo de Agua	Mensual	97	4,6	3,1	10,2	20,9	41,1	39,8	34,6	45,6	50,0	57,9	31,7	7,2	347
Palmas 1	Térraba	Filo de Agua	Mensual	64,1	3,7	2,5	8,2	16,8	33,1	32,1	27,9	36,7	40,3	46,6	25,6	5,8	279
Palmas 2	Térraba	Filo de Agua	Mensual	133,2	6,6	4,5	14,8	30,2	59,5	57,7	50,2	66,1	72,5	83,8	46,0	10,5	503
Toro Amarillo	Toro Amarillo	Filo de Agua	Mensual	59	22,7	17,0	10,8	14,3	26,2	31,3	32,4	29,3	28,2	28,3	34,8	36,8	312
Canalete	Zapote	Filo de Agua	Mensual	18	6,7	4,9	4,7	4,0	4,8	6,6	8,1	8,0	7,2	7,4	7,1	7,5	77
Los Negros	Zapote	Filo de Agua	Mensual	17	8,0	5,0	4,3	3,5	4,8	8,0	10,6	10,6	9,2	9,4	9		

Cuadro No. 25c

Características y Generación de las Plantas que estarían en operación en el año 2080 según el escenario 2 considerando la afectación por el cambio climático

Planta	Cuenca	Tipo de Planta	Afectación Esperada	Potencia (MW)	Generación de electricidad (GWh)												Total
					Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
Menores ICE	Barranca	Filo de Agua	Mensual	5	3,5	3,1	3,4	3,3	3,5	3,4	3,5	3,5	3,5	3,6	3,4	3,4	41
Boyey	Matina	Filo de Agua	Mensual	209	73,3	52,0	38,8	45,9	67,2	63,4	97,4	74,0	40,2	59,9	101,1	101,8	815
Sueo	Matina	Filo de Agua	Mensual	56,3	20,9	14,8	11,1	13,1	19,2	18,1	27,8	21,1	11,5	17,1	28,9	29,1	233
Ayil	Matina	Embalse Estacional	Trimestral	174	84,7	95,8	114,3	96,3	53,8	43,0	35,6	33,6	37,1	35,4	33,3	62,0	725
Miagro	Naranjo	Filo de Agua	Mensual	31	3,2	1,5	2,6	6,9	15,5	17,0	18,6	20,9	23,3	29,0	19,0	7,6	165
Reynos	Naranjo	Filo de Agua	Mensual	23	2,5	1,2	2,0	5,3	11,9	13,1	14,4	16,1	18,0	22,4	14,7	5,9	127
Los Llanos	Naranjo	Filo de Agua	Mensual	123	9,3	4,4	7,7	20,1	45,3	49,7	54,6	61,2	68,4	85,0	55,8	22,4	484
Llanos Esqui	Naranjo	Filo de Agua	Mensual	58	4,4	2,1	3,6	9,5	21,4	23,4	25,8	28,8	32,3	40,1	26,3	10,6	228
Londres	Naranjo	Filo de Agua	Mensual	38	2,9	1,3	2,4	6,2	14,0	15,3	16,8	18,8	21,1	26,2	17,2	6,9	149
Pacuare	Pacuare	Embalse Estacional	Semestral	158	78,8	90,3	109,9	95,1	53,8	43,1	35,2	32,5	35,0	33,0	30,9	57,8	696
Otras en RI	Pacuare	Filo de Agua	Mensual	158	55,6	39,4	29,4	34,8	51,0	48,1	73,9	56,1	30,5	45,4	76,7	77,2	618
Pirris	Parrita	Filo de Agua	Mensual	140	27,4	16,6	14,4	33,6	46,9	46,8	42,3	55,9	73,8	85,2	73,6	45,3	562
La Ceiba	Parrita	Filo de Agua	Mensual	43,5	2,1	0,9	1,8	6,0	14,4	15,8	16,4	19,1	22,3	24,3	15,9	6,2	145
Rosalía	Parrita	Filo de Agua	Mensual	22,7	1,2	0,5	1,0	3,6	8,5	9,3	9,7	11,2	13,1	14,3	9,3	3,6	85
Quebrada Bejuco	Parrita	Filo de Agua	Mensual	36,8	2,2	1,0	1,9	6,5	15,4	16,9	17,6	20,5	23,9	26,1	17,0	6,6	156
Jamaica	Parrita	Filo de Agua	Mensual	49,6	2,8	1,2	2,4	8,1	19,2	21,0	21,9	25,4	29,7	32,4	21,1	8,3	193
Angostura	Reventazón	Filo de Agua	Mensual	180	71,5	47,5	45,3	46,3	59,4	86,2	89,1	95,0	79,4	90,3	79,8	75,1	865
Cachi	Reventazón	Filo de Agua	Mensual	103	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0	
La Joya	Reventazón	Filo de Agua	Mensual	50	29,6	19,6	16,8	18,9	28,3	34,4	34,5	34,9	24,6	27,3	26,2	24,1	319
Menores JASEC	Reventazón	Filo de Agua	Mensual	20	11,9	9,6	10,0	9,5	11,0	11,9	12,4	12,8	12,5	13,5	13,2	13,5	142
Río Macho	Reventazón	Filo de Agua	Mensual	134	38,2	21,8	16,6	16,2	39,8	60,4	63,9	68,7	70,4	77,5	70,1	58,0	602
Torilo	Reventazón	Filo de Agua	Mensual	50	59,6	18,9	18,0	18,4	23,5	32,8	33,7	34,8	30,7	34,2	31,2	29,5	365
Reventazón	Embalse Estacional	Trimestral	305	147,2	166,5	198,8	167,4	93,6	74,7	61,9	58,5	64,5	61,8	58,0	107,9	1261	
Cachi 2	Reventazón	Filo de Agua	Mensual	157	68,2	42,3	35,0	39,2	63,4	84,0	90,3	100,9	68,6	102,8	98,9	78,9	873
Izarco	Reventazón	Filo de Agua	Mensual	143	59,4	42,9	27,0	36,3	66,8	78,7	83,5	75,4	73,4	77,8	89,4	97,7	808
Arenal	San Carlos	Embalse Multianual	Anual	157	82,9	94,3	114,7	99,8	57,4	47,1	39,2	36,5	39,2	36,8	33,9	62,0	744
Balsa	San Carlos	Filo de Agua	Mensual	38	15,2	9,4	7,9	6,1	8,5	13,9	17,1	18,7	18,0	20,2	20,2	18,3	173
Chocosuela	San Carlos	Filo de Agua	Mensual	28	7,4	4,7	4,0	3,1	4,1	6,5	7,8	8,5	8,1	9,2	9,3	8,7	81
Cole	San Carlos	Filo de Agua	Mensual	7	1,6	1,1	1,0	0,8	0,9	1,5	1,8	1,9	1,7	1,9	1,8	1,8	18
Daniel Gutiérrez	San Carlos	Filo de Agua	Mensual	19	8,3	5,1	4,3	3,3	4,6	7,6	9,3	10,2	9,8	11,0	11,0	10,0	95
Dengo	San Carlos	Embalse Multianual	Anual	174	95,7	108,8	132,4	115,2	66,3	54,3	45,2	42,1	45,2	42,7	39,3	71,7	859
El Encanto	San Carlos	Filo de Agua	Mensual	8	4,0	3,0	2,8	2,5	2,3	3,5	3,6	4,3	4,8	5,7	4,6	4,5	46
Privados Hidro	San Carlos	Filo de Agua	Mensual	105,4	43,0	29,1	26,4	21,9	26,5	37,6	43,3	47,7	44,6	50,6	51,9	49,1	472
Peñas Blancas	San Carlos	Filo de Agua	Mensual	37	16,0	13,0	11,8	9,4	12,1	16,2	19,8	19,8	17,0	13,8	12,8	15,0	177
Pocosol	San Carlos	Filo de Agua	Mensual	26	10,1	7,1	6,6	5,4	6,6	9,3	11,1	11,5	10,7	11,9	12,0	11,6	114
Sandillal	San Carlos	Embalse Multianual	Anual	32	21,3	24,3	29,5	25,7	14,8	12,1	10,1	9,4	10,1	9,6	8,8	16,1	192
Caribbean	Sarapiquí	Filo de Agua	Mensual	84	26,3	17,8	16,4	14,0	16,7	20,6	24,4	26,4	23,0	25,9	31,8	32,5	276
Cubujqui	Sarapiquí	Filo de Agua	Mensual	22	9,7	5,7	4,7	3,6	5,6	9,0	12,3	12,8	12,9	13,9	13,5	11,8	116
Dofia Julia	Sarapiquí	Filo de Agua	Mensual	16	8,7	6,9	7,2	6,9	7,9	8,6	9,0	9,3	9,1	9,8	9,5	9,6	102
El General	Sarapiquí	Filo de Agua	Mensual	39	14,5	11,1	10,7	9,1	11,5	14,3	16,2	16,6	15,6	17,7	18,9	18,9	175
Toro I	Sarapiquí	Filo de Agua	Mensual	26,8	8,6	5,8	5,0	4,1	5,3	6,6	8,8	9,3	9,0	10,9	12,7	9,5	96
Toro II	Sarapiquí	Filo de Agua	Mensual	66	24,2	15,6	14,2	11,7	15,3	19,3	25,0	26,7	24,3	28,2	29,3	24,1	258
Toro III	Sarapiquí	Filo de Agua	Mensual	49,7	19,2	13,3	12,3	10,1	13,2	16,4	20,8	22,4	22,0	24,5	22,1	15,7	212
Savegre	Savegre	Embalse Estacional	Trimestral	178	82,1	91,8	108,6	91,4	51,7	40,9	34,1	31,9	35,9	34,6	32,8	61,0	697
Brujo I	Savegre	Filo de Agua	Mensual	79,3	6,3	3,0	5,2	13,6	30,7	33,6	36,9	41,4	46,2	57,5	37,8	15,2	327
Brujo II	Savegre	Filo de Agua	Mensual	68,4	5,0	2,4	4,1	10,9	24,5	26,9	29,5	33,1	37,0	45,9	30,2	12,1	262
Roncador	Savegre	Filo de Agua	Mensual	26	2,4	1,1	2,0	5,2	11,7	12,8	14,1	15,7	17,6	21,9	14,4	5,8	125
Santo Tomás	Savegre	Filo de Agua	Mensual	30	1,7	0,8	1,4	3,8	8,5	9,3	10,2	11,4	12,8	15,9	10,4	4,2	91
Proy. Río Sixoala (R)	Sixoala	Filo de Agua	Mensual	361,9	192,5	142,0	138,2	159,5	199,6	153,5	197,2	174,9	102,9	134,0	235,2	287,5	2117
Proy. Río Sixoala (PN)	Sixoala	Filo de Agua	Mensual	742	371,1	273,8	266,5	307,6	384,9	296,1	380,3	337,2	198,5	258,3	453,5	554,5	4082
Anonos	Tárcoles	Filo de Agua	Mensual	3,6	0,0	0,1	1,0	0,8	1,2	1,9	2,5	2,6	2,6	2,6	2,6	2,2	20
Brasil	Tárcoles	Filo de Agua	Mensual	24	7,4	5,5	5,3	5,1	7,6	9,8	9,6	10,9	12,3	14,2	12,0	9,4	109
Carrillos	Tárcoles	Filo de Agua	Mensual	2,34	1,0	0,7	0,7	0,7	1,2	1,7	1,6	1,9	2,3	2,6	2,2	1,5	18
Capulín	Tárcoles	Filo de Agua	Mensual	49	17,2	12,1	11,4	11,6	19,5	28,0	27,1	31,9	38,0	43,2	37,0	24,9	302
Chucas	Tárcoles	Filo de Agua	Mensual	50	19,7	13,9	13,1	13,3	22,3	32,1	31,0	36,5	43,6	49,5	42,4	28,6	346
Garita	Tárcoles	Filo de Agua	Mensual	40	17,4	16,4	16,6	13,8	11,7	15,1	18,9	19,1	18,6	19,2	17,3	18,0	202
Menores CNFL	Tárcoles	Filo de Agua	Mensual	31	11,9	8,7	8,4	8,2	12,1	15,6	15,2	17,4	19,6	22,7	19,1	15,0	174
Menores ESPH	Tárcoles	Filo de Agua	Mensual	10	1,7	1,5	1,5	1,3	1,5	1,6	1,7	1,7	1,6	1,7	1,7	1,7	19
Tacares	Tárcoles	Filo de Agua	Mensual	7	3,0	1,9	1,6	1,2	2,0	3,0	4,0	4,2	4,2	4,2	3,6	3,7	
Ventanas Garita	Tárcoles	Filo de Agua	Mensual	100	32,3	25,6	26,2	24,2	29,3	41,8	41,2	46,2	51,2	57,7	49,6	38,8	464
Diquis	Térraba	Embalse Multianual	Anual	631	318,9	362,7	441,2	384,1	220,9	181,2	150,7	140,4	150,7	141,9	130,5	238,5	2862
RC-500	Térraba	Filo de Agua	Mensual	58	3,7	2,4	8,0	16,7	33,4	30,6	26,6	36,2	40,9	46,5	25,0	5,9	276
Chimiro	Térraba	Filo de Agua	Mensual	58,4	3,6	2,4	7,9	16,5	33,0	30,3	26,4	35,8	40,5	46,0	24,8	5,8	273
Alto Palmas	Térraba	Filo de Agua	Mensual	97	4,6	3,0	9,9	20,6	41,3	37,9	33,0	44,9	50,7	57,6	31,0	7,3	342
Palmas 1	Térraba	Filo de Agua	Mensual	64,1	3,7	2,4	7,9	16,6	33,3	30,6	26,6	36,1	40,8	46,4	25,0	5,9	275
Palmas 2	Térraba	Filo de Agua	Mensual	133,2	6,6	4,3	14,3	29,9	59,9	55,0	47,8	65,0	73,4	83,4	45,0	10,6	495
Toro Amarillo	Toro Amarillo	Filo de Agua	Mensual	59	22,6	16,3	10,3	13,8	25,4	29,9	31,7	28,6	27,9	29,6	34,0	37,1	307
Canalete	Zapote	Filo de Agua	Mensual	18	6,7	4,9	4,7	4,0	4,8	6,6	8,1	8,0	7,2	7,4	7,1	7,5	77
Los Negros	Zapote	Filo de Agua	Mensual	17	8,0	5,0	4,3	3,5	4,8	8,0	10,6	10,6	9,2	9,4	9,0	9,6</	

Con el fin de facilitar el análisis del impacto del cambio climático en la generación eléctrica nacional, en el cuadro No. 14, se resumen los principales resultados obtenidos.

Cuadro No. 26

Resumen de la afectación del cambio climático en la generación eléctrica nacional

		ESCENARIO 1			ESCENARIO 2		
		DEMANDA NACIONAL			DEMANDA NACIONAL Y EXPORTACION		
		2020	2050	2080	2020	2050	2080
		SIN AFECTACION			SIN AFECTACION		
Demanda Total incluyendo pérdidas		14082	34439	34439	14082	34439	34439
Capacidad del Sistema	MW	4375	8344	8344	4375	9582	9582
Generación total	GWh	18280	34439	34439	18280	40172	40172
Generación Hidroeléctrica	GWh	15259	27142	27142	15259	31606	31606
Generación Térmica	GWh	0	1543	1543	0	0	0
Exportación de Electricidad	GWh	4198	0	0	4198	5733	5733
% de generación térmica		0	11%	11%	0%	0%	0%
Ingresos internos del sistema de generación	MM US\$	1077	2635	2635	1077	2635	2635
Costo Variable Generación Térmica	MM US\$	0	216,03	216,03	0,00	0,00	0,00
Ingresos por exportación	MM US\$	630	0	0	630	860	860
Total Ingresos menos costos variables	MM US\$	1707	2419	2419	1707	3495	3495
		CON AFECTACION			CON AFECTACION		
Demanda Total incluyendo pérdidas		14131	35099	36313	14131	35099	36313
Capacidad del Sistema	MW	4375	8344	8344	4375	9582	9582
Generación total	GWh	17836	35099	36313	17836	38775	38417
Generación Hidroeléctrica	GWh	14815	26003	25575	14815	30209	29657
Generación Térmica	GWh	0	3342	4812	0	0	0
Exportación de Electricidad	GWh	3704	0	0	3704	3675	2104
% de generación térmica		0,0%	9,7%	14,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Ingresos internos del sistema de generación	MM US\$	1081	2685	2778	1081	2685	2778
Costo Variable Generación Térmica	MM US\$	0	467,89	673,68	0,00	0,00	0,00
Ingresos por exportación	MM US\$	556	0	0	556	551	316
Total Ingresos -costos variables	MM US\$	1637	2217	2104	1637	3236	3094
Efecto en demanda	GWh	49	660	1874	49	660	1874
Efecto en Generación Total	GWh	-444	660	1874	-444	-1397	-1755
Efecto en Generación Hidroeléctrica	GWh	-444	-1139	-1567	-444	-1397	-1949
Efecto en Generación Térmica	GWh	0	1799	3269	0	0	0
Ingresos internos del sistema de generación	MM US\$	4	51	143	4	51	143
Efecto en exportaciones	MM US\$	-74	0	0	-74	-309	-544
Incremento en Costo de Generación Térmica	MM US\$	0	468	674	0	0	0
Impacto en Utilidades del Sistema	MM US\$	-70	-201	-314	-70	-258	-401

Tal y como se observa en este cuadro, en el escenario No. 1, el incremento en la demanda y la reducción en los caudales de los ríos provocaría en el 2080 un gasto adicional de hasta US\$ 674 millones por año, debido a que ambas variables aumentan la necesidad de recurrir a la generación térmica.

Es conveniente mencionar que este gasto podría reducirse instalando proyectos adicionales de generación con base en fuentes renovables de energía.

Sin embargo, la mayor oportunidad que presenta el sistema está en la exportación de electricidad en donde el aprovechamiento del potencial de energías renovables con que cuenta el país generaría un ingreso adicional acumulado de más de US\$ 35 mil millones en los próximos 70 años, con lo que se pagaría fácilmente el costo de instalación de los 1767 MW adicionales requeridos (5300 MM US\$).

3.3 Medidas de Adaptación

Tal y como se comentó anteriormente, los incrementos en la temperatura provocados por el cambio climático afectarán tanto el consumo como la producción de electricidad.

Las medidas de adaptación relacionadas con los efectos en la demanda de electricidad descritos en la sección 2.1 se resumen en el cuadro No. 27 y están concentradas en el uso eficiente de la energía y el ordenamiento urbano tendiente a aprovechar las zonas altas con el fin de evitar el uso de aires acondicionados.

Con respecto a los efectos en la oferta, en el cuadro No. 28 se muestra que existen amenazas y oportunidades para el sector eléctrico nacional, ya que por un lado, podría afectar la disponibilidad de los recursos hidroeléctricos nacionales y por el otro, dado que se espera que el mayor impacto en la generación hidroeléctrica se presente en la región norte de Centroamérica, la cual a su vez concentra la mayor cantidad de personas, se abre una oportunidad interesante para aprovechar recursos energéticos renovables que de otra forma, no serían utilizados debido a los límites que fije la demanda interna.

Por otro lado, si se destinaran 2 mil millones de dólares a la recuperación de la cobertura boscosa del país, sería posible reforestar alrededor más de 1 millón de hectáreas, con lo que fácilmente Costa Rica podría cumplir la meta de carbono neutralidad.

Además, en este escenario se debe mencionar que el incremento en la demanda interna y la reducción en los caudales reducen la disponibilidad de excedentes para colocarlos en el mercado centroamericano en donde la electricidad podría venderse hasta en 0,15 US\$/kWh contra 0,085 US\$/kWh que recibe el sistema de generación por las ventas internas.

También vale la pena mencionar que dado que las exportaciones de electricidad de Costa Rica reducen la generación térmica regional, la cual emite alrededor de 700 ton CO₂/GWh; el escenario 2 permitiría reducir las emisiones centroamericanas de CO₂, en más de 2,5 millones de ton al año.

Por lo anterior, una de las medidas a considerar con mayor seriedad, consiste en el diseño adecuado de las presas y sus sistemas para remoción de sedimentos, ya que de lo contrario, la disponibilidad de las plantas hidroeléctricas podría verse afectada debido al incremento en las escorrentías, lo cual podría reducir la confiabilidad de todo el sistema de generación.

Por esta razón, en el anexo No. 2 se describen con detalle las características geológicas de las cuencas seleccionadas y las medidas de adaptación recomendadas para reducir los riesgos asociados a una mayor escorrentía.

Cuadro No. 27

Efectos y Medidas de Adaptación en la demanda de Electricidad

Efecto Directo	Efectos Indirectos	Impacto estimado	Medidas de adaptación
<ul style="list-style-type: none"> Incremento en el uso de aires acondicionados 	<ul style="list-style-type: none"> Aumento en el consumo eléctrico durante horas del día Cambios en la curva diaria de carga favoreciendo generación eléctrica en horas pico Incremento en la generación térmica 	<ul style="list-style-type: none"> 100 MW adicionales por cada 100 mil aires nuevos instalados 	<ul style="list-style-type: none"> Ley para el diseño de edificaciones con alta eficiencia energética Tarifa horaria para sector general Incentivos para la construcción de oficinas en zonas de baja temperatura Instalación de plantas hidroeléctricas con embalse
<ul style="list-style-type: none"> Incremento en consumo eléctrico de refrigeradores 	<ul style="list-style-type: none"> Aumento en el consumo eléctrico durante horas del día Cambios en la curva diaria de carga favoreciendo generación eléctrica en horas pico Incremento en la generación térmica 	<ul style="list-style-type: none"> 30 a 60 GWh/año adicionales por cada 1°C de aumento en la temperatura ambiente. 14 a 28 MW adicionales por cada 1°C 	<ul style="list-style-type: none"> Incentivos para la construcción de viviendas en zonas de baja temperatura Instalación de plantas hidroeléctricas con embalse Implementación de etiquetas de eficiencia energética
<ul style="list-style-type: none"> Disminución en el consumo eléctrico de calentadores de agua 	<ul style="list-style-type: none"> Disminución en el consumo eléctrico durante periodo valle y nocturno Cambios en la curva diaria de carga aumentando la diferencia entre el consumo en periodo pico y el resto (valle y nocturno) Incremento en la generación térmica 	<ul style="list-style-type: none"> 30 a 60 GWh/año menos por cada 1°C de aumento en la temperatura ambiente. 	<ul style="list-style-type: none"> Instalación de plantas hidroeléctricas con embalse
<ul style="list-style-type: none"> Incremento en el consumo eléctrico por instalación de piscinas con sistemas de bombeo 	<ul style="list-style-type: none"> Posible aumento en el consumo eléctrico durante todo el día 	<ul style="list-style-type: none"> Menos de 8 MW por cada 10000 piscinas instaladas. 	<ul style="list-style-type: none"> 1. Uso de bombas en periodo nocturno
<ul style="list-style-type: none"> Incremento en el consumo eléctrico de los equipos de enfriamiento industriales 	<ul style="list-style-type: none"> Aumento en el consumo eléctrico Cambios en la curva diaria de carga favoreciendo generación eléctrica en horas pico Incremento en la generación térmica 	<ul style="list-style-type: none"> Un 1% de aumento en el consumo eléctrico industrial 	<ul style="list-style-type: none"> Incentivos para la instalación de industrias en zonas de baja temperatura

Cuadro No. 28

Efectos y Medidas de Adaptación en la oferta de Electricidad

Efecto Directo	Efectos Indirectos	Impacto estimado	Medidas de adaptación
<ul style="list-style-type: none"> Incremento en la capacidad de generación de plantas hidroeléctricas con embalses instaladas en la zona atlántica por aumento en precipitaciones (caudales) 	<ul style="list-style-type: none"> Reducción de costos de generación 	<ul style="list-style-type: none"> Reducción del 4,8% en el costo de generación por cada 5% de aumento en caudales 7,8 millones de US\$ de ingresos adicionales en el proyecto Reventazón 	<ul style="list-style-type: none"> 1. Diseños considerando instalación de turbinas adicionales
<ul style="list-style-type: none"> Posibles daños en instalaciones por aumento en escorrentías 	<ul style="list-style-type: none"> Incrementos en costos de generación por aumento en el uso de combustibles mientras se reparan daños Aumento en la acumulación de sedimentos 	<ul style="list-style-type: none"> 140 US\$ por cada MWh adicional generado con combustibles. 	<ul style="list-style-type: none"> Rediseño de presas para incluir sistemas adecuados de remoción de sedimentos Prevención de construcciones en el valle de inundación inmediata de cauces fluviales. Aumento de capacidad de reservorios de agua para los periodos de baja en lluvias durante el verano. Utilización de varias presas en serie
<ul style="list-style-type: none"> Reducción en la capacidad de generación hidroeléctrica de Centroamérica 	<ul style="list-style-type: none"> Incremento en ventas del ICE Reducción en los costos de generación del ICE 	<ul style="list-style-type: none"> 105 millones de US\$/año de ingresos adicionales por cada 100 MW exportados Potencial total: 1767MW → ventas por 2300 millones de US\$ (2 veces las ventas del sistema de generación) Utilidades adicionales estimadas: 1000 millones de US\$/año 	<ul style="list-style-type: none"> Adquisición de empresas de distribución regionales Participación en subastas para el suministro de electricidad en Centroamérica Ampliación de capacidad de líneas del SIEPAC Alianzas con generadores privados Instalación de plantas con embalse

Finalmente, en la sección 2.8 se demostró que las precipitaciones tanto en la época seca como en la lluviosa han aumentado en las cuencas en donde existe o se ha recuperado la cobertura boscosa.

Si se toma en cuenta que las cuencas de los ríos San Carlos y Térraba concentran más de 26% de la capacidad de generación nacional y que estas regiones poseen una cobertura boscosa muy baja, es de esperar que si se dirigen los esfuerzos para reforestar estas cuencas, se logre aumentar la capacidad nacional de generación de una forma significativa.

Sin embargo, dado que en estas zonas existe una vocación agrícola muy arraigada, debe buscarse una posibilidad de lograr este objetivo sin afectar la actividad agropecuaria regional.

Una alternativa es la de promover cultivos perennes como la palma africana y la *Jatropha*, que tienen una vida superior a los 20 años y que dado el mayor contenido de biomasa que cultivos tradicionales como la piña, el frijol o el arroz, lograrían un efecto similar en cuanto a evapotranspiración se refiere que los bosques.

Existen estudios que indican que solo en la cuenca del Térraba es posible cultivar hasta 80 mil hectáreas de *jatropha* utilizando terrenos que actualmente se dedican a ganadería y cultivos marginales.

También es posible recuperar la cobertura boscosa con cultivos endoenergéticos que permitan obtener biomasa para la producción de electricidad adicional cuya disponibilidad no estaría afectada por el cambio climático.

4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Después de analizar la información y los resultados anteriores se plantean las siguientes conclusiones

- i. Existen numerosos estudios que advierten sobre los efectos del cambio climático en la precipitación asociadas a las diferentes cuencas.
- ii. La mayoría de estos estudios utilizan como punto de partida el escenario A2 de la IPCC, cuyos supuestos no coinciden con las proyecciones actuales relacionadas con las emisiones de CO₂, población mundial y uso de energía primaria.
- iii. Es necesario comparar los resultados existentes con proyecciones de caudales que partan de escenarios más realistas como el A1B.
- iv. La afectación en la generación hidroeléctrica depende de la ubicación de las plantas existentes y futuras.
- v. La demanda de electricidad nacional seguirá aumentando por lo que se contempla la instalación de nuevos proyectos.
- vi. Las necesidades futuras de electricidad de Costa Rica dependerán del esquema de desarrollo que adopte el país. Sin embargo, considerando las experiencias vividas en otros países, indican que el consumo máximo de electricidad de Costa Rica podría alcanzar los 31 000 GWH/año.
- vii. Esta demanda puede ser cubierta utilizando las fuentes renovables existentes en el país, quedando incluso capacidad ociosa que podría utilizarse para suplir las necesidades eléctricas de la región ya que los recursos renovables existentes en los otros países de Centroamérica no son suficientes para abastecer la demanda regional.
- viii. A pesar de que los modelos de cambio climático predicen variaciones en las precipitaciones del país; el análisis de los datos históricos de precipitación indica que las cuencas nacionales se comportan de manera diferente ante el cambio de temperatura dependiendo del nivel de cobertura boscosa que posean y si la misma se ha recuperado.
- ix. Se proyecta que los efectos del cambio climático en el norte de Centroamérica serán más severos y debido a que esta región no cuenta con los recursos de energía renovable que les permita suplir las necesidades futuras de electricidad, Costa Rica posee una gran oportunidad de convertirse en un exportador de electricidad.
- x. Si se desarrolla el parque de generación únicamente para abastecer la demanda nacional, el cambio climático largo plazo, podría generar pérdidas entre 200 y 314 millones de US\$ por año y la generación térmica en el año 2080 podría alcanzar el 15% si no se recurre al aprovechamiento de los recursos de energía renovable existentes en el país.
- xi. Si se desarrollara por completo el potencial de generación a partir de fuentes renovables de energía, el cambio climático podría generar

pérdidas entre los 200 y 400 millones de US\$ por año en los años 2050 y 2080, respectivamente. Sin embargo, el mayor aprovechamiento de los recursos energéticos nacionales, permitiría obtener ingresos adicionales por concepto de exportación que para un periodo de 70 años podría exceder fácilmente los 35 mil millones de dólares.

- xii. Adicionalmente, el país podría abastecer sus necesidades eléctricas sin recurrir a la generación térmica obteniendo un ahorro entre los 450 y 680 millones de US\$/año.
- xiii. Las exportaciones de electricidad desde Costa Rica, podrían reducir las emisiones de CO₂ regionales en más de 2,5 millones de ton al año.
- xiv. Las ganancias que obtendría el país por la exportación de electricidad permitiría la recuperación de la cobertura boscosa en al menos 1 millón de hectáreas, con lo que se podría mitigar una buena parte de la afectación del cambio climático en la generación hidroeléctrica.

5 Bibliografía

Aguilar, E., T.C. Peterson, P.R. Obando, R. Frutos, J.A. Retana, M. Solera, J. Soley, I.G. Garcia, R.M. Araujo, A.R. Santos, V.E. Valle, M. Brunet, L. Aguilar, L. Alvarez, M. Bautista, C. Castanon, L. Herrera, E. Ruano, J.J. Sinay, E. Sanchez, G.I.H. Oviedo, F. Obed, J.E. Salgado, J.L. Vazquez, M. Baca, M. Gutierrez, C. Centella, J. Espinosa, D. Martinez, B. Olmedo, C.E.O. Espinoza, R. Nunez, M. Haylock, H. Benavides, y R. Mayorga. 2005. Changes in precipitation and temperature extremes in Central America and northern South America, 1961–2003. *J Geophys Res Atmos* 110:23107. doi:10.1029/2005JD006119

Alexander, L.V., X. Zhang, T.C. Peterson, J. Caesar, B. Gleason, A.M.G. Klein Tank, M. Haylock, D. Collins, B. Trewin, F. Rahimzadeh, A. Tagipour, K. Rupa Kumar, J. Revadekar, G. Griffiths, L. Vincent, D.B. Stephenson, J. Burn, E. Aguilar, M. Brunet, M. Taylor, M. New, P. Zhai, M. Rusticucci y J.L. Vazquez-Aguirre. 2006. Global observed changes in daily climate extremes of temperature and precipitation. *Journal of Geophysical Research*. 111, D05109, doi:10.1029/2005JD006290.

Alianza Clima y Desarrollo. 2012. La Gestión de Riesgos de Eventos Extremos y Desastres en América Latina y el Caribe: Aprendizajes del Informe Especial (SREX) del IPCC, disponible en www.cdkn.org/srex.

Alfaro, E. y A. Quesada, 2010. Ocurrencia de ciclones tropicales en el Mar Caribe y sus impactos sobre Centroamérica. *Revista Intersedes*, 11(22), 136-153.

Alfaro, E., A. Quesada y F. Solano, 2010. Análisis del impacto en Costa Rica de los ciclones tropicales ocurridos en el Mar Caribe desde 1968 al 2007. *Revista Diálogos*, 11(2), 22-38.

Alfaro, E., 2007. Escenarios climáticos para temporadas con alto y bajo número de huracanes en el Atlántico. *Revista de Climatología*, 7, 1-13.

Alvarado, L.; Contreras, W.; Jiménez, S. 2011. Escenarios de Cambio Climático regionalizados para Costa Rica. Departamento de Climatología e Investigación Aplicada. Instituto Meteorológico Nacional (IMN). Ministerio de Ambiente y Energía (MINAET). San José, Costa Rica. 1060p.

Alvarado, L.; Contreras, W.; Alfaro M., Jiménez, S. 2012. Escenarios de Cambio Climático regionalizados para Costa Rica. Departamento de Climatología e Investigación Aplicada. Instituto Meteorológico Nacional (IMN). Ministerio de Ambiente y Energía (MINAET). San José, Costa Rica. 43p.

Barnett, T.P., D.W. Pierce, H.G. Hidalgo, C. Bonfils, B. D. Santer, T. Das, G. Bala, A. Wood, T. Nazawa, A. Mirin, D. Cayan y M. Dettinger, 2008. Human-induced changes in the hydrology of the western US. *Science*. 319: 1080-1083.

Brekke, L.D., M.D. Dettinger, E.P. Maurer y M. Anderson. 2008. Significance of model credibility in estimating climate projection distributions for regional hydroclimatological risk assessments. *Clim. Change* 89: 371-394.

Corrales L. 2010. Informe final Efectos del Cambio Climático para Centro América. En: Cuarto Informe Estado de la Región. Diciembre 2010. 53pp.

Delworth, T.L., A. Rosati, W. Anderson, A.J. Adcroft, V. Balaji, R. Benson, K. Dixon, S.M. Griffies, M. Stephen, H.C. Lee, R.C. Pacanowski, G.A. Vecchi, A.T. Wittenberg, F.R. Zeng, y R. Zhang. 2012. Simulated Climate and Climate Change in the GFDL CM2.5 High-Resolution Coupled Climate Model. *Journal of Climate*. 25: 2755-2781.

Hastenrath S, y D. Polzin. 2013. Climatic variations in Central America and the Caribbean. *International Journal of Climatology*. 33: 1348-1356.

Hidalgo H.G.y E.J. Alfaro. 2012. Global Model selection for evaluation of Climate Change projections in the Eastern Tropical Pacific Seascape. *International Journal of Tropical Biology and Conservation*. 60:67-81.

Hidalgo H.G., J.A. Amador, E.J. Alfaro, B. Quesada. 2013. Hydrological climate change projections for Central America. *Journal of Hydrology*. 495: 94-12.

Hirota, N., Y.N. Takayabu, M. Watanabe, and M. Kimoto. 2011. Precipitation Reproducibility over Tropical Oceans and Its Relationship to the Double ITCZ Problem in CMIP3 and MIROC5 Climate Models. *Journal of Climate*. 24: 4859-4873.

Imbach, P., L. Molina, B. Locatelli, O. Roupsard, G. Mahe, R. Neilson, L. Corrales, M. Scholze, P. Cialis. 2012. Modeling Potential Equilibrium States of Vegetation and Terrestrial Water Cycle of Mesoamerica under Climate Change Scenarios. *Journal of Hydrometeorology*. 13: 665-680.

IPCC. 2007. *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability*. M. Parry, O. Canziani, J. Palutikof, P. Van der Linden, C. Hanson (Eds). Cambridge University Press. U.K. pp. 841.

Jiang X. y coautores. 2012. Simulation of the intraseasonal variability over the Eastern Pacific ITCZ in climate models. *Climate Dynamics*. 39: 617-636.

Karmalkar, A. V., R. S. Bradley, y H. F. Díaz, 2011. Climate change in Central America and Mexico: regional climate model validation and climate change projections. *Climate Dynamics*, 37, 605-629, doi: 10.1007/s00382-011-1099-9.

Kalnay, E., M. Kanamitsu, R. Kistler, W. Collins, D. Deaven, L. Gandin, M. Iredell, S. Saha, G. White, J. Woollen, Y. Zhu, A. Leetmaa y R. Reynolds. 1996. The NCEP/NCAR 40-Year Reanalysis Project. *Bull. Amer. Meteor. Soc.* 77: 437-471.

Kerr R.A. 2010. Models Foresee More-Intense Hurricanes in the Greenhouse. *Science*. 327: 399-399.

Liu, H.L., M.H. Zhang, y W.Y. Lin. 2012. An Investigation of the Initial Development of the Double-ITCZ Warm SST Biases in the CCSM. *Journal of Climate*. 25: 140-155.

Mantua, N.J., S.R. Hare, Y. Zhang, J.M. Wallace, y R.C. Francis. 1997. A Pacific decadal climate oscillation with impacts on salmon. *Bulletin of the American Meteorological Society*, Vol. 78, pp 1069-1079.

Martin, E. R., y C. Schumacher. 2011. The Caribbean low-level jet and its relationship with precipitation in IPCC AR4 models. *J. Climate*, 24, 5935-5950.

Meehl, G.A., J.M. Arblaster y C. Tebaldi. 2007. Contributions of natural and anthropogenic forcing to changes in temperature extremes over the United States. *Geophysical Research Letters*. L19709, doi:10.1029/2007GL030948.

MINAET. 2000. Primera Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre cambio climático. Gobierno de Costa Rica, Ministerio de Ambiente y Energía. Producción y edición: Instituto Meteorológico Nacional. 116 pp.

MINAET. 2009. Segunda Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre cambio climático. Gobierno de Costa Rica, Ministerio de Ambiente y Energía. Producción y edición: Instituto Meteorológico Nacional. 264 pp.

MINAET. 2012. Informe final del Proyecto: Mejoramiento de las capacidades nacionales para la evaluación de la vulnerabilidad y adaptación del sistema hídrico al cambio climático en Costa Rica, como mecanismo para disminuir el riesgo al cambio climático y aumentar el índice de desarrollo humano. Ministerio de Ambiente y Energía. Producción y edición: Instituto Meteorológico Nacional. 46 pp.

Neelin, J.D., M. Munnich, H. Su, J.E. Meyerson, y C.E. Holloway. 2006. Tropical drying trends in global warming models and observations. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 103:6110-6115.

OLADE. 2013. Vulnerabilidad al cambio climático de los sistemas de producción hidroeléctrica en Centroamérica y sus opciones de adaptación. Organización Latinoamericana de Energía. Informe de consultoría.

Pierce, D.W., T.P. Barnett, B.D. Santer & P.J. Gleckler. 2009. Selecting global climate models for regional climate change studies. *Proc. Nat. Acad. Sci. USA* 106: 8441-8446.

Pierce D.W., T.P. Barnett, H.G. Hidalgo, T. Das, C. Bonfils, B. Sander, G. Bala, M. Dettinger, D. Cayan and A. Mirin, 2008. Attribution of declining western US snowpack to human effects. *Journal of Climate*, 21: 6425-6444.

Rauscher S.A., F. Giorgi, N.S. Diffenbaugh, A. Seth. 2008. Extension and Intensification of the Meso-American mid-summer drought in the twenty-first century. *Climate Dynamics*. 31:551-571.

Trenberth KE, Jones P, Ambenje P, Bojariu R, Easterling D, Tank AK, Parker D, Rahimzadeh F, Renwick J, Rusticucci M, Soden B, y Zhai P. 2007. Observations: surface and atmospheric climate change. In: Solomon S, Qin D, Manning M, Chen Z, Marquis M, Averyt K, Tignor M, Miller H (eds) *Climate change 2007: the physical science basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Chap 3*. Cambridge University Press, New York, pp 235–336

UNESCO. 2007. Balance hídrico superficial de Costa Rica. Período 1970-2002. Programa Hídrico Internacional de la UNESCO para América Latina y el Caribe. Documento Técnico PHI-LAC No 10. Montevideo, Uruguay. 55 pp.

Anexo No. 1

Análisis de la demanda eléctrica de algunos países desarrollados

Consumo total de electricidad por sectores y consumo por uso final del sector residencial en los países avanzados

De acuerdo con el World Economic Outlook 2013 del Fondo Monetario Internacional, los ocho países del mundo más avanzados económicamente son Estados Unidos, Alemania, Francia, Italia, España, Japón, Reino Unido y Canadá, partiendo del crecimiento en el PIB per Cápita Real experimentado por dichos países durante los últimos 18 años.

Por ello, el presente reporte de consumo eléctrico está basado en los consumos registrados en estos países y ha agregado a su lista a Israel, en reconocimiento de la similitud de las condiciones climáticas imperantes en el país en comparación con las de Costa Rica.

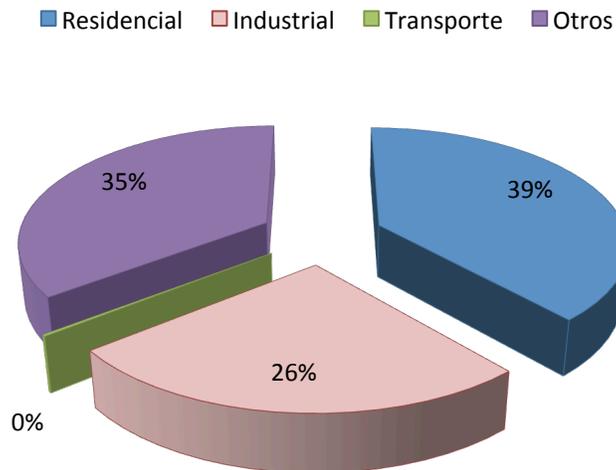
ESTADOS UNIDOS

**Cuadro A1. 1. Demanda de electricidad en los Estados Unidos por sectores
(Millones kWh)**

Año	Residencial	Industrial	Transporte	Otros	Total
2008	1379981.10	1009300.31	7699.63	1335981.14	3732962.18
	36.97	27.04	0.21	35.79	100 (%)
2009	1364474.42	917442.06	7780.57	1307167.81	3596864.87
	37.94	25.51	0.22	36.34	100 (%)
2010	1445708.40	970872.87	7712.41	1330199.36	3754493.05
	38.51	25.86	0.21	35.43	100 (%)
2011	1422801.09	991315.56	7672.08	1328057.44	3749846.18
	37.94	26.44	0.20	35.42	100 (%)
2012	1374594.40	980837.34	7503.63	1323844.26	3686779.62
	37.28	26.60	0.20	35.91	100 (%)

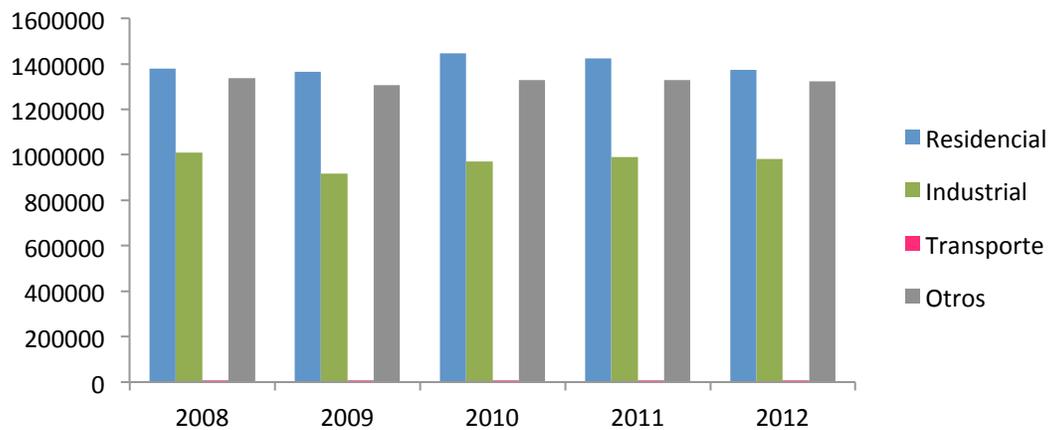
Fuente: U.S. Energy Information Administration, Monthly Energy Review 2013.

Figura A1. 1.
 Porcentaje de consumo de electricidad en los Estados Unidos por sector, año 2010



Fuente: U.S. Energy Information Administration, Monthly Energy Review 2013.

Figura A1. 2.
 Demanda de electricidad en los Estados Unidos por sectores (Millones de kWh)



Fuente: U.S. Energy Information Administration, Monthly Energy Review 2013.

Cuadro A1. 2. Consumo eléctrico residencial por uso final, Estados Unidos (Millones kWh)

Año	Aplicaciones de calor ¹⁾	Aplicaciones de frío ²⁾	Cocción	Iluminación	Electrodomésticos ³⁾	total
2010	217743.89	378425.97	32237.81764	190496.1951	625518.29	1444422.16
	15.07	26.20	2.23	13.19	43.31	100.00
2011	210460.20	382551.24	32237.81764	184634.7738	613201.68	1423085.70
	14.79	26.88	2.27	12.97	43.09	100.00
2012	208129.11	382459.50	32237.81764	184634.7738	577261.21	1384722.41
	15.03	27.62	2.33	13.33	41.69	100.00
1) Calefacción y calentamiento de agua						
2) Aire acondicionado y refrigeradores						
3) Tecnologías de la comunicación y la información, lavadoras, congeladores y demás aparatos eléctricos)						

Fuente: U.S. EIA, Residential electricity consumption estimates and forecasts by type of end-use.

ALEMANIA

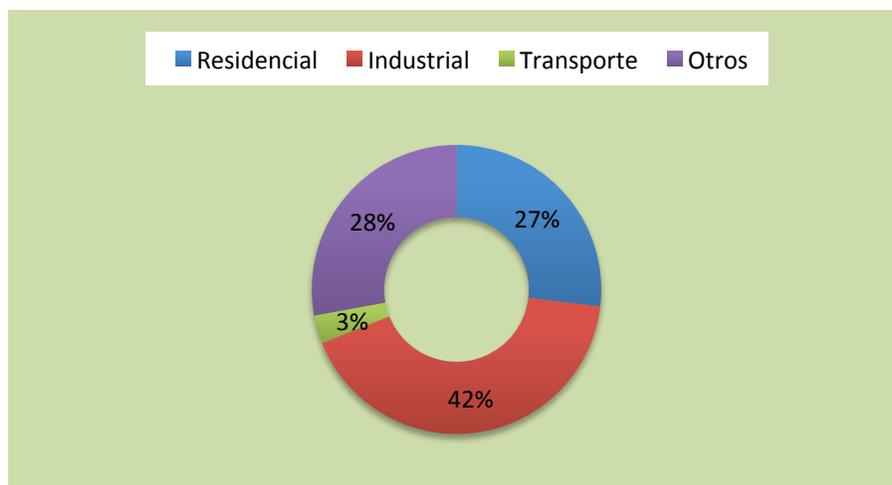
Cuadro A1. 3. Demanda de electricidad en Alemania por sectores (Millones kWh)

Año	Residencial	Industrial	Transporte	Otros	Total
2008	139500	232625	16500	135677	524302
	26.61	44.37	3.15	25.88	100.00
2009	139200	199820	15900	140258	495178
	28.11	40.35	3.21	28.32	100.00
2010	141700	221892	16700	147083	527375
	26.87	42.07	3.17	27.89	100.00
2011	136600	221892	16600	140876	515968
	26.47	43.00	3.22	27.30	100.00

Fuente: Federal Ministry of Economics and Technology on data of the Working Group on Energy Balances (Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen - AGEB).

Figura A1. 3.

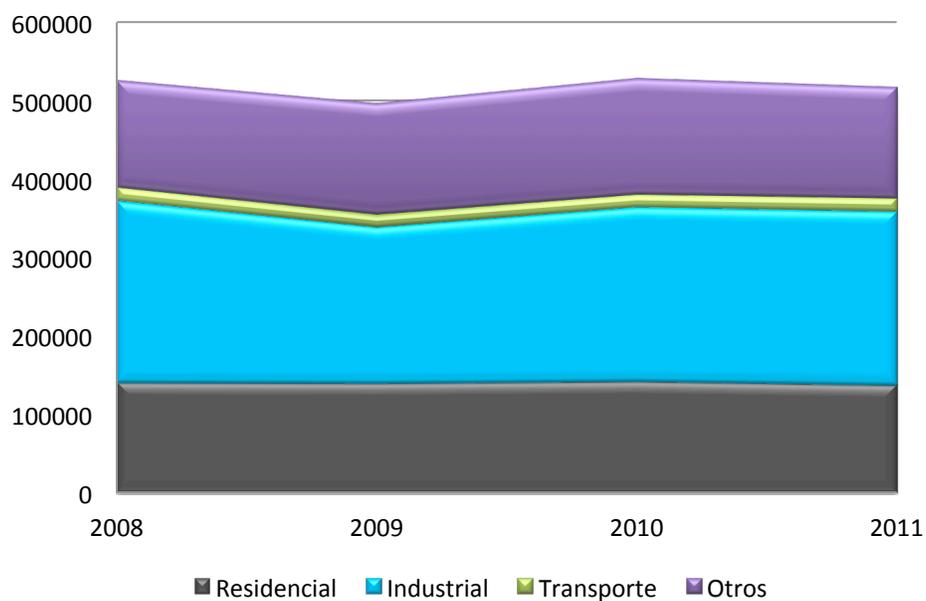
Porcentaje de consumo de electricidad en Alemania por sector, año 2010



Fuente: Federal Ministry of Economics and Technology on data of the Working Group on Energy Balances (Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen - AGEB).

Figura A1. 4

Demanda de electricidad en Alemania por sectores (Millones de kWh)



Fuente: Federal Ministry of Economics and Technology on data of the Working Group on Energy

Balances (Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen - AGEB).

Cuadro A1. 4. Consumo eléctrico residencial por uso final, Alemania (Millones kWh)

Año	Aplicaciones de calor¹⁾	Aplicaciones de frío²⁾	Cocción	Iluminación	Electrodomésticos³⁾	total
2008	33898.5	27760.5	38223.0	12276.0	27342.0	139500
	24.4	19.9	27.3	8.8	19.6	100.0
2009	34382.4	27561.6	38001.6	12110.4	27144.0	139200
	24.7	19.8	27.3	8.7	19.5	100.0
2010	30890.6	29473.6	38967.5	12894.7	29331.9	141700
	21.9	20.8	27.5	9.1	20.7	100.0
2011	28412.8	28822.6	38521.2	12567.2	28276.2	136600
	20.8	21.1	28.2	9.2	20.7	100.0

1) Calefacción y calentamiento de agua

2) Aire acondicionado y refrigeradores

3) Tecnologías de la comunicación y la información, lavadoras, congeladores y demás aparatos eléctricos)

Fuente: Federal Ministry of Economics and Technology on data of the Working Group on Energy Balances (Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen - AGEB).

FRANCIA

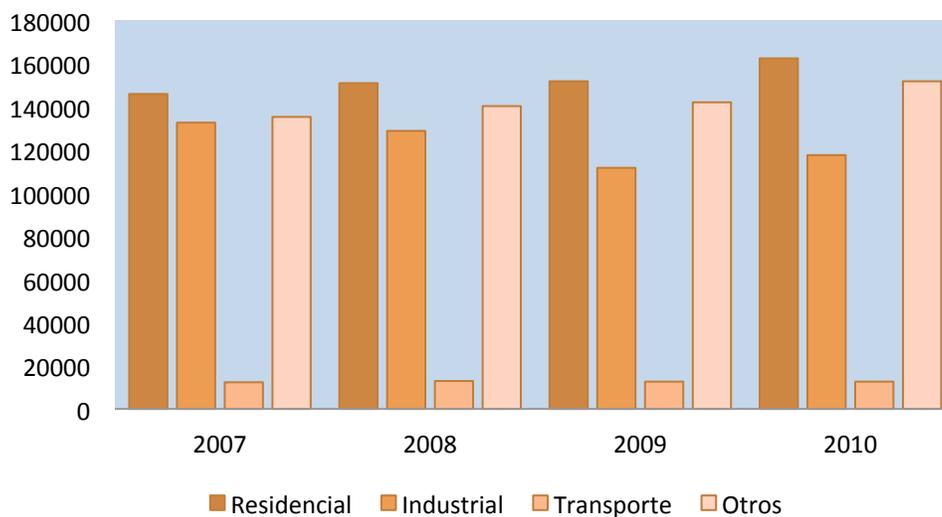
**Cuadro A1. 5. Demanda de electricidad en Francia por sectores
(Millones kWh)**

Año	Residencial	Industrial	Transporte	Otros	Total
2007	145755	132599	12448	135213	426015
	34.21	31.13	2.92	31.74	100.00
2008	150899	128644	12966	140227	432736
	34.87	29.73	3.00	32.40	100.00
2009	151733	111722	12518	141982	417955
	36.30	26.73	3.00	33.97	100.00
2010	162470	117444	12533	151642	444089
	36.59	26.45	2.82	34.15	100.00

Fuente: International Energy Agency, France: Electricity and heat.

Figura A1. 5.

Demanda de electricidad en Francia por sectores (Millones de kWh)



Fuente: International Energy Agency, France: Electricity and heat.

Cuadro A1. 6. Consumo eléctrico residencial por uso final, Francia (Millones kWh)*

Año	Aplicaciones de calor¹⁾	Aplicaciones de frío²⁾	Cocción	Iluminación	Electrodomésticos³⁾	total
2009	42333.51	29132.736	10014.378	15173.30	55079.08	151733
	27.90	19.20	6.60	10.00	36.30	100.00

1) Calefacción y calentamiento de agua

2) Aire acondicionado y refrigeradores

3) Tecnologías de la comunicación y la información, lavadoras, congeladores y demás aparatos eléctricos

*Distribución estimada para los países miembros de la EU-27

Fuente: Joint Research Centre, Energy Efficiency Status Report 2012.

ITALIA

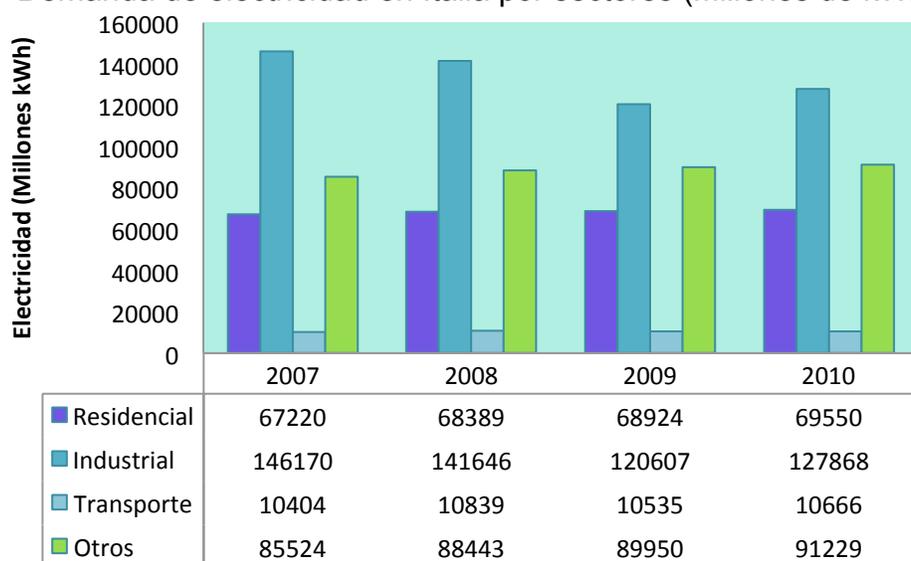
Cuadro A1. 7. Demanda de electricidad en Italia por sectores (Millones kWh)

Año	Residencial	Industrial	Transporte	Otros	Total
2007	67220	146170	10404	85524	309318
	22	47	3	28	100 (%)
2008	68389	141646	10839	88443	309317
	22	46	4	29	100 (%)
2009	68924	120607	10535	89950	290016
	24	42	4	31	100 (%)
2010	69550	127868	10666	91229	299313
	23	43	4	30	100 (%)

Fuente: International Energy Agency, Italy: Electricity and heat.

Figura A1. 6

Demanda de electricidad en Italia por sectores (Millones de kWh)



Fuente: International Energy Agency, Italy: Electricity and heat.

Cuadro A1. 8. Consumo eléctrico residencial por uso final, Italia (Millones kWh)*

Año	Aplicaciones de calor1)	Aplicaciones de frío2)	Cocción	Iluminación	Electrodomésticos3)	total
2009	19229.80	13233.408	4548.984	6892.40	25019.41	68924
	27.90	19.20	6.60	10.00	36.30	100.00
1) Calefacción y calentamiento de agua						
2) Aire acondicionado y refrigeradores						
3) Tecnologías de la comunicación y la información, lavadoras, congeladores y demás aparatos eléctricos						
*Distribución estimada para los países miembros de la EU-27						

Fuente: Joint Research Centre, Energy Efficiency Status Report 2012.

ESPAÑA

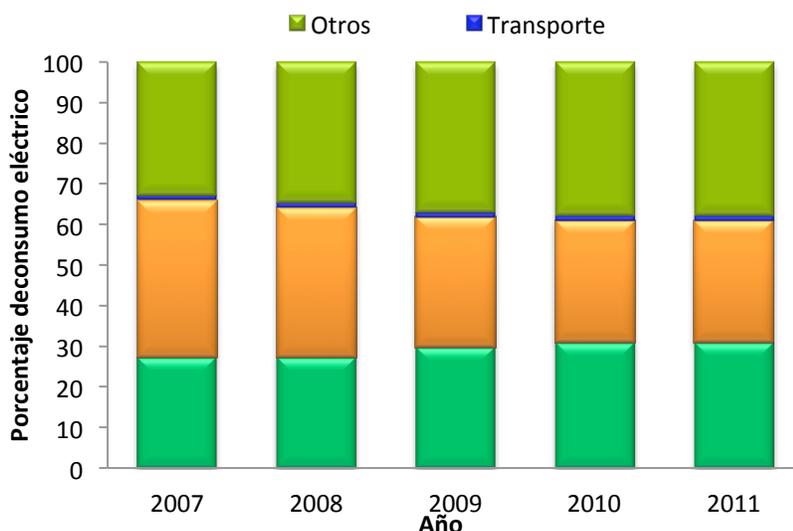
Cuadro A1. 9. Demanda de electricidad en España por sectores (Millones kWh)

Año	Residencial	Industrial	Transporte	Otros	Total
2007	68226.28	97309.51	2765.50	82528.85	250830.14
	27.20	38.79	1.10	32.90	100 (%)
2008	69450.50	94206.95	3120.56	88361.90	255139.92
	27.22	36.92	1.22	34.63	100 (%)
2009	71423.85	76809.82	2985.54	88601.95	239821.16
	29.78	32.03	1.24	36.95	100 (%)
2010	75692.62	73503.23	3222.58	92435.24	244853.67
	30.91	30.02	1.32	37.75	100 (%)
2011	74190.35	72042.97	3158.57	90597.70	239989.59
	30.91	30.02	1.32	37.75	100 (%)

Fuente: Ministerio de Industria, Energía y Turismo, España.

Figura A1. 7

Demanda de electricidad en España por sectores (Porcentaje)



Fuente: Ministerio de Industria, Energía y Turismo, España.

Cuadro A1. 10. Consumo eléctrico residencial por uso final, España (Millones kWh)

Año	Aplicaciones de calor ¹⁾	Aplicaciones de frío ²⁾	Cocción	Iluminación	Electrodomésticos ³⁾	total
2011	8899	1401	5573	7046	37075	59994
	14.8	2.3	9.3	11.7	61.8	100 (%)

1) Calefacción y calentamiento de agua

2) Aire acondicionado y refrigeradores

3) Tecnologías de la comunicación y la información, lavadoras, congeladores y demás aparatos eléctricos)

Fuente: Análisis del consumo energético del sector residencial en España, IDAE.

JAPÓN

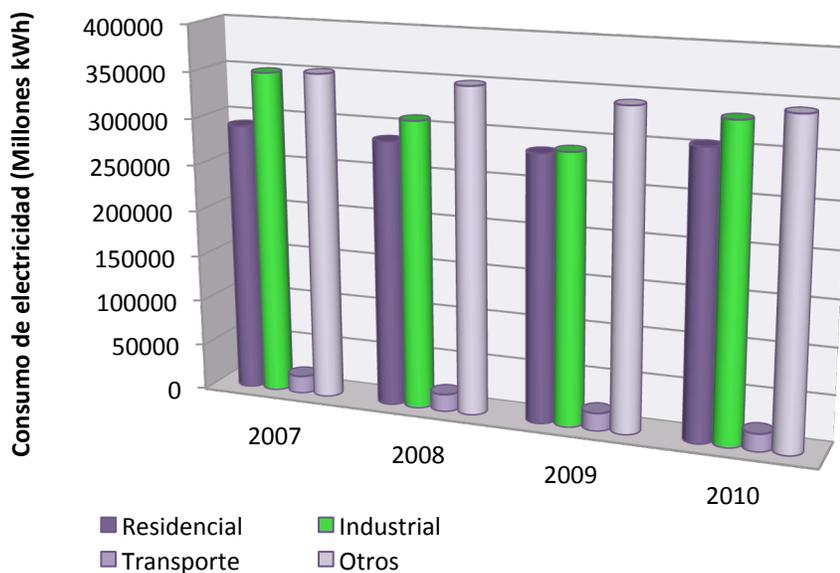
**Cuadro A1. 11. Demanda de electricidad en Japón por sectores
(Millones kWh)**

Año	Residencial	Industrial	Transporte	Otros	Total
2007	290999	349440	18854	351999	1011292
	28.77	34.55	1.86	34.81	100.00
2008	286189	309901	18829	349495	964414
	29.67	32.13	1.95	36.24	100.00
2009	286016	289989	19325	340630	935960
	30.56	30.98	2.06	36.39	100.00
2010	305265	333622	19292	343658	1001837
	30.47	33.30	1.93	34.30	100.00

Fuente: International Energy Agency, Japan: Electricity and heat.

Figura A1. 8

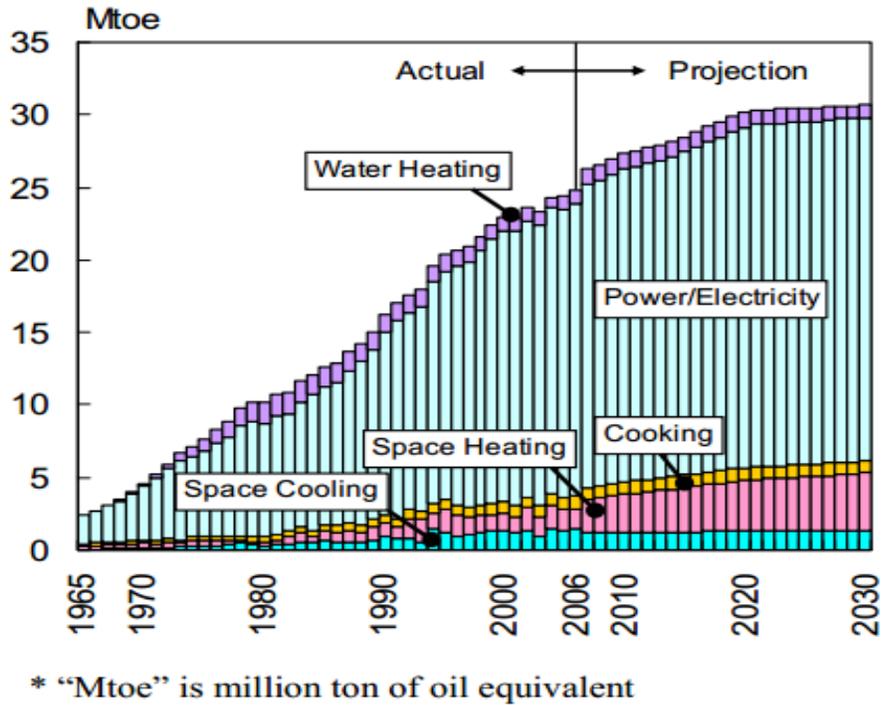
Demanda de electricidad en Japón por sectores (Millones de kWh)



Fuente: International Energy Agency, Japan: Electricity and heat.

Figura A1. 9

Demanda de electricidad en el sector residencial por servicio energético al 2030.



Fuente: Environmental Energy Technologies Division, Japan's Residential Energy Demand Outlook to 2030 Considering Energy Efficiency Standards "Top-Runner Approach"

Cuadro A1. 12. Consumo eléctrico residencial por uso final, Japón (Millones kWh)

Año	Aplicaciones de calor ¹⁾	Aplicaciones de frío ²⁾	Cocción	Iluminación, Electrodomésticos ³⁾	total
2007	39658.30	15874.95	11281.10	213584.95	280399.30
	14.14	5.66	4.02	76.17	100.00

1) Calefacción y calentamiento de agua

2) Aire acondicionado y refrigeradores

3) Tecnologías de la comunicación y la información, lavadoras, congeladores y demás aparatos eléctricos

Fuente: The Energy Data and Modelling Center, Energy Consumption Survey in Japan's residential sector.

REINO UNIDO

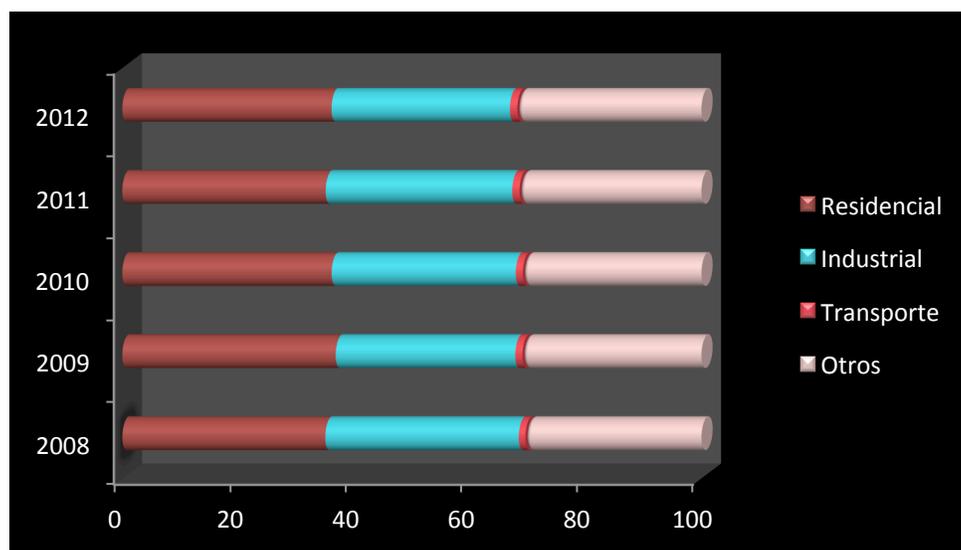
**Cuadro A1. 13. Demanda de electricidad en el Reino Unido por sectores
(Millones kWh)**

Año	Residencial	Industrial	Transporte	Otros	Total
2008	56702.4	54028.6	1857.7	49190.1	161778.8
	35.05	33.40	1.15	30.41	100 (%)
2009	71675.1	60306.1	2432.2	60119.1	194532.5
	36.84	31.00	1.25	30.90	100 (%)
2010	64478.4	56711.7	2201.8	55012.3	178404.3
	36.14	31.79	1.23	30.84	100 (%)
2011	73514.8	67418.1	2675.9	65765.3	209374.1
	35.11	32.20	1.28	31.41	100 (%)
2012	77629.6	66206.5	2749.5	68336.9	214922.4
	36.12	30.80	1.28	31.80	100 (%)

Fuente: Department of Energy and Climate Change - secondary analysis of data from the Digest of UK Energy Statistics.

Figura A1. 10

Demanda de electricidad en el Reino Unido por sectores (Porcentaje)



Fuente: Department of Energy and Climate Change - secondary analysis of data from the Digest of UK Energy Statistics.

Cuadro A1. 14. Consumo eléctrico residencial por uso final, Reino Unido (Millones kWh)

Año	Aplicaciones de calor¹⁾	Aplicaciones de frío²⁾	Cocción	Iluminación	Electrodomésticos³⁾	total
2008	0.00	2055.42	13402.56	15919.10	52578.56	83955.64
	0.00	2.45	15.96	18.96	62.63	100 (%)
2009	0.00	2039.71	13419.28	14557.65	53668.93	83685.57
	0.00	2.44	16.04	17.40	64.13	100 (%)
2010	0.00	2015.45	13028.77	14090.56	54591.60	83726.37
	0.00	2.41	15.56	16.83	65.20	100 (%)
2011	0.00	1964.18	13124.03	13708.14	54785.13	83581.48
	0.00	2.35	15.70	16.40	65.55	100 (%)
2012	0.00	1927.11	13277.60	13734.62	55289.27	84228.61
	0.00	2.29	15.76	16.31	65.64	100 (%)

1) Calefacción y calentamiento de agua

2) Aire acondicionado y refrigeradores

3) Tecnologías de la comunicación y la información, lavadoras, congeladores y demás aparatos eléctricos

Fuente: Market Transformation Programme and analysis by Cambridge Architectural Research Ltd

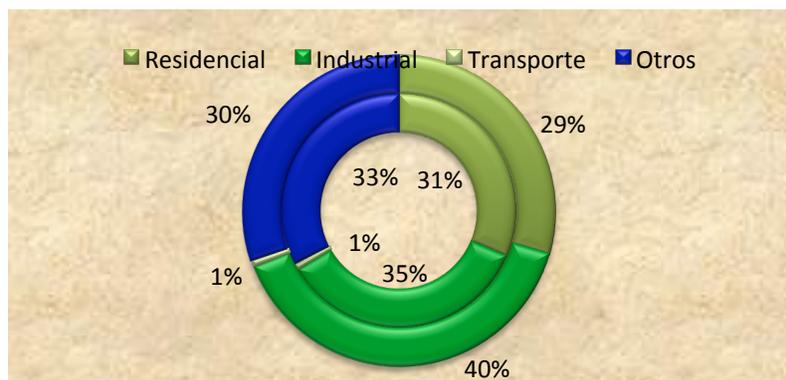
CANADÁ

Cuadro A1. 15. Demanda de electricidad en Canadá por sectores (Millones kWh)

Año	Residencial	Industrial	Transporte	Otros	Total
2007	152859.0	193077.0	4044.0	153025.0	503005.0
	30.4	38.4	0.8	30.4	100.0
2008	159481.0	176224.0	3894.0	160220.0	499819.0
	31.9	35.3	0.8	32.1	100.0
2009	148298.0	162019.0	3855.0	151036.0	465208.0
	31.9	34.8	0.8	32.5	100.0
2010	147116.0	166119.0	3770.0	152943.0	469948.0
	31.3	35.3	0.8	32.5	100.0
2011	153031.4	205786.1	3851.4	156225.0	518893.3
	29.5	39.7	0.7	30.1	100.0

Fuente: International Energy Agency, Canada: Electricity and heat & Report on Energy Supply and Demand in Canada 2011.

Figura A1. 11
Demanda de electricidad en Canadá por sectores en años 2010 y 2011 (Porcentaje)



Fuente: International Energy Agency, Canada: Electricity and heat & Report on Energy Supply and Demand in Canada 2011.

Cuadro A1. 16. Consumo energético residencial por uso final, Canadá (Millones kWh)

Año	Aplicaciones de calor¹⁾	Aplicaciones de frío²⁾	Iluminación	Cocción y electrodomésticos³⁾	total
2008	325555.56	8138.89	16277.78	56972.22	406944.44
	80.00	2.00	4.00	14.00	100.00
1) Calefacción y calentamiento de agua					
2) Aire acondicionado y refrigeradores					
3) Tecnologías de la comunicación y la información, lavadoras, congeladores y demás aparatos eléctricos					

Fuente: Natural Resources Canada, Improving Energy Performance in Canada – Report to Parliament Under the “Energy Efficiency Act” For the Fiscal Year 2010-2011.

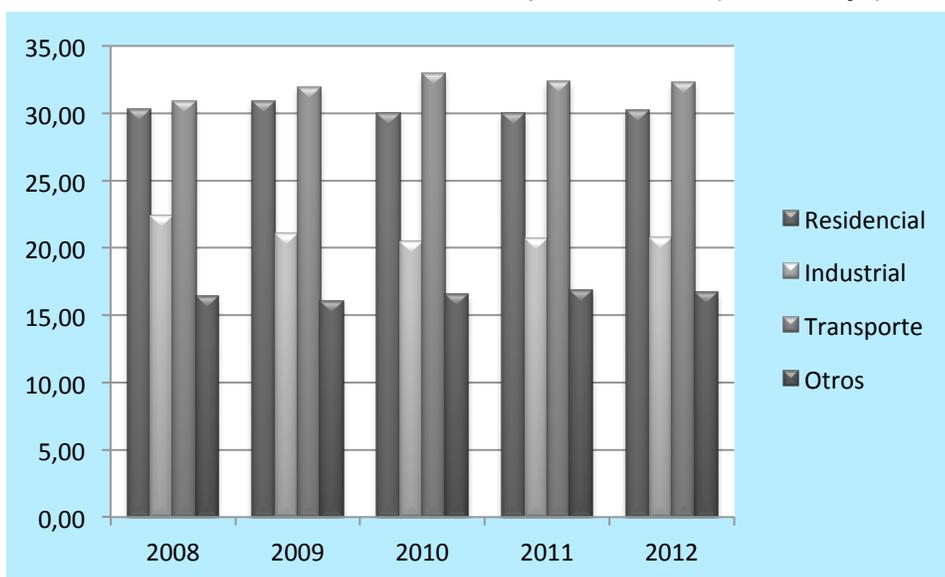
ISRAEL

Cuadro A1. 17. Demanda de electricidad en Israel por sectores (Millones kWh)

Año	Residencial	Industrial	Público y comercial	Otros	Total
2008	15201.40	11217.80	15499.40	8242.30	50160.90
	30.31	22.36	30.90	16.43	100.00
2009	15117.00	10329.00	15624.60	7876.40	48947.00
	30.88	21.10	31.92	16.09	100.00
2010	15590.80	10647.00	17131.70	8608.00	51977.50
	30.00	20.48	32.96	16.56	100.00
2011	15908.60	10986.90	17201.70	8969.70	53066.90
	29.98	20.70	32.42	16.90	100.00
2012	17244.50	11849.10	18433.20	9558.60	57085.40
	30.21	20.76	32.29	16.74	100.00

Fuente: Ministry of Energy & Water Resources, Electricity Department.

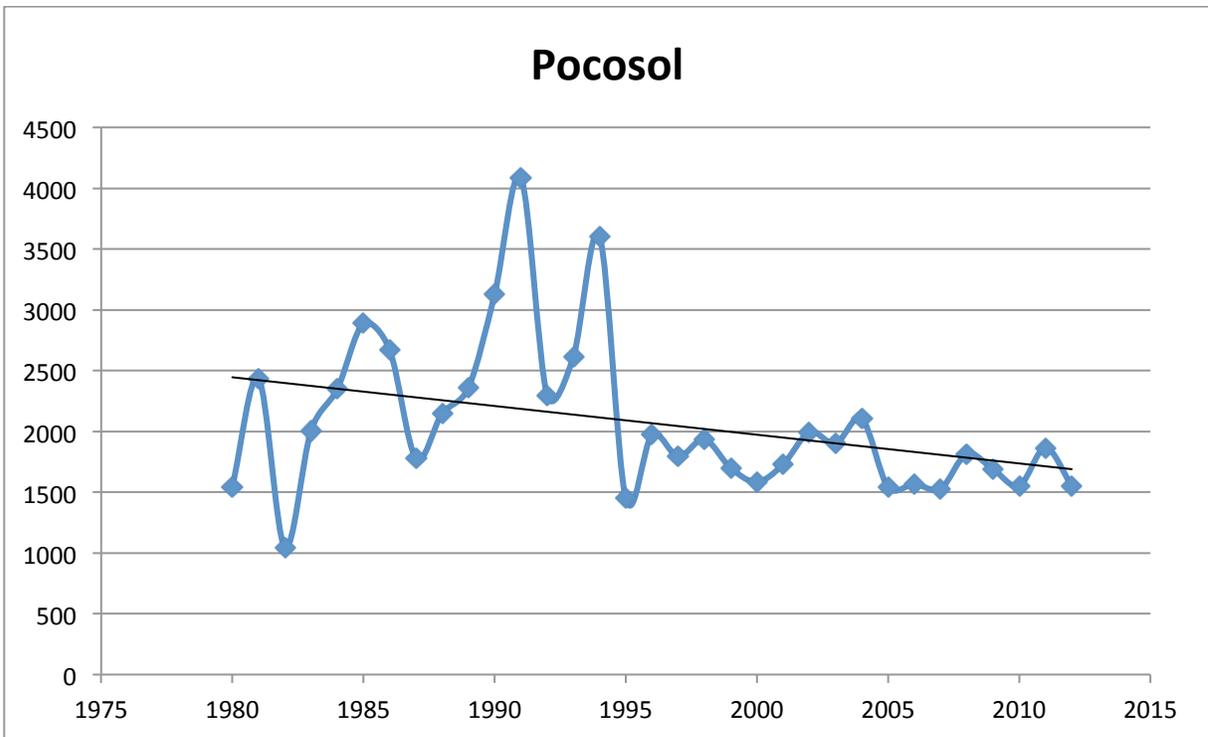
Figura A1. 12
Demanda de electricidad en Israel por sectores (Porcentaje)



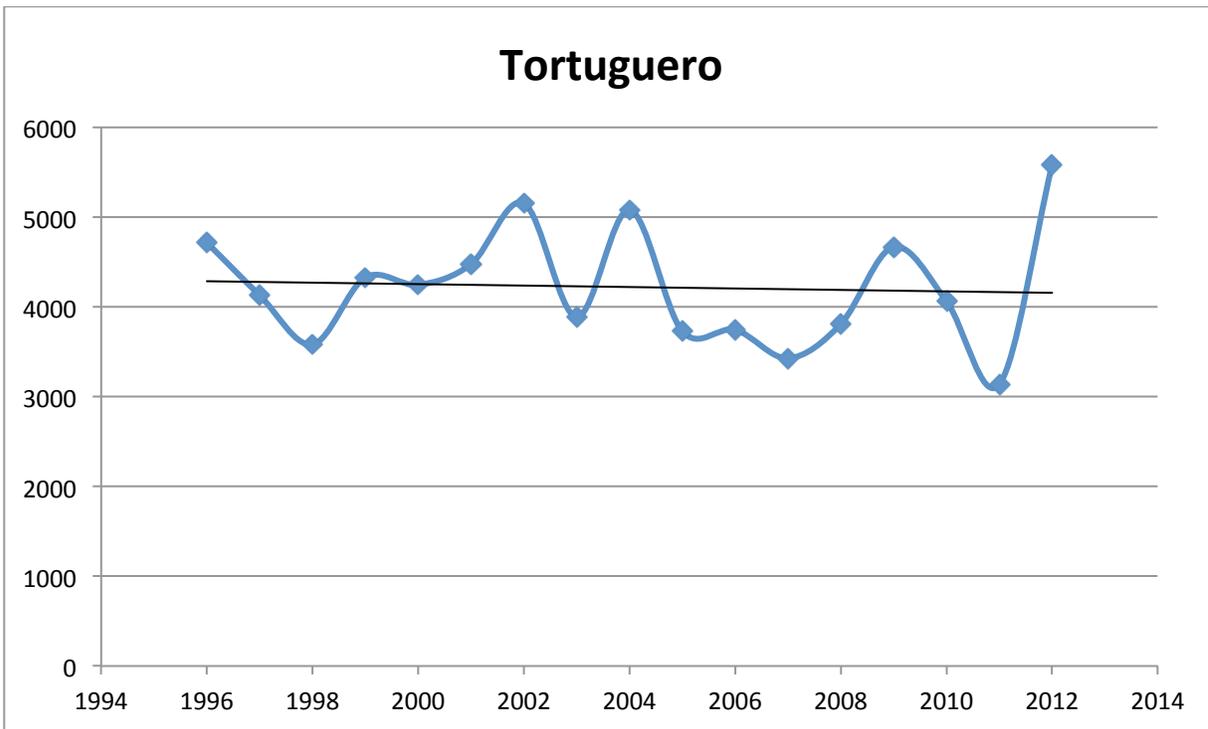
Fuente: Ministry of Energy & Water Resources, Electricity Department.

Anexo No. 2

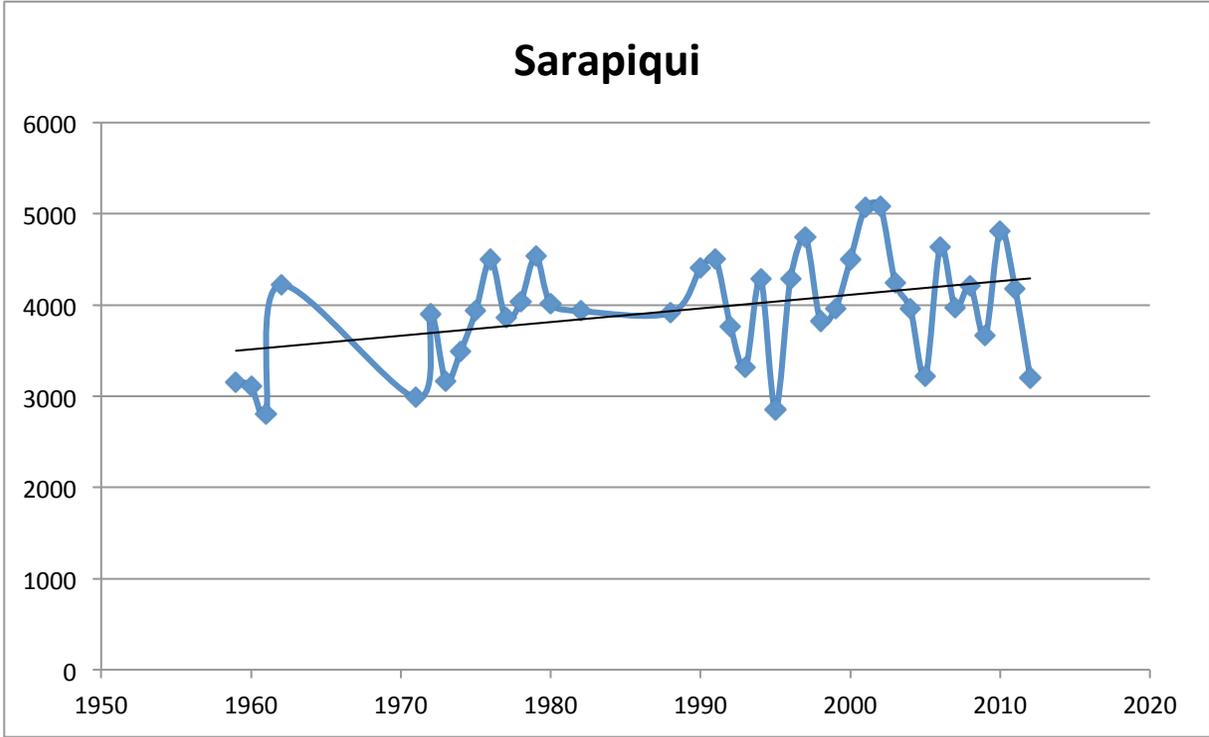
Comportamiento de las precipitaciones en varias cuencas de Costa Rica



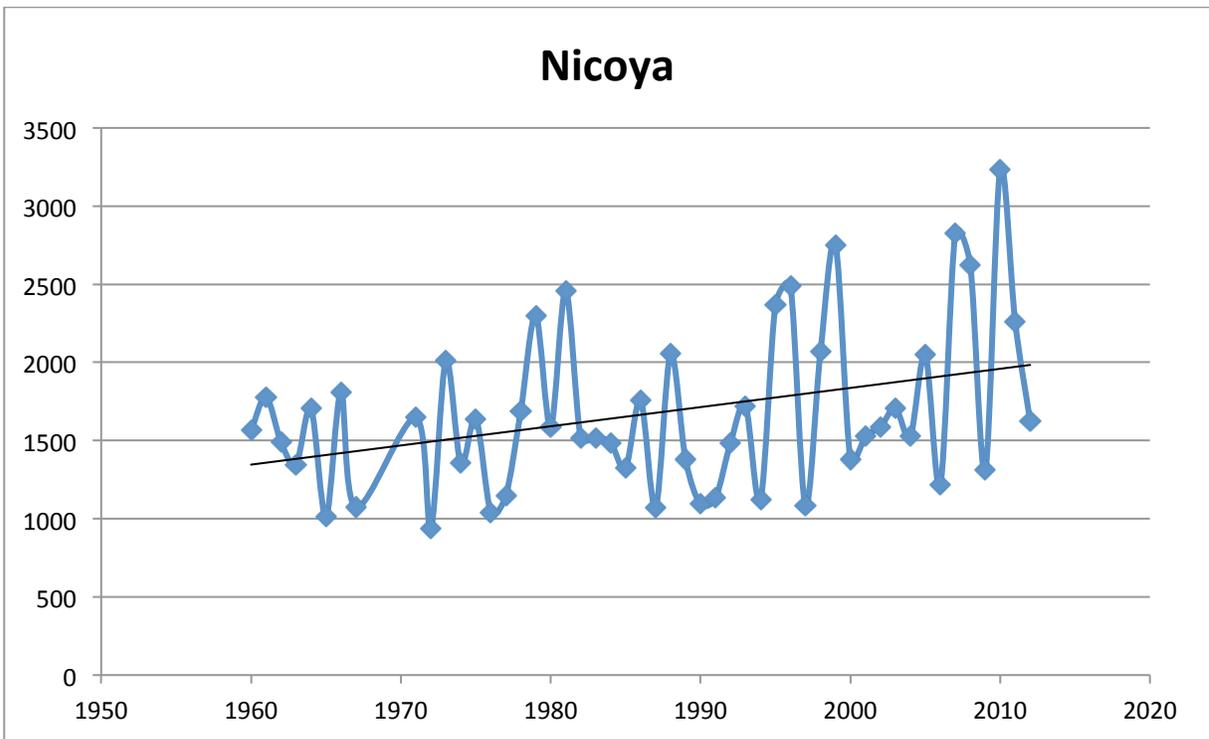
Fuente: Elaboración propia con datos del IMN



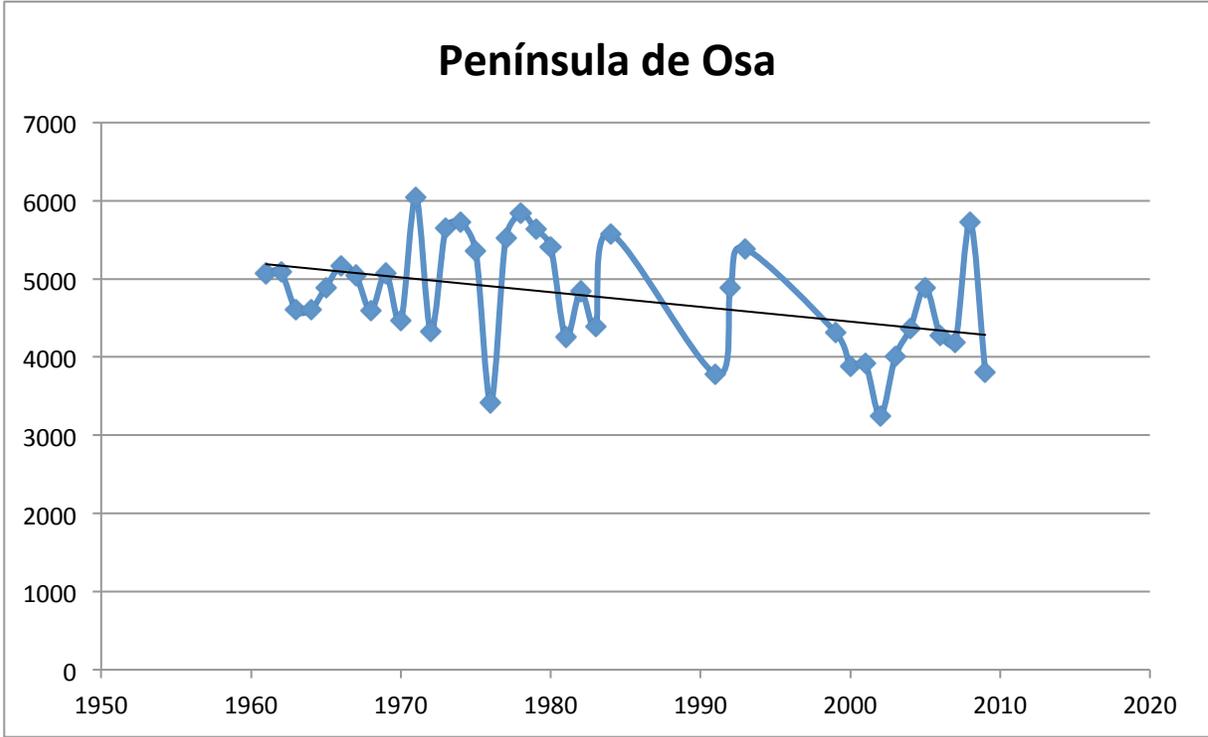
Fuente: Elaboración propia con datos del IMN



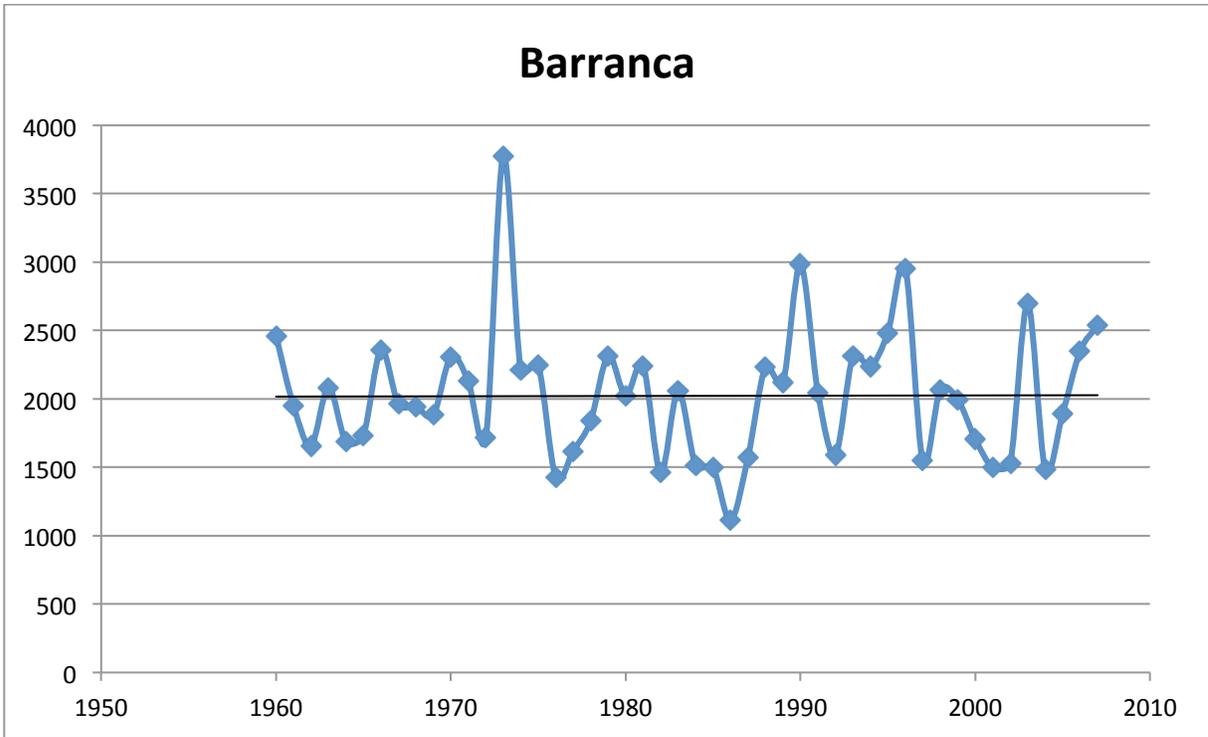
Fuente: Elaboración propia con datos del IMN



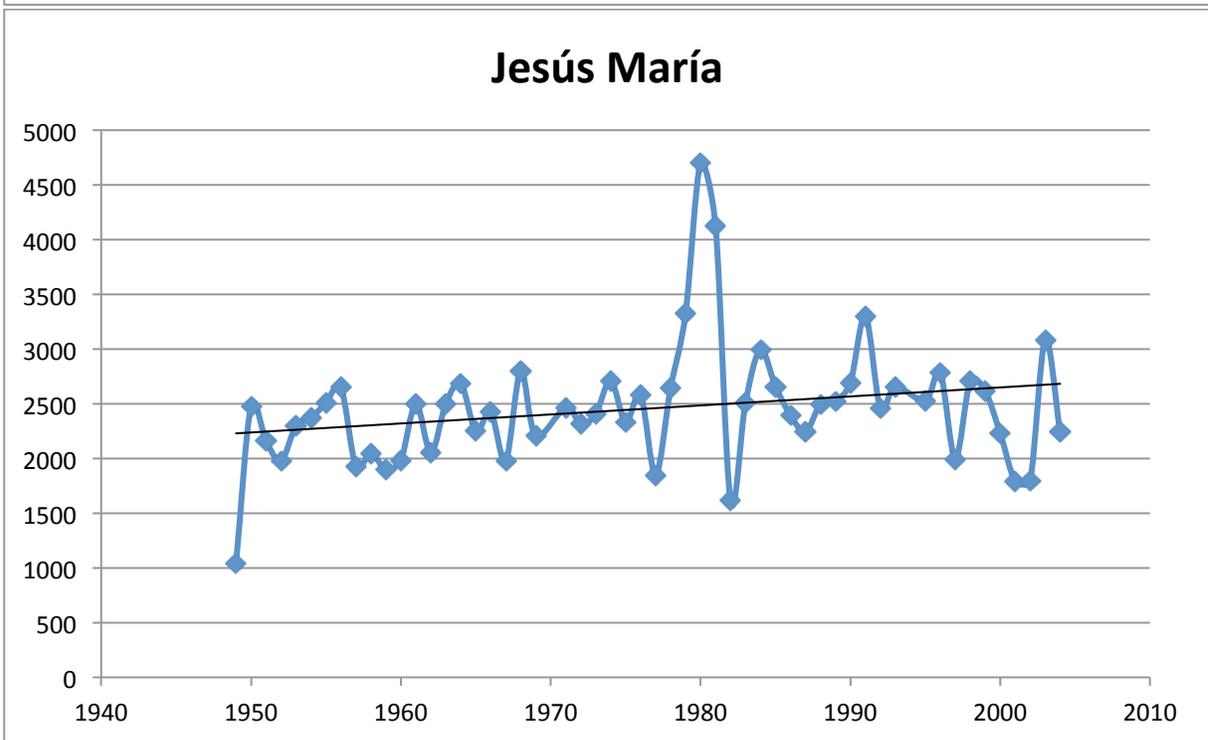
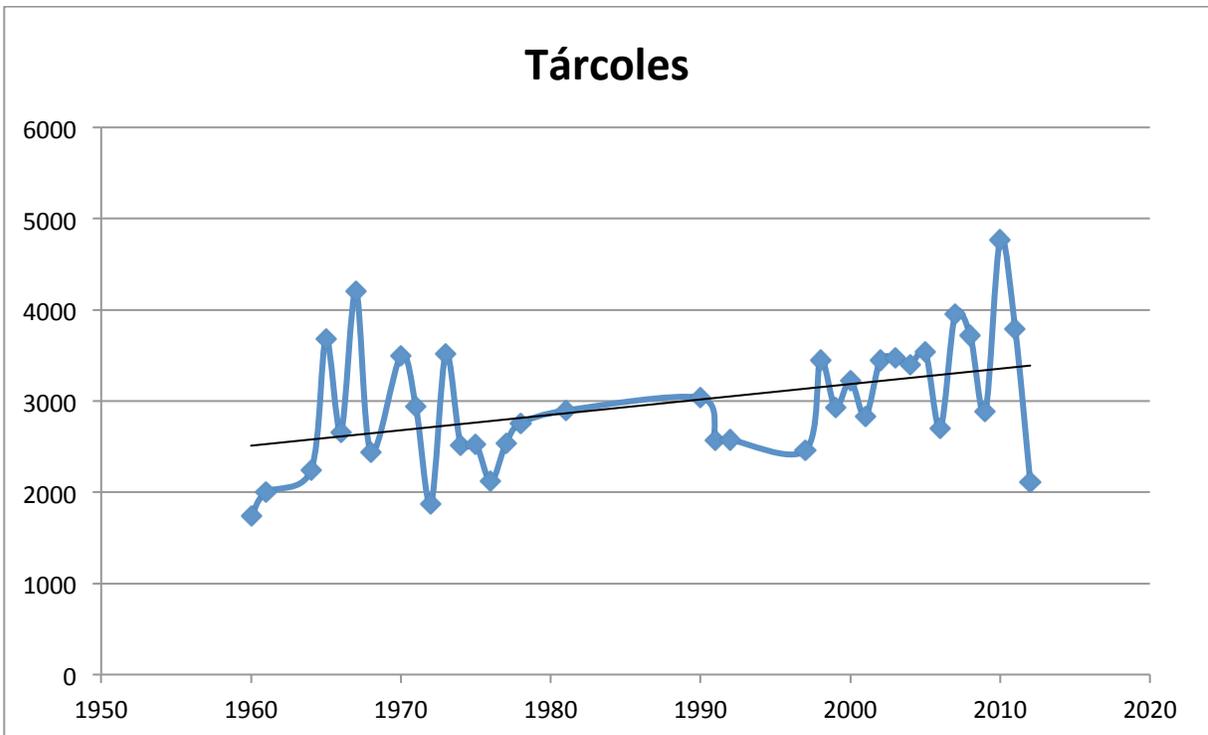
Fuente: Elaboración propia con datos del IMN



Fuente: Elaboración propia con datos del IMN



Fuente: Elaboración propia con datos del IMN



Fuente: Elaboración propia con datos del IMN

Anexo No. 3

Evaluación geológica y de gestión del riesgo de cuencas con potencial hidroeléctrico ante las proyecciones de Cambio Climático y variabilidad climática para el siglo XXI

Evaluación geológica y de gestión del riesgo de cuencas con potencial hidroeléctrico ante las proyecciones de Cambio Climático y variabilidad climática para el siglo XXI

Dr. Allan Astorga Gättgens, Geólogo Ambiental, Doctor en Ciencias Naturales, especialista en Sedimentología, Evaluación Ambiental y Ordenamiento Territorial

i) Introducción

Dentro de la consultoría realizada se presenta aquí, la evaluación de las formaciones geológicas y condiciones geomorfológica asociados a las principales cuencas aptas para la producción de energía hidroeléctrica nacional y la elaboración de recomendaciones en los diseños futuros para la prevención de la acumulación excesiva de sedimentos, relacionada con los efectos que produzca el Cambio Climático y factores de variabilidad climática asociados.

El objetivo principal del trabajo es describir de manera general las características geológicas de las cuencas que seleccionadas para análisis y establecer si ante un aumento de las precipitaciones o escorrentías, se incrementarían los riesgos de deslizamientos y procesos erosivos, así como avalanchas o cabezas de agua que puedan afectar la operación de las plantas hidroeléctricas existentes y las futuras, estableciendo recomendaciones de acciones concretas a desarrollar para adecuar los diseños de las plantas existentes y futuras.

Las cuencas seleccionadas son las siguientes (ver Figura A3.1):

1. Reventazón
2. Pacuare
3. Parrita
4. Naranjo
5. Térraba
6. Savegre
7. San Carlos
8. Sixaola
9. Matina

Se utilizaron dos fuentes principales de información: a) los diversos trabajos citados en la Tabla A3.1 (Amenazas e impactos climáticos en la región y por país) del Anexo 1 del Informe Final de OLADE (2013) titulado: "Vulnerabilidad al cambio

climático de los sistemas de producción hidroeléctrica en Centroamérica y sus opciones de adaptación"; y b) el Atlas Centroamericano para la Gestión Sostenible del Territorio del SICA (2012).

A fin de simplificar el análisis realizado, se ha seguido un esquema en dos niveles. Un nivel más detallado de análisis individualizado por cuenca, según los factores considerados en las dos fuentes de información citadas, lo cual se presenta en la Tabla A3.1.

Un segundo nivel, que presenta un resumen para cada una de las cuencas hidrográficas analizadas, con especial énfasis en el proyectos hidroeléctricos existentes o que se pudiesen desarrollar en el futuro, y en particular, respecto a la serie de acciones ambientales necesarias para garantizar la sostenibilidad ambiental de la cuenca hidrográfica y de los proyectos de hidroenergía que se pudiesen desarrollar en las mismas.

Figura A3.1. Mapa de cuencas hidrográficas de Costa Rica, con las cuencas hidrográficas analizadas en este estudio.

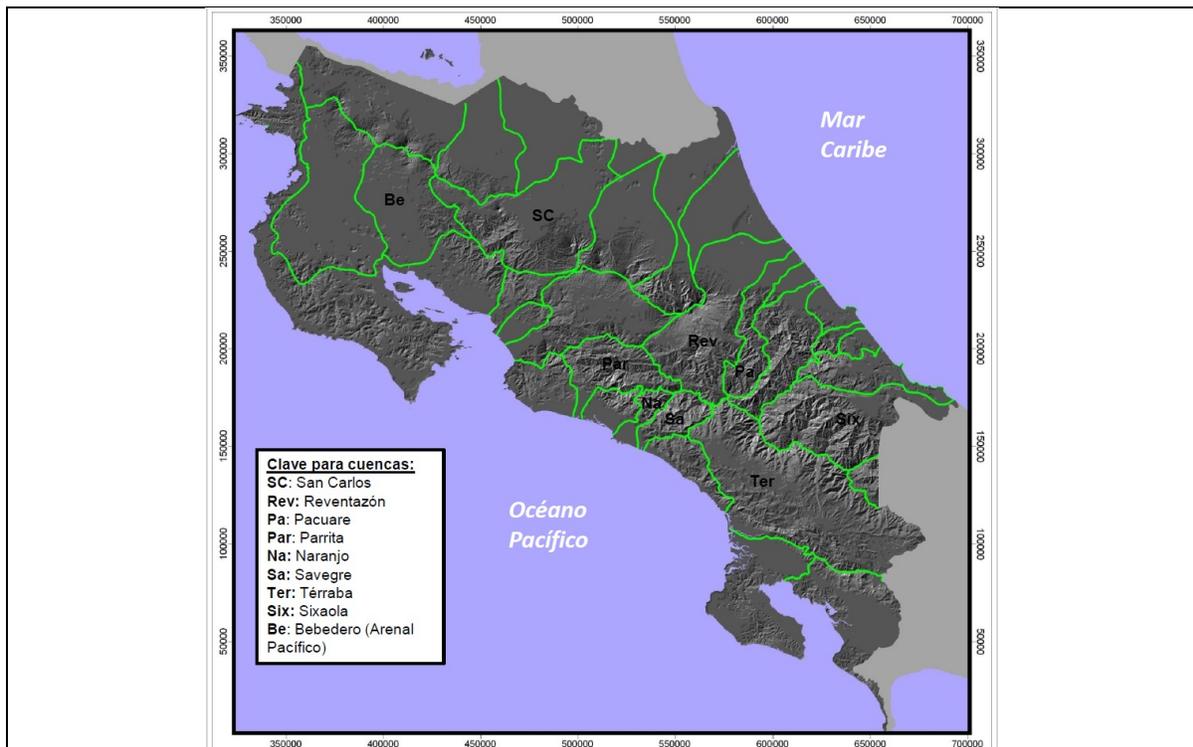


Tabla A3.1

Contexto de cambio climático y de variabilidad climática:

Mayores precipitaciones. Mayor frecuencia de caudales instantáneos. Mayor frecuencia de lluvias intensas (40 a 60 mm/día). Mayor frecuencia de tormentas tropicales. Mayor frecuencia de huracanes de mayor intensidad (categorías IV a V).

CUENCA	GEOLÓGIA	RELIEVE	SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTOS	SEVERIDAD DEL CAMBIO CLIMÁTICO (2020)	SEVERIDAD DEL CAMBIO CLIMÁTICO (2050)	CONDICIÓN CLIMÁTICA 1950 - 2000	ESCENARIO DESFAVORABLE / FAVORABLE ZONAS CLIMÁTICAS AL 2020	ESCENARIO DESFAVORABLE/ FAVORABLE ZONAS CLIMÁTICAS AL 2050	OBSERVACIONES	ACCIONES PREVENTIVAS Y CORRECTIVAS CON ÉNFAIS EN PROYECTOS HIDROELÉCTRICOS
San Carlos	Volcanitas de la Formación Aguacate, Volcanitas cuaternarias, aluvión cuaternario	Alta en la parte montañosa y llana en la media y baja	Moderado a alto	Alta a muy alta	Alta , con un pequeño sector en condiciones de tipo Muy Alta	Tropical muy húmedo	Des.: Tropical Muy Húmedo Fav: Tropical Muy Húmedo	Des: Tropical Muy Húmedo con zonas con Tropical húmedo con estación seca larga Fav: Tropical Muy Húmedo	Proyecciones indican que se mantienen condiciones de lluvias significativas, posiblemente con variaciones de intensidad. Dadas las condiciones geológicas se mantiene la	Ordenamiento territorial, con recuperación de bosques en zonas de aptitud forestal desprovistas de vegetación. Protección de bosques existentes con programa de pago de

CUENCA	GEOLOGÍA	RELIEVE	SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTOS	SEVERIDAD DEL CAMBIO CLIMÁTICO (2020)	SEVERIDAD DEL CAMBIO CLIMÁTICO (2050)	CONDICIÓN CLIMÁTICA 1950 - 2000	ESCENARIO DESFAVORABLE / FAVORABLE ZONAS CLIMÁTICAS AL 2020	ESCENARIO DESFAVORABLE/ FAVORABLE ZONAS CLIMÁTICAS AL 2050	OBSERVACIONES	ACCIONES PREVENTIVAS Y CORRECTIVAS CON ÉNFASIS EN PROYECTOS HIDROELÉCTRICOS
									condición de alta a muy alta susceptibilidad a deslizamientos y procesos erosivos en zonas de mayor pendiente, así como inundaciones y desarrollo de avalanchas en zonas bajas.	servicios ambientales. Identificación de zonas de inestabilidad activa e implementación de medidas ambientales correctivas de estabilización: manejo de drenajes, reforestación, terraceo. Control del grado de colmatación de cauces

CUENCA	GEOLOGÍA	RELIEVE	SUSCEPTIBILIDAD A DESlizAMIENTOS	SEVERIDAD DEL CAMBIO CLIMÁTICO (2020)	SEVERIDAD DEL CAMBIO CLIMÁTICO (2050)	CONDICIÓN CLIMÁTICA 1950 - 2000	ESCENARIO DESFAVORABLE / FAVORABLE ZONAS CLIMÁTICAS AL 2020	ESCENARIO DESFAVORABLE/ FAVORABLE ZONAS CLIMÁTICAS AL 2050	OBSERVACIONES	ACCIONES PREVENTIVAS Y CORRECTIVAS CON ÉNFASIS EN PROYECTOS HIDROELÉCTRICOS
										<p>fluviales en áreas bajas, con extracción minera o dragado y apertura de espacio para los caudales de mayor volumen.</p> <p>Prevención de construcciones en el valle de inundación inmediata de cauces fluviales.</p>
Reventazón	Rocas sedimentarias y volcánicas e	Alta en la parte montañosa.	Moderado a alto	Alta a muy alta	Alta, con una moderado	Tropical muy húmedo	Des.: Tropical húmedo de	Des: Tropical Muy Húmedo con zonas	Proyecciones indican que se mantienen	Ordenamiento territorial, con recuperación de

CUENCA	GEOLOGÍA	RELIEVE	SUSCEPTIBILIDAD A DESlizAMIENTOS	SEVERIDAD DEL CAMBIO CLIMÁTICO (2020)	SEVERIDAD DEL CAMBIO CLIMÁTICO (2050)	CONDICIÓN CLIMÁTICA 1950 - 2000	ESCENARIO DESFAVORABLE / FAVORABLE ZONAS CLIMÁTICAS AL 2020	ESCENARIO DESFAVORABLE/ FAVORABLE ZONAS CLIMÁTICAS AL 2050	OBSERVACIONES	ACCIONES PREVENTIVAS Y CORRECTIVAS CON ÉNFASIS EN PROYECTOS HIDROELÉCTRICOS
	intrusivas del Terciario. Edificios volcánicos cuaternarios y productos volcánicos y volcanoclásticos asociados. Depósitos cuaternarios.	Parte media presenta sistema controlado y tectónicamente y parte baja llana.			sector en condiciones de tipo Muy Alta	en las partes bajas y tropical húmedo con estación seca larga en la parte alta.	montaña en parte alta y tropical muy húmedo en parte baja con Fav: Tropical Muy Húmedo parte baja y media. Tropical húmedo de montaña en la parte alta.	bajas, Tropical húmedo de montaña en partes altas y tropical húmedo con estación seca larga en un pequeño sector. Fav: Tropical Muy Húmedo parte baja y media. Tropical húmedo de montaña y un	condiciones de lluvias significativas, posiblemente con variaciones de intensidad en la parte media y baja de la cuenca. Dadas las condiciones geológicas se mantiene la condición de alta a muy alta susceptibilidad a deslizamientos y procesos	bosques en zonas de aptitud forestal desprovistas de vegetación. Protección de bosques existentes con programa de pago de servicios ambientales. Identificación de zonas de inestabilidad activa e implementación de medidas

CUENCA	GEOLOGÍA	RELIEVE	SUSCEPTIBILIDAD A DESlizAMIENTOS	SEVERIDAD DEL CAMBIO CLIMÁTICO (2020)	SEVERIDAD DEL CAMBIO CLIMÁTICO (2050)	CONDICIÓN CLIMÁTICA 1950 - 2000	ESCENARIO DESFAVORABLE / FAVORABLE ZONAS CLIMÁTICAS AL 2020	ESCENARIO DESFAVORABLE/ FAVORABLE ZONAS CLIMÁTICAS AL 2050	OBSERVACIONES	ACCIONES PREVENTIVAS Y CORRECTIVAS CON ÉNFASIS EN PROYECTOS HIDROELÉCTRICOS
									<p>pequeño erosivos en ambientales sector (valle zonas de mayor correctivas de central pendiente, así estabilización: oriental), como manejo de tropical inundaciones y drenajes, húmedo con avalanchas en reforestación, estación seca zonas bajas. terraceo.</p> <p>larga. La parte alta Control del grado tendrá de colmatación disminuciones en de cauces lluvias pero se fluviales en incrementará áreas bajas, con variabilidad. Se extracción prevén mayor minera o intensidad de dragado y procesos de apertura de erosión y espacio para los deslizamientos. caudales de</p>	

CUENCA	GEOLOGÍA	RELIEVE	SUSCEPTIBILIDAD A DESlizAMIENTOS	SEVERIDAD DEL CAMBIO CLIMÁTICO (2020)	SEVERIDAD DEL CAMBIO CLIMÁTICO (2050)	CONDICIÓN CLIMÁTICA 1950 - 2000	ESCENARIO DESFAVORABLE / FAVORABLE ZONAS CLIMÁTICAS AL 2020	ESCENARIO DESFAVORABLE/ FAVORABLE ZONAS CLIMÁTICAS AL 2050	OBSERVACIONES	ACCIONES PREVENTIVAS Y CORRECTIVAS CON ÉNFASIS EN PROYECTOS HIDROELÉCTRICOS
									mayor volumen. Prevención de construcciones en el valle de inundación inmediata de cauces fluviales. Aumento de capacidad de reservorios de agua para los periodos de baja en lluvias durante el verano.	
Parrita	Complejo de Rocas Nicoya.	Parte alta y media de la	Moderado a muy alto	Alta en toda la parte alta	Alta en toda la	Tropical muy	Des.: Tropical Muy	Des: Tropical húmedo con proyecciones	Las proyecciones	Aumento de capacidad de

CUENCA	GEOLOGÍA	RELIEVE	SUSCEPTIBILIDAD A DESPLAZAMIENTOS	SEVERIDAD DEL CAMBIO CLIMÁTICO (2020)	SEVERIDAD DEL CAMBIO CLIMÁTICO (2050)	CONDICIÓN CLIMÁTICA 1950 - 2000	ESCENARIO DESFAVORABLE / FAVORABLE ZONAS CLIMÁTICAS AL 2020	ESCENARIO DESFAVORABLE/ FAVORABLE ZONAS CLIMÁTICAS AL 2050	OBSERVACIONES	ACCIONES PREVENTIVAS Y CORRECTIVAS CON ÉNFASIS EN PROYECTOS HIDROELÉCTRICOS
	sedimentarias del Terciario. Vulcanitas del Terciario. Depósitos aluviales en la parte baja.	cuenca con relieve montañoso pronunciado. Parte baja, llana.		y media y media en la parte baja.	cuenca.	húmedo en la parte media y baja de la cuenca. Tropical húmedo de montaña en la parte noreste de la cuenca.	Húmedo en la parte media y baja. Tropical húmedo de montaña y tropical húmedo con estación seca larga en el sector noroeste. Menores lluvias! Fav: Tropical Muy	estación seca larga y extensa en la parte alta de la cuenca con un pequeño sector de tropical húmedo de montaña. La parte media de la cuenca será tropical muy húmedo. Todavía menos	desfavorables indican una disminución significativa de lluvias en la parte alta de la cuenca para escenarios del 2020 incrementándose hacia el 2050. Es probable que la variabilidad climática. Las condiciones de pendiente podrían favorecer erosión	reservorios de agua para los periodos de baja en lluvias durante el verano. Ordenamiento territorial, con recuperación de bosques en zonas de aptitud forestal desprovistas de vegetación. Protección de bosques existentes con programa de

CUENCA	GEOLOGÍA	RELIEVE	SUSCEPTIBILIDAD A DESlizAMIENTOS	SEVERIDAD DEL CAMBIO CLIMÁTICO (2020)	SEVERIDAD DEL CAMBIO CLIMÁTICO (2050)	CONDICIÓN CLIMÁTICA 1950 - 2000	ESCENARIO DESFAVORABLE / FAVORABLE ZONAS CLIMÁTICAS AL 2020	ESCENARIO DESFAVORABLE/ FAVORABLE ZONAS CLIMÁTICAS AL 2050	OBSERVACIONES	ACCIONES PREVENTIVAS Y CORRECTIVAS CON ÉNFASIS EN PROYECTOS HIDROELÉCTRICOS
							Húmedo parte baja, media y alta (sector noroeste) de la cuenca. Sector noreste con tropical húmedo de montaña. Situación similar a escenario 1950 a 2000.	lluvias. Fav: Tropical Muy Húmedo parte baja, media y alta (sector noroeste) de la cuenca. Sector noreste con tropical húmedo de montaña. Situación similar a escenario 1950 a 2000.	y deslizamiento durante periodos de mayores precipitaciones. En la parte media de la cuenca se incrementaría los deslizamientos. En la parte baja se aumentaría los procesos de inundación. Situación similar a escenario 1950 a 2000.	pago de servicios ambientales. Identificación de zonas de inestabilidad se activa e implementación de medidas ambientales correctivas de estabilización: manejo de drenajes, reforestación, terraceo.

CUENCA	GEOLOGÍA	RELIEVE	SUSCEPTIBILIDAD A DESlizamientos	SEVERIDAD DEL CAMBIO CLIMÁTICO (2020)	SEVERIDAD DEL CAMBIO CLIMÁTICO (2050)	CONDICIÓN CLIMÁTICA 1950 - 2000	ESCENARIO DESFAVORABLE / FAVORABLE ZONAS CLIMÁTICAS AL 2020	ESCENARIO DESFAVORABLE/ FAVORABLE ZONAS CLIMÁTICAS AL 2050	OBSERVACIONES	ACCIONES PREVENTIVAS Y CORRECTIVAS CON ÉNFASIS EN PROYECTOS HIDROELÉCTRICOS
Pacuare	Formación Tuis (rocas sedimentarias), Formación Senosri y Formación Uscari. Depósitos cuaternarios en la parte baja.	Relieve alto pronunciado en la parte alta y media de la cuenca. La parte baja es llana.	Alta a muy alta en la parte alta y media de la cuenca. Baja en la parte llana.	Alta en la parte alta de la cuenca. Muy alta en la parte media y nuevamente alta en la parte baja.	Alta en la parte alta de la cuenca. Muy alta en la parte media y nuevamente alta en la parte baja.	Tropical muy húmedo en las partes bajas y medias. Tropical húmedo de montaña en la parte alta.	Des.: Tropical húmedo de montaña en la parte alta de la cuenca y tropical muy húmedo en la parte media y baja de la cuenca. Condiciones muy similares a las del periodo 1950 - 2000.	Des: Tropical húmedo de montaña en la parte alta de la cuenca y tropical muy húmedo en la parte media y baja de la cuenca. Condiciones muy similares a las del periodo 1950 - 2000, aunque se evidencia un incremento	Las proyecciones indican un cambio poco significativo respecto a las condiciones del periodo 1950 – 2000, aunque conforme avance hacia el año 2050 se incrementarán las lluvias hacia la parte alta de la cuenca. Las condiciones geológicas y de	Mantener las condiciones de cobertura boscosa existente y recuperar los bosques en zonas de aptitud forestal desprovistas de cobertura vegetal.

CUENCA	GEOLOGÍA	RELIEVE	SUSCEPTIBILIDAD A DESlizAMIENTOS	SEVERIDAD DEL CAMBIO CLIMÁTICO (2020)	SEVERIDAD DEL CAMBIO CLIMÁTICO (2050)	CONDICIÓN CLIMÁTICA 1950 - 2000	ESCENARIO DESFAVORABLE / FAVORABLE ZONAS CLIMÁTICAS AL 2020	ESCENARIO DESFAVORABLE/ FAVORABLE ZONAS CLIMÁTICAS AL 2050	OBSERVACIONES	ACCIONES PREVENTIVAS Y CORRECTIVAS CON ÉNFASIS EN PROYECTOS HIDROELÉCTRICOS
							<p>Fav: Tropical húmedo de montaña en la parte alta de la cuenca y tropical muy húmedo en la parte media y baja de la cuenca. Condiciones muy similares a las del periodo 1950 – 2000.</p>	<p>de la extensión de las zonas tropicales muy húmedas hacia las zonas altas.</p> <p>Fav: Tropical húmedo de montaña en la parte alta de la cuenca y tropical muy húmedo en la parte media y baja de la cuenca.</p>	<p>relieve implica un incremento en los procesos de erosión y deslizamientos en la parte media y alta de la cuenca.</p> <p>Se incrementarán los procesos de inundación en la parte baja de la cuenca.</p>	

CUENCA	GEOLOGÍA	RELIEVE	SUSCEPTIBILIDAD A DESIZAMIENTOS	SEVERIDAD DEL CAMBIO CLIMÁTICO (2020)	SEVERIDAD DEL CAMBIO CLIMÁTICO (2050)	CONDICIÓN CLIMÁTICA 1950 - 2000	ESCENARIO DESFAVORABLE / FAVORABLE ZONAS CLIMÁTICAS AL 2020	ESCENARIO DESFAVORABLE/ FAVORABLE ZONAS CLIMÁTICAS AL 2050	OBSERVACIONES	ACCIONES PREVENTIVAS Y CORRECTIVAS CON ÉNFASIS EN PROYECTOS HIDROELÉCTRICOS
									Condiciones muy similares a las del periodo 1950 – 2000.	
Naranjo	Formación Térraba en la parte alta y media de la cuenca. Aluviones en la parte baja.	Alto pronunciado en la parte alta y media de la cuenca. Llano en la parte baja.	Moderado a bajo debido a la presencia de una fuerte cobertura boscosa.	Alta en la parte alta y media de la cuenca. Baja en la parte baja de la cuenca.	Alta a lo largo de toda la cuenca.	Tropical húmedo de montaña en la parte más alta de la cuenca y tropical húmedo en la parte media y baja de la cuenca.	Des: Tropical húmedo de montaña en la parte más alta de la cuenca y tropical húmedo en la parte media y baja de la cuenca.	Des: Tropical húmedo de montaña en la parte más alta de la cuenca y tropical húmedo en la parte media y baja de la cuenca. Condiciones muy similares	Las condiciones de precipitación mantendrán, con pocos cambios, el patrón del periodo de 1950 al 2000, por lo que la condición de vulnerabilidad a procesos de erosión y deslizamientos se mantiene	Mantener las condiciones de cobertura boscosa existente y recuperar bosques en zonas de aptitud forestal desprovistas de cobertura vegetal.

CUENCA	GEOLOGÍA	RELIEVE	SUSCEPTIBILIDAD A DESlizAMIENTOS	SEVERIDAD DEL CAMBIO CLIMÁTICO (2020)	SEVERIDAD DEL CAMBIO CLIMÁTICO (2050)	CONDICIÓN CLIMÁTICA 1950 - 2000	ESCENARIO DESFAVORABLE / FAVORABLE ZONAS CLIMÁTICAS AL 2020	ESCENARIO DESFAVORABLE/ FAVORABLE ZONAS CLIMÁTICAS AL 2050	OBSERVACIONES	ACCIONES PREVENTIVAS Y CORRECTIVAS CON ÉNFASIS EN PROYECTOS HIDROELÉCTRICOS
						baja de la cuenca.	Condiciones muy similares a las del periodo 1950 – 2000. Fav: condiciones similares.	a las del periodo 1950 – 2000. Fav: condiciones similares.	bajo. Esto siempre y cuando se mantengan las coberturas boscosas existentes. En caso de que esa condición cambie se pronostica un aumento significativo de los procesos de erosión y deslizamientos.	
Savegre	Formaciones de rocas sedimentarias	Alto, muy pronunciado en la parte alta	Moderado a bajo, debido a la	Alta en la parte alta y media de la	Alta a lo largo de toda la	Tropical húmedo de	Des: Tropical húmedo de	Des: Tropical húmedo de montaña en	Las condiciones de precipitación mantendrán, con	Mantener las condiciones de cobertura

CUENCA	GEOLOGÍA	RELIEVE	SUSCEPTIBILIDAD A DESIZAMIENTOS	SEVERIDAD DEL CAMBIO CLIMÁTICO (2020)	SEVERIDAD DEL CAMBIO CLIMÁTICO (2050)	CONDICIÓN CLIMÁTICA 1950 - 2000	ESCENARIO DESFAVORABLE / FAVORABLE ZONAS CLIMÁTICAS AL 2020	ESCENARIO DESFAVORABLE/ FAVORABLE ZONAS CLIMÁTICAS AL 2050	OBSERVACIONES	ACCIONES PREVENTIVAS Y CORRECTIVAS CON ÉNFASIS EN PROYECTOS HIDROELÉCTRICOS
	del Terciario: Terraba, Fila de Cal y Curré. Aluviones en la parte baja.	y media de la cuenca. Llano, en una pequeña porción en la parte baja.	presencia de cobertura boscosa.	cuenca y media en la parte baja de la cuenca.	cuenca.	montaña en la parte alta de la cuenca y tropical muy húmedo en la parte media y baja de la cuenca. Condiciones muy similares a las del periodo 1950 – 2000. Fav: condiciones similares.	montaña en la parte alta de la cuenca y tropical muy húmedo en la parte media y baja de la cuenca. Condiciones muy similares a las del periodo 1950 – 2000. Fav: condiciones similares.	la parte alta de la cuenca y tropical muy húmedo en la parte media y baja de la cuenca, levemente Extendida hacia la parte alta. Condiciones muy similares a las del periodo 1950 – 2000. Fav: condiciones	pocos cambios, el patrón del periodo de 1950 al 2000, por lo que la condición de vulnerabilidad a procesos de erosión y deslizamientos se mantiene bajo. Esto siempre y cuando se mantengan las coberturas boscosas existentes. En caso de que esa condición cambie	boscosa existente y recuperar bosques en zonas de aptitud forestal desprovistas de cobertura vegetal.

CUENCA	GEOLOGÍA	RELIEVE	SUSCEPTIBILIDAD A DESPLAZAMIENTOS	SEVERIDAD DEL CAMBIO CLIMÁTICO (2020)	SEVERIDAD DEL CAMBIO CLIMÁTICO (2050)	CONDICIÓN CLIMÁTICA 1950 - 2000	ESCENARIO DESFAVORABLE / FAVORABLE ZONAS CLIMÁTICAS AL 2020	ESCENARIO DESFAVORABLE/ FAVORABLE ZONAS CLIMÁTICAS AL 2050	OBSERVACIONES	ACCIONES PREVENTIVAS Y CORRECTIVAS CON ÉNFASIS EN PROYECTOS HIDROELÉCTRICOS
								similares.	se pronostica un aumento significativo de los procesos de erosión y deslizamientos.	
Térraba	Formaciones de rocas sedimentarias: Fila de Cal, Térraba, Curré y El General. Intrusiones de la Cordillera de Talamanca	Montañoso pronunciado en la parte alta de la cuenca. Relieve bajo en la parte media y relieve moderado en el sector de la Fila Costeña.	Moderado a alto.	Medio en gran parte de la cuenca y alto en sector montañoso hacia el noroeste de la cuenca.	Alta a lo largo de toda la cuenca.	Tropical húmedo de montaña en la cordillera de Talamanca y Tropical húmedo en el resto	Des: Tropical húmedo de montaña en la cordillera de Talamanca. Tropical muy húmedo en gran parte del resto de la cuenca,	Des: Tropical húmedo de montaña en la cordillera de Talamanca. Tropical muy húmedo en gran parte del resto de la cuenca, pero	La disminución de lluvias en el sector de la Fila Costeña producirá una menor intensidad de los procesos de erosión y deslizamientos en ese sector. El resto de la cuenca, debido a	Ordenamiento territorial, con recuperación de bosques en zonas de aptitud forestal desprovistas de vegetación. Protección de bosques existentes con programa de

CUENCA	GEOLOGÍA	RELIEVE	SUSCEPTIBILIDAD A DESlizAMIENTOS	SEVERIDAD DEL CAMBIO CLIMÁTICO (2020)	SEVERIDAD DEL CAMBIO CLIMÁTICO (2050)	CONDICIÓN CLIMÁTICA 1950 - 2000	ESCENARIO DESFAVORABLE / FAVORABLE ZONAS CLIMÁTICAS AL 2020	ESCENARIO DESFAVORABLE/ FAVORABLE ZONAS CLIMÁTICAS AL 2050	OBSERVACIONES	ACCIONES PREVENTIVAS Y CORRECTIVAS CON ÉNFASIS EN PROYECTOS HIDROELÉCTRICOS
						de la cuenca.	pero desarrollo de clima tropical húmedo con estación seca larga en el sector de la fila costeña. Este aspecto se traduce en una disminución de las lluvias.	desarrollo de mucho más clima tropical húmedo con estación seca larga en el sector de la fila costeña. Este aspecto se traduce en una disminución significativa de las lluvias.	la condiciones de precipitación similar y a situaciones de variabilidad climática seguirá siendo susceptible a procesos de erosión y deslizamiento, en particular si no se recupera y mantienen las condiciones de cobertura boscosa.	de pago de servicios ambientales. Identificación de zonas de inestabilidad activa e implementación de medidas ambientales correctivas de estabilización: manejo de drenajes, reforestación, terraceo. Control del grado de colmatación

CUENCA	GEOLOGÍA	RELIEVE	SUSCEPTIBILIDAD A DESlizAMIENTOS	SEVERIDAD DEL CAMBIO CLIMÁTICO (2020)	SEVERIDAD DEL CAMBIO CLIMÁTICO (2050)	CONDICIÓN CLIMÁTICA 1950 - 2000	ESCENARIO DESFAVORABLE / FAVORABLE ZONAS CLIMÁTICAS AL 2020	ESCENARIO DESFAVORABLE/ FAVORABLE ZONAS CLIMÁTICAS AL 2050	OBSERVACIONES	ACCIONES PREVENTIVAS Y CORRECTIVAS CON ÉNFASIS EN PROYECTOS HIDROELÉCTRICOS
							con la zona de disminución de lluvias en la Fila Costeña, más reducida.	con la zona de disminución de lluvias en la Fila Costeña, mucho más reducida.	de cauces fluviales en áreas bajas, con extracción minera o dragado y apertura de espacio para los caudales de mayor volumen. Prevención de construcciones en el valle de inundación inmediata de cauces fluviales. Aumento de capacidad de	

CUENCA	GEOLOGÍA	RELIEVE	SUSCEPTIBILIDAD A DESlizAMIENTOS	SEVERIDAD DEL CAMBIO CLIMÁTICO (2020)	SEVERIDAD DEL CAMBIO CLIMÁTICO (2050)	CONDICIÓN CLIMÁTICA 1950 - 2000	ESCENARIO DESFAVORABLE / FAVORABLE ZONAS CLIMÁTICAS AL 2020	ESCENARIO DESFAVORABLE/ FAVORABLE ZONAS CLIMÁTICAS AL 2050	OBSERVACIONES	ACCIONES PREVENTIVAS Y CORRECTIVAS CON ÉNFASIS EN PROYECTOS HIDROELÉCTRICOS
										reservorios de agua para los periodos de baja en lluvias durante el verano.
Sixaola	Intrusivos de Talamanca, Formación Tuis, Senosri, Fm. Uscari, Fm. Río Banano, Fm. Suretka y aluviones cuaternarios.	Relieve pronunciado a muy pronunciado en la parte alta y media de la cuenca. Relieve llano en la parte baja de la cuenca.	Moderada.	Alta en la parte alta y media de la cuenca y muy alta en la parte baja de la cuenca.	Alta en la parte alta y media de la cuenca (hasta la parte baja crítica) en la parte baja de la cuenca.	Tropical húmedo de montaña en la parte alta y media de la cuenca. Tropical muy húmedo en la parte	Des: Extensión de la zona Tropical muy húmedo hacia la zona de montaña y disminución de la zona tropical húmeda de	Des: Se mantiene la extensión de la zona Tropical muy húmeda hacia la zona de montaña y desarrollo de una zona Tropical húmeda con	El escenario crítico indica que se incrementan las lluvias hacia las zonas de montaña, con lo que se incrementaría los procesos de erosión y deslizamientos. Por su parte, en	Ordenamiento territorial, con recuperación de bosques en zonas de aptitud forestal desprovistas de vegetación. Protección de bosques existentes con programa de

CUENCA	GEOLOGÍA	RELIEVE	SUSCEPTIBILIDAD A DESPLAZAMIENTOS	SEVERIDAD DEL CAMBIO CLIMÁTICO (2020)	SEVERIDAD DEL CAMBIO CLIMÁTICO (2050)	CONDICIÓN CLIMÁTICA 1950 - 2000	ESCENARIO DESFAVORABLE / FAVORABLE ZONAS CLIMÁTICAS AL 2020	ESCENARIO DESFAVORABLE/ FAVORABLE ZONAS CLIMÁTICAS AL 2050	OBSERVACIONES	ACCIONES PREVENTIVAS Y CORRECTIVAS CON ÉNFASIS EN PROYECTOS HIDROELÉCTRICOS
						media distal y baja de la cuenca.	montaña. Fav: se mantiene condiciones del periodo 1950 – 2000.	estación seca en la parte baja de la cuenca del río Sixaola. Fav: se mantiene condiciones del periodo 1950 – 2000.	el sector bajo de la cuenca proyecta una disminución de las lluvias en particular hacia el sector costero lo que disminuiría vulnerabilidad de procesos de erosión y deslizamientos en este sector litoral.	de pago de servicios ambientales. Identificación de zonas de inestabilidad activa e implementación de medidas ambientales correctivas de estabilización: manejo de drenajes, reforestación, terraceo. Control del grado de colmatación

CUENCA	GEOLOGÍA	RELIEVE	SUSCEPTIBILIDAD A DESlizAMIENTOS	SEVERIDAD DEL CAMBIO CLIMÁTICO (2020)	SEVERIDAD DEL CAMBIO CLIMÁTICO (2050)	CONDICIÓN CLIMÁTICA 1950 - 2000	ESCENARIO DESFAVORABLE / FAVORABLE ZONAS CLIMÁTICAS AL 2020	ESCENARIO DESFAVORABLE/ FAVORABLE ZONAS CLIMÁTICAS AL 2050	OBSERVACIONES	ACCIONES PREVENTIVAS Y CORRECTIVAS CON ÉNFASIS EN PROYECTOS HIDROELÉCTRICOS
										<p>de cauces fluviales en áreas bajas, con extracción minera o dragado y apertura de espacio para los caudales de mayor volumen.</p> <p>Prevención de construcciones en el valle de inundación inmediata de cauces fluviales.</p> <p>Aumento de capacidad de</p>

CUENCA	GEOLOGÍA	RELIEVE	SUSCEPTIBILIDAD A DESlizAMIENTOS	SEVERIDAD DEL CAMBIO CLIMÁTICO (2020)	SEVERIDAD DEL CAMBIO CLIMÁTICO (2050)	CONDICIÓN CLIMÁTICA 1950 - 2000	ESCENARIO DESFAVORABLE / FAVORABLE ZONAS CLIMÁTICAS AL 2020	ESCENARIO DESFAVORABLE/ FAVORABLE ZONAS CLIMÁTICAS AL 2050	OBSERVACIONES	ACCIONES PREVENTIVAS Y CORRECTIVAS CON ÉNFASIS EN PROYECTOS HIDROELÉCTRICOS
										reservorios de agua para los periodos de baja en lluvias durante el verano.
Cuencas relacionadas con Arenal (sector Guanacaste)	Edificios volcánicos cuaternarios y productos volcánicos y volcanoclásticos asociados. Grupo de volcánicas de Aguacate y depósitos aluviales	Pronunciado en la parte alta (cordillera volcánica) y ondulado a llano en la parte baja de la cuenca.	Moderado a bajo.	Alta.	Alta a muy alta.	Tropical muy húmedo en la parte montañosa y Tropical húmedo con estación seca larga en la parte media y	Des: Disminución de la zona de Tropical muy húmedo en la parte de montaña y extensión de la zona de Tropical húmedo con estación	Dis: Disminución de la zona de Tropical muy húmedo en la parte de montaña y extensión de la zona de Tropical húmedo con estación	Los patrones de procesos erosivos y deslizamiento en las zonas montañosas se mantendrán como en el periodo 1950 a 2000, siempre que se mantengan las	Mantener las condiciones de cobertura boscosa existente y recuperar bosques en zonas de aptitud forestal desprovistas de cobertura vegetal.

CUENCA	GEOLOGÍA	RELIEVE	SUSCEPTIBILIDAD A DESPLAZAMIENTOS	SEVERIDAD DEL CAMBIO CLIMÁTICO (2020)	SEVERIDAD DEL CAMBIO CLIMÁTICO (2050)	CONDICIÓN CLIMÁTICA 1950 - 2000	ESCENARIO DESFAVORABLE / FAVORABLE ZONAS CLIMÁTICAS AL 2020	ESCENARIO DESFAVORABLE/ FAVORABLE ZONAS CLIMÁTICAS AL 2050	OBSERVACIONES	ACCIONES PREVENTIVAS Y CORRECTIVAS CON ÉNFASIS EN PROYECTOS HIDROELÉCTRICOS
	cuaternarios. Rocas sedimentarias del Cretácico Superior y Terciario.					baja de la cuenca.	seca larga, lo que se traduce en una significativa disminución de las lluvias. Fav: situación similar. Es decir, de disminución de lluvias.	larga, lo que se traduce en una más significativa disminución de las lluvias. Fav: Disminución de lluvias no es tan significativa. Se mantiene el patrón del periodo 1950 a 2000.	condiciones de cobertura boscosa y se de estabilidad en la actividad volcánica.	

Conclusiones y recomendaciones

Los datos de pronósticos de cambio climático indican un patrón general de aumento de lluvias en las cuencas del Caribe y aumento de duración de las estaciones secas en las cuencas del sector Pacífico.

En primera instancia, este dato general, puede llevar a la conclusión de que las condiciones disparadoras de eventos de procesos de erosión, deslizamientos y avalanchas se incrementarán en el Caribe, mientras que en el Pacífico podrían disminuir.

No obstante, la componente de variabilidad climática, asociada a la presencia de lluvias más intensas, incluso en el sector del Pacífico, hace que la conclusión previa, tenga que condicionarse al desarrollo de estos fenómenos, aunados a la condición de geoaptitud de los terrenos altos y medios de las cuencas hidrográficas. Factor que resulta determinante para pronosticar la intensidad potencial de los efectos que pueden acarrear el desarrollo de eventos de erosión y deslizamiento en las cuencas hidrográficas analizadas.

Un factor de gran importancia que ha sido analizado aquí, es la presencia de coberturas boscosas en las partes altas de las cuencas hidrográficas. Aunque este factor, por sí solo, no es un elemento mitigativo de los efectos del cambio climático o de la variabilidad climática si es un factor amortiguador, muy importante, de los procesos de erosión y sedimentación.

Aunque se trata de una observación general, es posible afirmar que conforme mejor condición de cobertura boscosa tenga la parte alta de la cuenca hidrográfica, menor es la susceptibilidad a la ocurrencia de eventos de erosión y deslizamientos en la cuenca.

Otro factor también relevante en este tema, lo representa el correcto y efectivo uso del suelo en la parte media y alta de las cuencas hidrográficas, lo que se traduce en un eficiente ordenamiento y planificación territorial. Elemento que es clave, para garantizar la sostenibilidad ambiental de la cuenca hidrográfica y que aumenta su poder de resiliencia ante el embate de los efectos del cambio climático y de la variabilidad climática.

A pesar de lo anterior, es claro que en varias de las cuencas analizadas, los efectos del cambio climático y de la variabilidad climática, se traducirán en un mayor aporte de sedimentos hacia la parte media y baja de la cuenca hidrográfica.

En el caso de proyectos hidroeléctricos existentes o futuros por desarrollar este aspecto es clave de tomar en cuenta en el diseño y ejecución de los proyectos. Al respecto se hace necesario considerar los siguientes elementos clave:

1. En el caso de embalses de proyectos medianos y grandes, se hace necesario establecer sistemas de DRAGADO del sedimento del embalse. El uso de sistemas de compuertas para liberar periódicamente el sedimento acumulado, NO ES ADMISIBLE, debido a los graves daños ambientales que provoca en los ecosistemas acuáticos fluviales aguas abajo. Los sedimentos removidos por el dragado, deberían ser dispuestos en un sitio de escombrera o bien ser utilizado, como un agregado de construcción, cuando su calidad así lo permita.

2. En el caso de proyectos de menor dimensión, es preferible el uso de un embalse de regulación y de un des-arenador en el sitio de presa, que permita atrapar el sedimento que pasa hacia el ducto de derivación del agua del río. En este caso, es altamente recomendable que el sitio de presa disponga de un importante reforzamiento estructural para que soporte las avenidas extraordinarias e incluso el paso eventual de avalanchas de sedimento. Nuevamente, en estos casos, debe tenerse previsto un proceso de limpieza periódico del material sedimentario que se acumule aguas arriba del sitio de presa. En algunos casos los volúmenes pueden ser significativos como para contemplar un aprovechamiento minero, como agregados de construcción.

3. Los estudios técnicos ambientales para los proyectos hidroeléctricos no solo deben limitarse al área del proyecto y su área de influencia. Es de gran relevancia que los estudios técnicos contemplen la cuenca o subcuenca hidrográfica donde se localizan y que la evaluación ambiental a realizar se analice a ese nivel y en una escala con suficiente resolución para identificar potenciales fuentes de problemas ambientales para el proyecto. Por ejemplo, el inventario y diagnóstico de áreas de laderas inestables, inadecuados usos del suelo e incluso de deslizamientos activos, aguas arriba de un sitio de presa de un proyecto hidroeléctrico, son claves para realizar un pronóstico ambiental detallado. Ignorar este tipo de elementos, como el tipo de uso del suelo en la parte alta de la cuenca y los planes de ordenamiento territorial, puede tener muy serias repercusiones para el proyecto hidroeléctrico durante su operación e incluso afectar su vida útil.