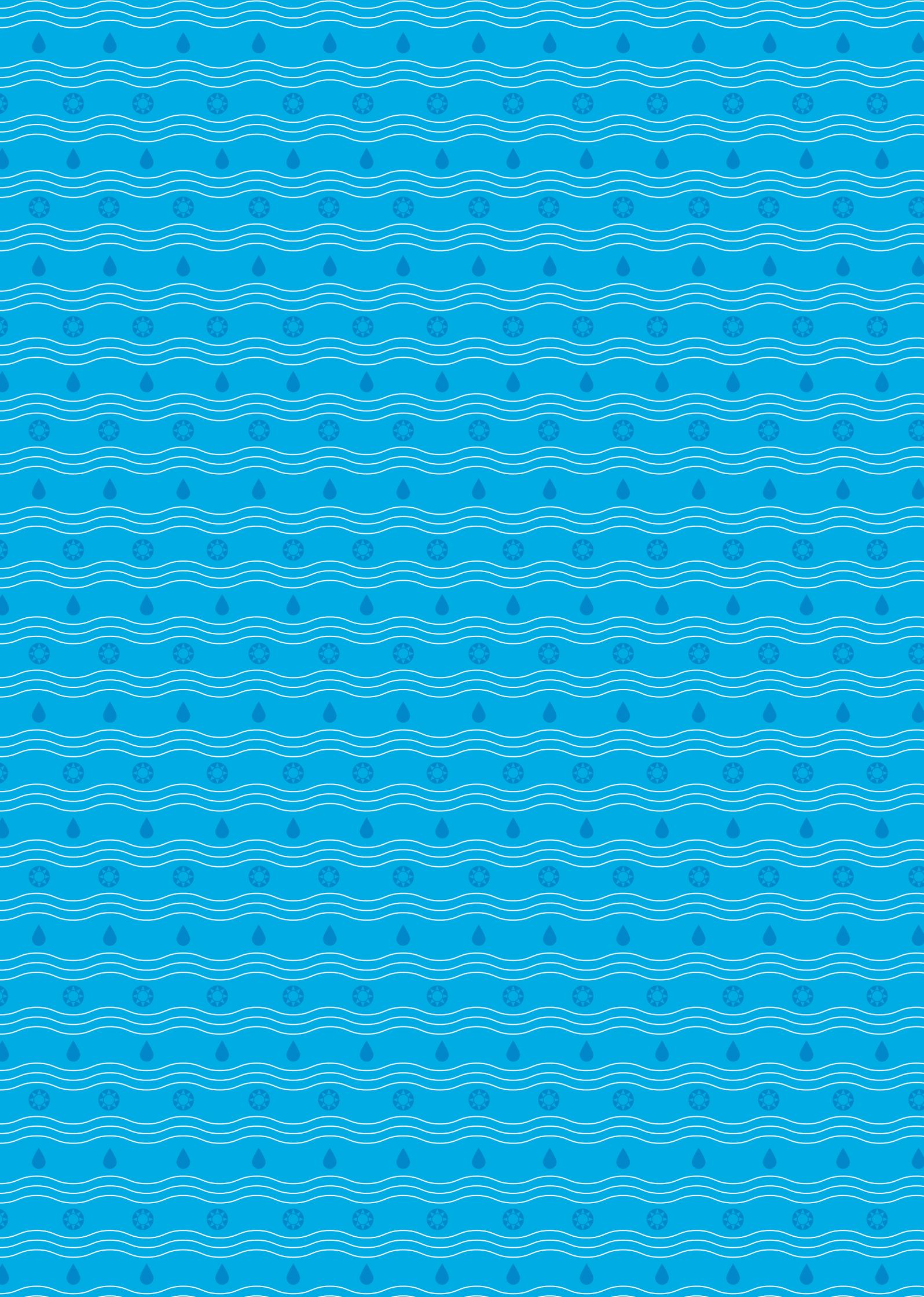


Valor del agua frente al cambio climático:

SECTORES AGRÍCOLA
E HIDROELÉCTRICO
EN COSTA RICA Y EL SALVADOR





Valor del agua frente al cambio climático: SECTORES AGRÍCOLA E HIDROELÉCTRICO EN COSTA RICA Y EL SALVADOR



Este es un resumen del documento
“Valoración económica del agua y su influencia en el desarrollo frente al Cambio Climático: sectores agrícola e hidroeléctrico
en Costa Rica y El Salvador”, elaborado por Karina Caballero

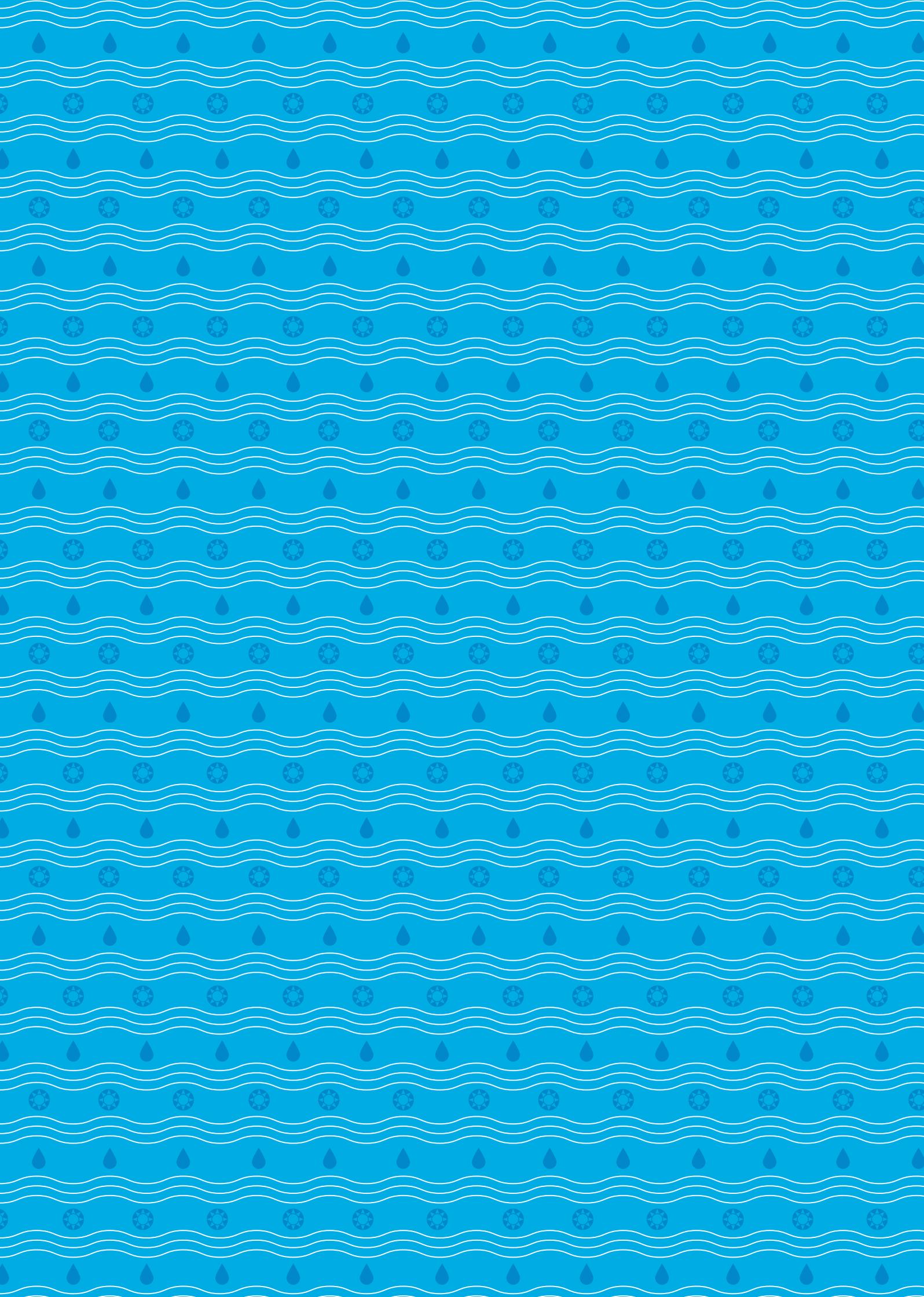
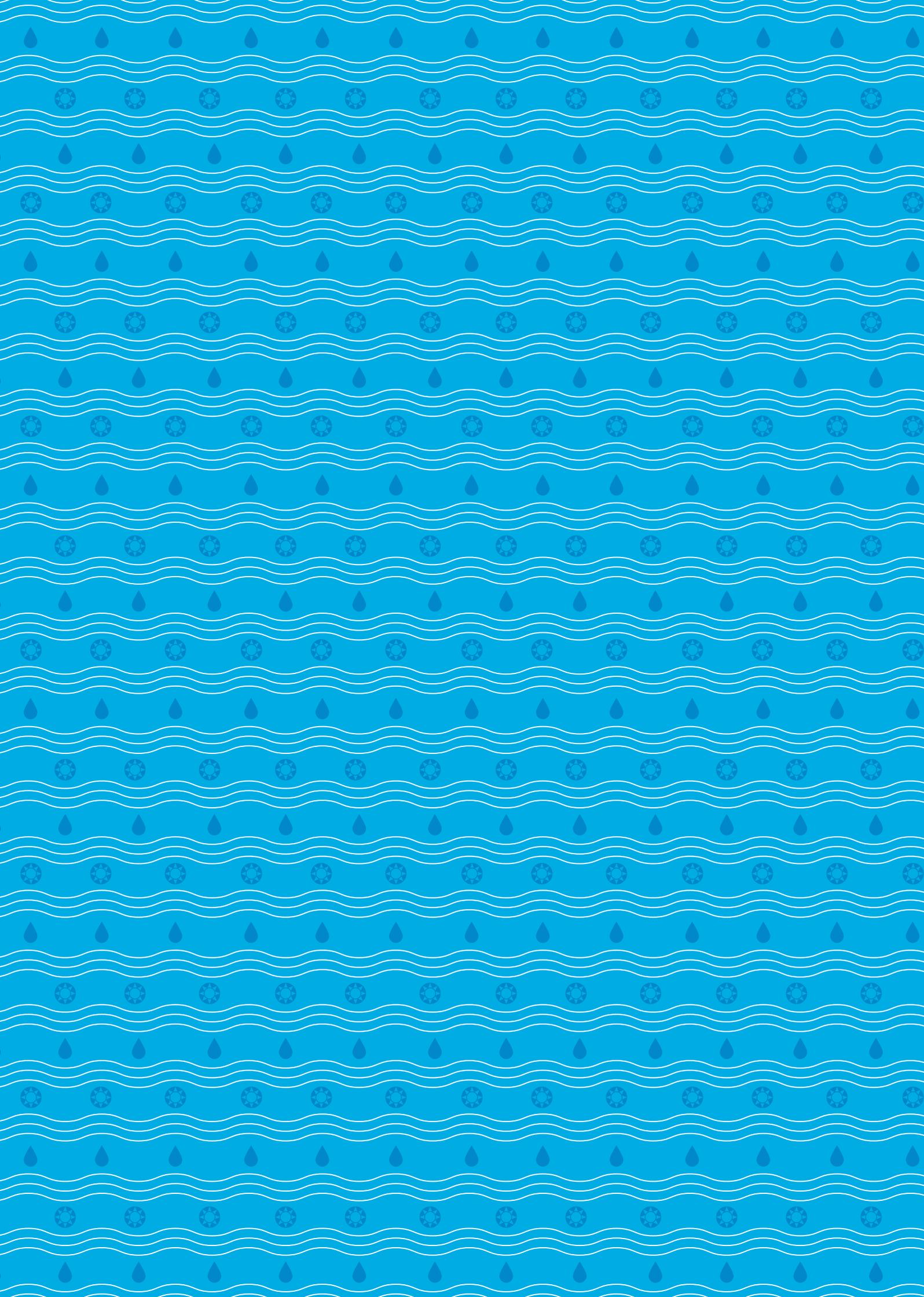


Tabla de contenido

Introducción	7
Principales impactos del cambio climático en Costa Rica y El Salvador y su relación con el cambio climático	9
Resultados de escenarios de cambio climático sobre la precipitación	11
Impacto en los ciclos agrícolas	13
Importancia de la valoración económica del agua	17
Valor económico del agua para la agricultura en Costa Rica y El Salvador	18
Producción agrícola versus nivel de precipitación	20
Valor económico del agua en la generación hidroeléctrica de Costa Rica y El Salvador	21
Costos del cambio climático para la agricultura	25
¿Qué sucedería en el caso del maíz?	25
¿Qué sucedería en el caso del frijol?	26
¿Qué sucedería en el caso del arroz?	26
Principales resultados de la valoración económica del agua para diversos cultivos agrícolas y el costo del cambio climático	29
Costos del cambio cambio en la hidroelectricidad	31
Situación en Costa Rica	31
Situación en El Salvador	34
Conclusiones y recomendaciones	37
Bibliografía	41



Introducción

El cambio climático representa un importante reto para la humanidad ya que provoca significativas alteraciones en el sistema climático del planeta, de las cuales se derivan fenómenos como el incremento en la temperatura terrestre y oceánica, alteraciones en los patrones de precipitación y cambios en numerosos fenómenos meteorológicos y climáticos extremos. Según el Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), los pronósticos para el final del siglo de las alteraciones en el ciclo del agua indican que, en general, se acentuará el contraste en las precipitaciones entre las regiones húmedas y secas y entre las estaciones húmedas y secas. Estos efectos físicos se traducirán en afectaciones de la cantidad y calidad del agua, que inciden de forma directa en los ecosistemas y en la actividad económica, principalmente en el sector agropecuario, en la actividad forestal y en la generación de energía por hidroelectricidad.

En lo que se refiere a los impactos sobre la agricultura, es importante resaltar la seguridad alimentaria como uno de las áreas estratégicas, ya que entre el 80% y 98% de los rubros agropecuarios dependen de la lluvia. Lo anterior reviste una mayor importancia en el corredor seco de la región, donde se ubica la población más vulnerable a sufrir estos impactos. En ese sentido, los cultivos más afectados son los granos básicos, específicamente maíz, frijol y arroz.

En cuanto al sector energético, se resalta el incremento que está teniendo la generación hidroeléctrica en varios de los países de la región como una estrategia para hacer frente a los altos precios del petróleo y su consecuente impacto sobre la generación energética y la economía de los

países. Sin embargo, la generación hidroeléctrica está siendo afectada también por los impactos del cambio climático al reducirse el agua almacenada en los embalses a raíz de una disminución de la precipitación.

A pesar de que existe una gran incertidumbre sobre la trayectoria futura de las precipitaciones en la región centroamericana, se pueden identificar patrones de disminución de las mismas. En todos los países se podría observar una reducción hasta del 28% en promedio para finales del siglo. Asimismo, se estima que la región podría experimentar una alternancia entre periodos de sequía severa e inundaciones. Considerando lo anterior, GWP Centroamérica facilita la elaboración de este estudio con el objetivo de estimar la contribución económica del agua en el desarrollo de los sectores agrícola y de energía de Costa Rica y El Salvador, y su variación como resultado del impacto del cambio climático sobre la disponibilidad de agua.

El presente documento hace un análisis del aporte económico del recurso hídrico en la producción agrícola e hidroeléctrica de ambos países en la actualidad y las proyecciones estimadas según los escenarios de cambio climático para ambos países en el 2100. Estas tendencias a largo plazo que muestran los escenarios climáticos¹, considerando la incertidumbre que comprenden, ayudan a identificar los cambios en los patrones climáticos y sus posibles consecuencias sobre la actividad económica. También brinda pautas para una valoración real del agua desde el punto de vista social, económico y ambiental, considerando tanto sus beneficios como su escasez relativa.

¹ En el último informe de evaluación del IPCC (AR5), del 2014 se presentaron escenarios de emisiones diferentes a los empleados anteriormente. Los nuevos escenarios ahora son denominados RCP (Representative Concentration Pathways), son 4 escenarios caracterizados por el forzamiento radiativo (en W/m²) que producen en el año 2100 (RCP2.6, RCP4.5, RCP6.0 y RCP8.5). No se cuenta con los pronósticos de estos escenarios a nivel departamental para Costa Rica y El Salvador, por lo cual se decidió utilizar la información generada por CEPAL, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA, (2012a) con los escenarios anteriores (B2 y A2).

De acuerdo con las proyecciones, los cambios no serán tan sustanciales en las primeras décadas y será a partir del 2070 dónde se podrán experimentar alteraciones más significativas (CEPAL, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA, 2012a), lo cual se verá reflejado en la estimación de costos económicos.

Para la lectura del presente documento es importante tomar en cuenta las siguientes consideraciones:

- Se emplearon los resultados de los escenarios generados en el marco de la elaboración del estudio “La economía del cambio climático en América Latina y el Caribe - Síntesis 2009”, Adicionalmente, se utilizó información generada por las instituciones gubernamentales en los sectores de agricultura y energía en Costa Rica y El Salvador.
- Se reconoce que a nivel de Costa Rica y el Salvador existen esfuerzos de las instituciones del sector agrícola y energético por documentar los impactos del cambio climático en ambos sectores. Los documentos generados brindan insumos importantes para la toma de decisiones y pueden ser consultados por medio de las instituciones referentes a nivel nacional.
- La metodología utilizada priorizó la modelación de impactos de cambio climático que implicaran una relación positiva inicial entre rendimientos agrícolas y variables climáticas, llegando a un punto de saturación en el que un incremento en las variables climáticas genera una disminución en los rendimientos, por lo que las variables utilizadas fueron la temperatura y la precipitación en ambos casos. Lo anterior, considerando que los principales impactos que se están originando en la región a raíz del cambio climático se deben a una mayor variabilidad de la precipitación; es decir, a variaciones en la disponibilidad de agua.
- No se consideraron los eventos extremos que se podrán generar debido a la dificultad de pronosticar la incidencia de los mismos en el largo plazo; aunque de acuerdo con los registros reportados a nivel nacional y regional, los impactos de esos eventos son considerablemente elevados, generando pérdidas económicas que pueden sobrepasar las estimaciones que se presentan en este documento.
- La función de producción utilizada implica una relación con los factores productivos donde normalmente se incluye el capital y el trabajo y variables asociadas con la contaminación, la degradación ambiental, la biodiversidad, la temperatura y la precipitación (Maabey, Hall, SNT, Gupta, 1997); permitiendo estimar precios. Sin embargo, la valoración del recurso hídrico en la producción agrícola en relación con el cambio climático, considera primordialmente aquellos costos asociados a pérdidas en la precipitación; es decir, a la disponibilidad de agua.
- Debido a la falta de acceso a información sobre precipitación (actual y futura y con escenarios de cambio climático) a nivel de las cuencas donde las hidroeléctricas están ubicadas, se realizó la estimación del aporte económico del agua a la generación de las hidroeléctricas con base en la precipitación por departamento o provincia, la capacidad instalada y el nivel de producción de las mismas. Los datos de sedimentación no fueron incorporados en el estudio.
- Para la valoración económica de la precipitación en la agricultura, se hicieron aproximaciones a partir de modelos de función de producción de corto plazo, realizando supuestos sobre posibles cambios en la precipitación y dejando las demás variables como constantes, permitiendo así aislar la aportación de la precipitación al valor de la producción agrícola y a los diversos cultivos.

Principales impactos del cambio climático en Costa Rica y El Salvador y su relación con el recurso hídrico



Específicamente para Costa Rica y El Salvador, el cambio climático producirá considerables incrementos en la temperatura y reducciones en la precipitación.

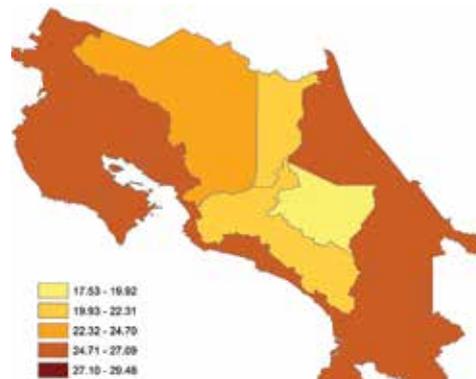
De esta forma, para Costa Rica se puede esperar un incremento del 16.65% en la temperatura para finales de siglo y una disminución del 20.13% en la precipitación en un escenario pesimista, que llamaremos A2; mientras que bajo un escenario moderado (B2), el incremento en la temperatura podría llegar al 13.32% y se daría una disminución del 9.21% en la precipitación.

MAPA 1

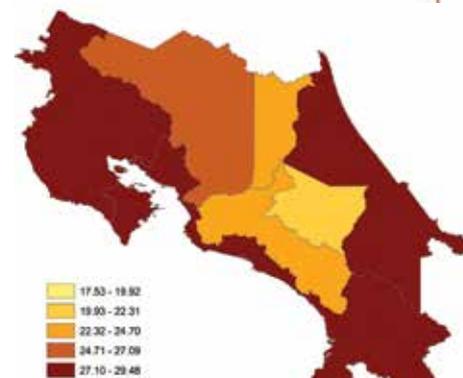
COSTA RICA

Temperatura media anual por Provincia
Promedio 1950-2000 y escenarios B2 y A2 a 2100
(En grados centígrados)

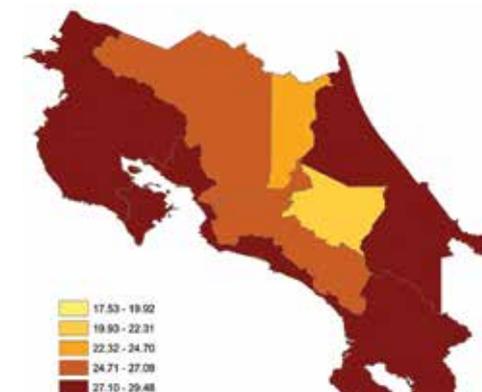
Promedio 1950-2000



B-2



A-2



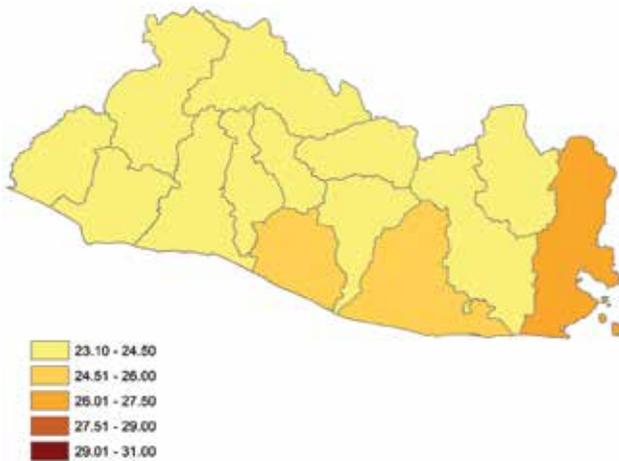
Fuente: Elaboración propia con datos de CEPAL, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA (2012a)

MAPA 2

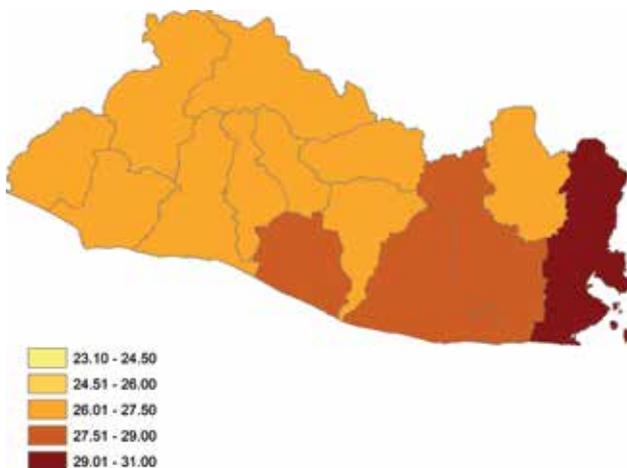
EL SALVADOR

Temperatura media anual por Departamento, Promedio 1950-2000 y Escenarios B2 y A2 a 2100 (En grados centígrados)

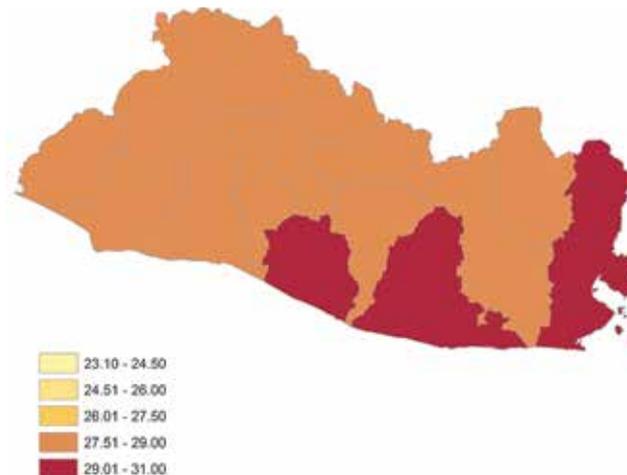
Promedio 1950-2000



B-2



A-2



Fuente: Elaboración propia con datos de CEPAL, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA (2012a)

“

El sector más demandante de agua, en promedio, a nivel global es la agricultura y su competitividad y desarrollo depende fundamentalmente de la disposición de este recurso en cantidad y calidad adecuadas. ”

Para El Salvador, el incremento en la temperatura podría ser del 19.39% y el 12.56%, para los escenarios A2 y B2 respectivamente; mientras que la precipitación para finales de siglo podría disminuir en 23.63% y 3.09% bajo los mismos escenarios

Estos efectos físicos afectarán la cantidad y calidad del agua, lo que incide directamente en los ecosistemas y en la actividad económica, principalmente en el sector agropecuario, en la actividad forestal y en la generación de energía por hidroeléctricas. Asimismo, la disponibilidad de agua para consumo humano será una restricción fundamental para el desarrollo.

En este sentido, se deben considerar los impactos del cambio climático sobre la agricultura, particularmente las necesidades de riego y la eficiencia en el uso del agua. El estrés hídrico puede incrementarse hasta en un 20% al 2080, debido a una mayor evaporación y un incremento en la temporada de crecimiento de los cultivos.

La agricultura de riego podría encontrarse ante nuevos problemas, vinculados a la distribución espacial y temporal de los caudales. Los cambios hidrológicos afectarían directamente la producción de las centrales hidroeléctricas, tanto de las actualmente existentes como de los posibles proyectos futuros.

El sector más demandante de agua, en promedio, a nivel global es la agricultura y su competitividad y desarrollo depende fundamentalmente de la disposición de este recurso en cantidad y calidad adecuadas. Así, la disminución de la disponibilidad de agua y los costos crecientes de energía que demanda su extracción, producirán un aumento en los costos de la actividad agropecuaria, como se verá más adelante.

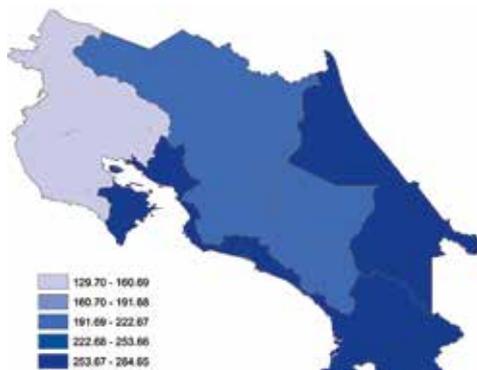
Resultados de escenarios de cambio climático sobre la precipitación



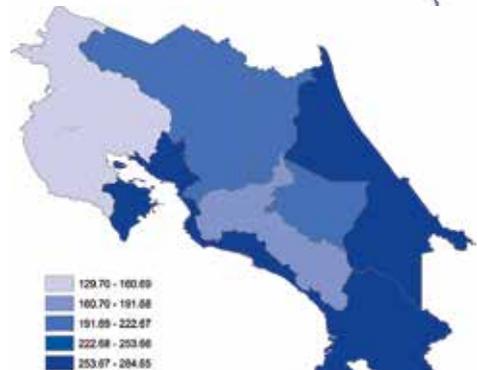
MAPA 3

COSTA RICA
Precipitación mensual promedio por Provincia
Promedio 1950-2000 y Escenarios B2 y A2 a 2100
(En milímetros)

Promedio 1950-2000



B-2



A-2



Según la distribución espacial de la precipitación mensual promedio de Costa Rica, se observa que la zona noreste presenta una menor precipitación y que con los escenarios de cambio climático esta diferencia tenderá a acentuarse. En concordancia con los resultados de los cambios en la temperatura, las alteraciones en los patrones de precipitación mensual promedio serán más intensas bajo el escenario A2 comparado con el B2.

Costa Rica podría experimentar una disminución del 20.13% en la precipitación bajo el escenario A2, equivalente a 45.32 mm, y del 9.21% con el escenario B2, equivalente a 20.73 mm. El municipio con mayor pérdida de precipitación podría ser Cartago, con una disminución del 11.27% al 25.31% bajo los escenarios B2 y A2, respectivamente.

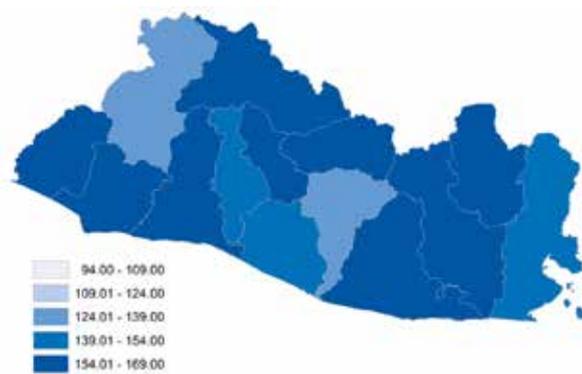
MAPA 4

EL SALVADOR

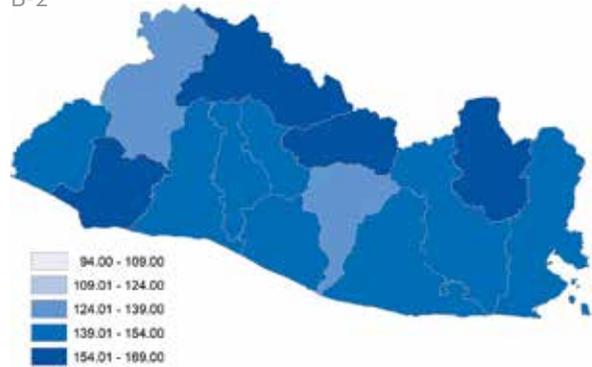
Precipitación mensual promedio por Departamento | Promedio 1950-2000 y Escenarios B2 y A2 a 2100

(En milímetros)

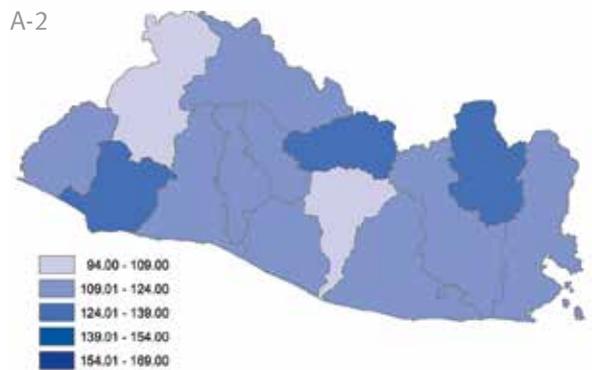
Promedio 1950-2000



B-2



A-2



Para el caso de El Salvador, el efecto del cambio climático en los patrones de precipitación será significativo. Se pueden esperar disminuciones del 20.3% al 30.7% en todos los departamentos, resultando Santa Ana el más afectado bajo el escenario A2. En contraste con Costa Rica, las disminuciones en la precipitación serán de menor magnitud: el promedio del país es de 3.09%, correspondiente a 4.78mm.

Fuente: Elaboración propia con datos de CEPAL, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA (2012a)

CUADRO 1

Precipitación mensual promedio y variación por Departamento y País

Promedio 1950-2000 y Escenarios B2 y A2 a 2100

(En milímetros)

País	Departamento	Promedio 1950-2000	Escenario A2	Escenario B2	Δ% A2	Δ% B2
Costa Rica	Limón	284.631	213.265	256.042	-25.07	-10.04
	Guanacaste	158.821	129.702	148.252	-18.33	-6.65
	Puntarenas	274.788	237.836	254.601	-13.45	-7.35
	Alajuela	217.549	181.642	199.482	-16.51	-8.30
	Cartago	219.224	163.744	194.513	-25.31	-11.27
	Heredia	216.218	171.230	194.583	-20.81	-10.01
	San José	204.686	161.274	183.323	-21.21	-10.44
	País	225.131	179.813	204.399	-20.13	-9.21
El Salvador	Ahuachapán	156.611	122.110	153.714	-22.03	-1.85
	La Libertad	155.083	121.512	150.703	-21.65	-2.82
	La Paz	147.429	112.420	141.900	-23.75	-3.75
	La Unión	149.618	110.803	142.144	-25.94	-5.00
	San Miguel	156.528	118.589	149.991	-24.24	-4.18
	Sonsonate	159.035	126.739	155.468	-20.31	-2.24
	Usulután	154.558	116.092	147.876	-24.89	-4.32
	Cabañas	167.843	131.884	163.450	-21.42	-2.62
	Chalatenango	163.830	123.310	160.712	-24.73	-1.90
	Cuscatlán	155.712	120.752	151.193	-22.45	-2.90
	Morazán	167.605	130.888	161.660	-21.91	-3.55
	San Salvador	153.786	118.757	149.602	-22.78	-2.72
	San Vicente	138.139	102.938	132.940	-25.48	-3.76
	Santa Ana	136.545	94.579	134.049	-30.73	-1.83
	País	154.452	117.955	149.671	-23.63	-3.09

Fuente: Elaboración propia con datos de CEPAL, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA (2012a)

Impactos en los ciclos agrícolas

Además de este efecto en la precipitación promedio anual, es importante señalar que el cambio climático podrá generar alteraciones importantes en los patrones de variabilidad interanual, de la cual dependen de forma importante los ciclos agrícolas.

En Costa Rica, de acuerdo con los datos históricos del periodo 1980-2000, la época de menor precipitación es de diciembre a abril, incrementándose de forma importante en mayo y alcanzando las mayores precipitaciones en noviembre. Como resultado de las alteraciones en la atmosfera, los patrones interanuales de precipitación podrán modificarse de forma sustancial:

- Bajo el escenario B2, el periodo de mayor precipitación se adelantará 5 meses, siendo los meses de abril y mayo cuando se presentarán precipitaciones más intensas.
- Las precipitaciones serán de menor volumen comparadas con el histórico a partir de agosto, lo cual disminuirá de forma importante la disponibilidad de agua.
- Los resultados del escenario A2 muestran que los meses secos serán aún más secos reduciéndose de forma importante la precipitación, particularmente de enero a abril; y se presentarán precipitaciones más intensas en mayo.
- En ambos escenarios conforme se avanza al final del siglo, los resultados indican que habrá una mayor alteración en el ciclo del agua y una menor precipitación.

Para El Salvador, los resultados son muy similares a los encontrados en Costa Rica. El cambio en el patrón de precipitación interanual es menos dinámico bajo el escenario A2; es muy similar al del periodo 1980-2000 pero con una fuerte tendencia a la disminución del volumen. En contraste, en el B2 los meses de mayor precipitación cambian de septiembre a abril-mayo, adelantándose de forma importante el volumen de agua, que tendrá impactos importantes en el ciclo de siembra agrícola porque disminuirá la cantidad de líquido disponible para labores agrícolas.

“

Cerca del 67% de la disponibilidad de agua a nivel mundial y el 87% del agua consumida es para propósitos de irrigación. En este sentido, se espera que los requerimientos a nivel global de irrigación como consecuencia del calentamiento global aumenten entre 1 y 3 por ciento para el 2020 y entre 5 y 8 por ciento para el 2070.

”

Cerca del 67% de la disponibilidad de agua a nivel mundial y el 87% del agua consumida es para propósitos de irrigación. En este sentido, se espera que los requerimientos a nivel global de irrigación como consecuencia del calentamiento global aumenten entre 1 y 3 por ciento para el 2020 y entre 5 y 8 por ciento para el 2070.

Para Costa Rica y El Salvador, un incremento de la aridez derivado del cambio climático disminuirá la abundancia de nutrientes principalmente ligados a procesos biológicos, tales como el carbono y el nitrógeno, e incrementará aquellos ligados a procesos geoquímicos, como el fósforo, con lo que se generará una disminución de la cobertura vegetal y, por tanto, de la entrada de carbono y nitrógeno a los ecosistemas. También potenciará procesos como la meteorización de las rocas, aumentando la cantidad de fósforo disponible en el sistema. Como consecuencia, la aridez determinaría la viabilidad de actividades productivas como la agricultura.

MAPA 5

COSTA RICA

Índice de aridez por Provincia

Promedio 1950-2000 y Escenario A2 a 2050 y 2100

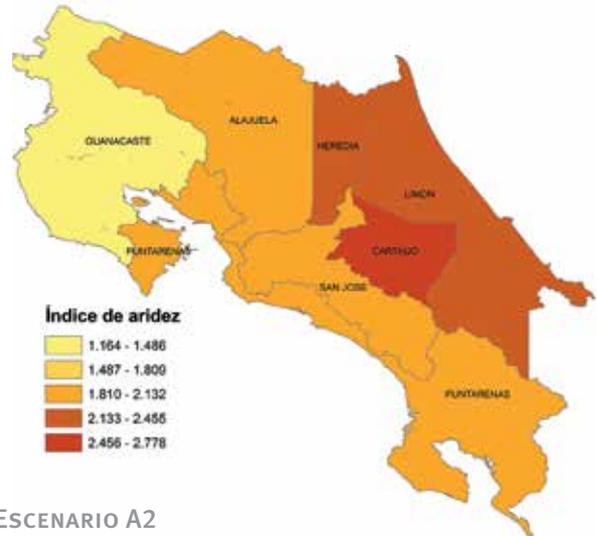
En el escenario al 2100, como resultado de las estimaciones de disminución en la precipitación y el incremento en la temperatura, en el caso de Costa Rica se observa que la aridez podría incrementarse en todo el país, alterando de forma significativa el equilibrio en los ecosistemas.

“

La disminución en la cantidad de agua que se podrá generar por el cambio climático y la creciente demanda de agua para riego, para la industria, para la producción de energía hidroeléctrica y para otros usos por parte de los diversos sectores económicos, es un reto que las economías de la región deberán enfrentar.

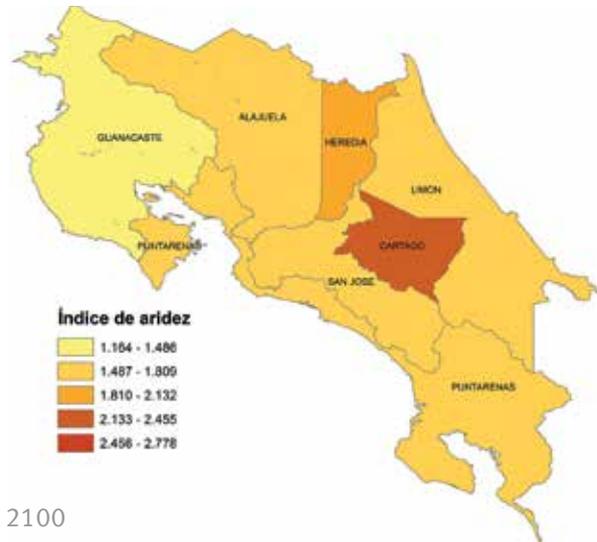
”

Promedio 1950-2000

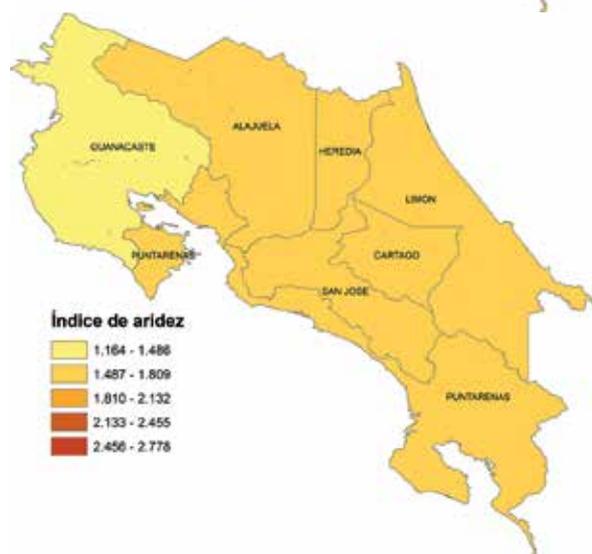


ESCENARIO A2

2050



2100



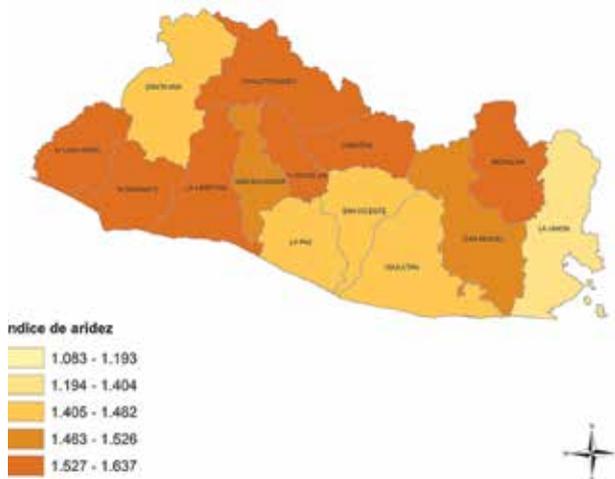
Fuente: Elaboración propia con datos de CEPAL, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA (2012c)

MAPA 6

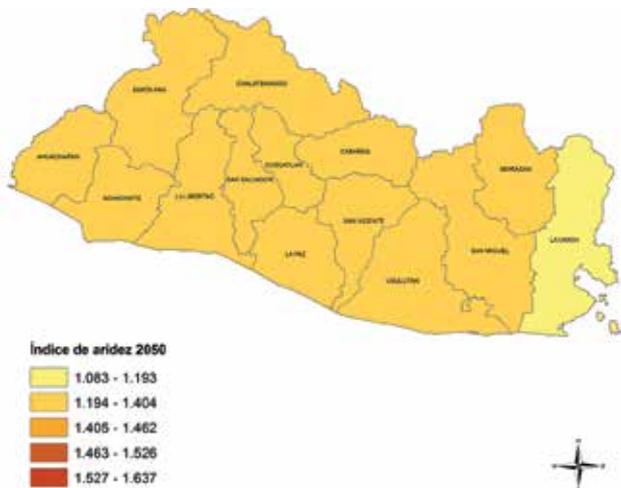
EL SALVADOR

Índice de aridez por Departamento
Promedio 1950-2000 y Escenario A2 a 2050 y 2100

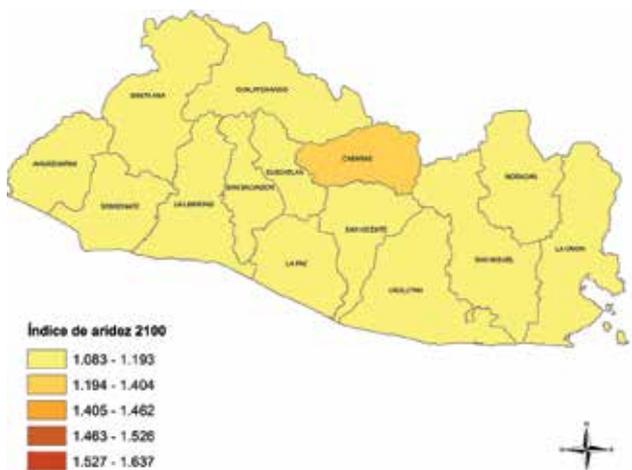
Promedio 1950-2000



ESCENARIO A2
2050



2100

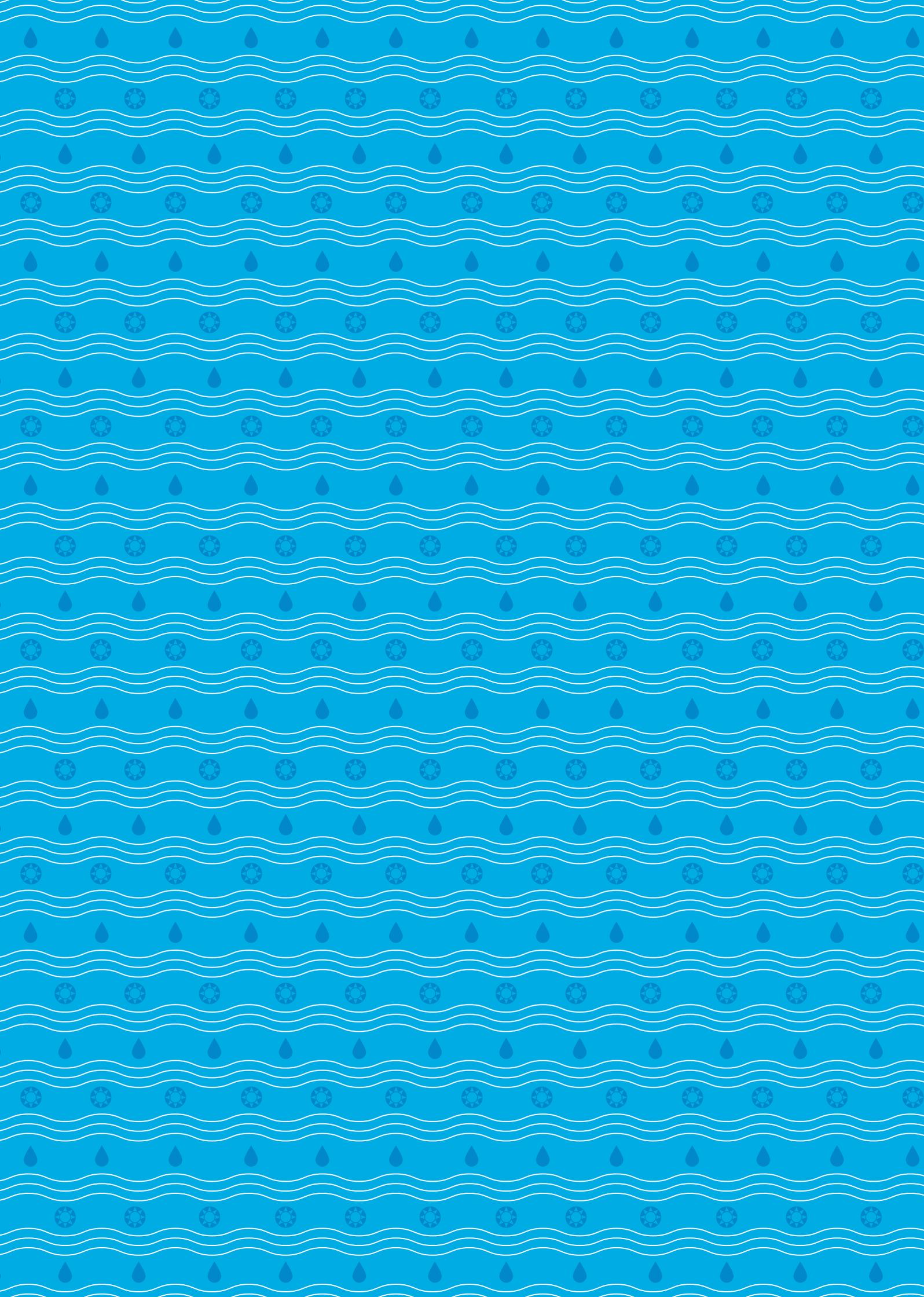


En El Salvador, la disminución en el índice de aridez será más rápido y más homogéneo, ya que para mediados de siglo en prácticamente todo el país se observa que este índice se encuentra en el rango de 1.19 a 1.40. Para el 2100, el índice de aridez estaría alrededor de la unidad en todos los departamentos, indicando una fuerte pérdida de precipitación.

Estos efectos físicos se traducen en afectaciones en la cantidad y calidad del agua, que inciden de forma directa en los ecosistemas y en la actividad económica, principalmente en el sector agropecuario, en la actividad forestal y en la generación de energía por hidroeléctricas. Asimismo, la disponibilidad de agua para consumo humano será una restricción fundamental para el desarrollo.

La disminución en la cantidad de agua que se podrá generar por el cambio climático y la creciente demanda de agua para riego, para la industria, para la producción de energía hidroeléctrica y para otros usos por parte de los diversos sectores económicos, es un reto que las economías de la región deberán enfrentar.

Fuente: Elaboración propia con datos de CEPAL, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA (2012c)



Importancia de la valoración económica del agua



La valoración del agua promueve su administración como un bien económico con la finalidad de lograr un uso eficiente y equitativo y promover la conservación y protección de los recursos hídricos.

El concepto de valor económico del agua se debe construir a partir de la escasez relativa del recurso en las fuentes de abastecimiento y considerar que el cambio climático intensificará esta escasez. Es por eso que se da la necesidad de estimar el valor real del recurso agua, de tal forma que los usuarios tengan en cuenta su escasez relativa y se cuente con mecanismos que alienten su uso eficiente.

Lo anterior permitirá invertir en una adecuada gestión del agua para reducir los impactos de la variabilidad climática, que significará una disminución de la oferta hídrica para actividades agrícolas y de energía. Esta inversión traerá réditos en la reducción de la vulnerabilidad y el aumento en la capacidad de adaptación en los distintos sectores económicos, incluyendo la agricultura y la generación de hidroelectricidad.

“

Para lograr el desarrollo sostenible de la región, es importante incorporar el valor social, económico y ambiental que el recurso posee dentro del total de procesos económicos, sociales y naturales.

”

Valor económico del agua para la agricultura en Costa Rica y El Salvador

A pesar del crecimiento económico en Costa Rica y El Salvador, el sector agropecuario presenta un comportamiento menos dinámico: la participación en el PIB total presenta una tendencia claramente descendiente y más acelerada en El Salvador. En general, está disminuyendo el valor de las actividades primarias y se está incrementando el sector servicios, con el mayor porcentaje de la población ocupada en ese sector (64% frente al 15% en agricultura para Costa Rica y 57.5% frente al 21.2% en el mismo sector en El Salvador).

En los gráficos se observa que la agricultura tiene un bajo valor agregado a la economía en su conjunto; sin embargo, es un elemento fundamental para garantizar la seguridad alimentaria y nutricional de la población, sobre todo del segmento más pobre.

“

En los gráficos se observa que la agricultura tiene un bajo valor agregado a la economía en su conjunto; sin embargo, es un elemento fundamental para garantizar la seguridad alimentaria y nutricional de la población, sobre todo del segmento más pobre.

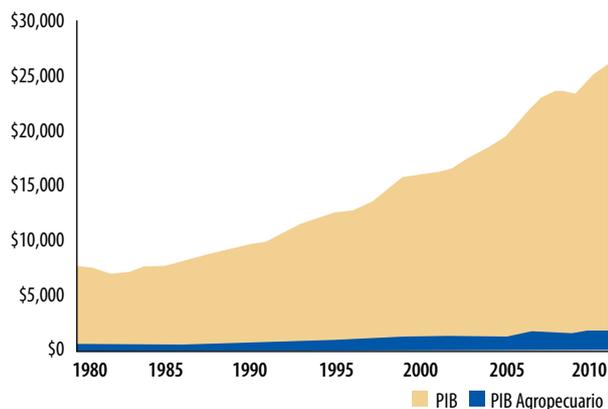
”

GRÁFICA 1

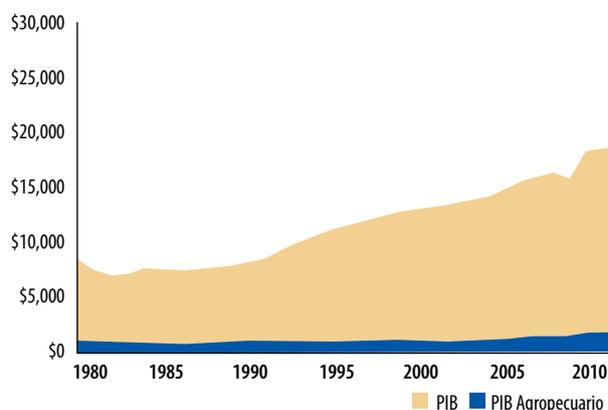
PIB agropecuario y PIB 1980-2011

Millones de dólares de 2000

Costa Rica



El Salvador

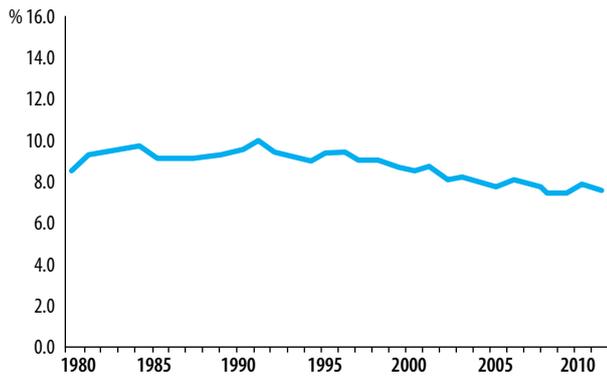


Fuente: Elaboración propia con datos de CEPAL, CAC y SICA, 2011

GRÁFICA 2

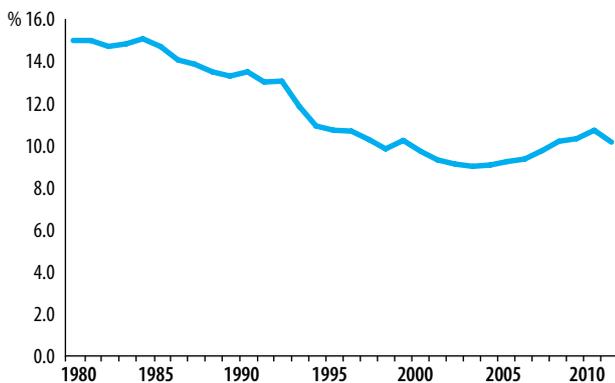
Participación porcentual PIB agropecuario en el PIB

Costa Rica



Fuente: Elaboración propia con datos de CEPAL, CAC y SICA, 2011

El Salvador



Fuente: Elaboración propia con datos de CEPALSTAT.

El aporte del agua a la agricultura se da a través de la precipitación debido a que ambos países tienen un muy bajo porcentaje de tierras irrigadas. De ahí la importancia que representa el cambio climático, ya que la mayor parte de la agricultura de la región depende todavía del inicio de la temporada de lluvias para determinar las fechas de siembra y el inicio de sus ciclos agrícolas.

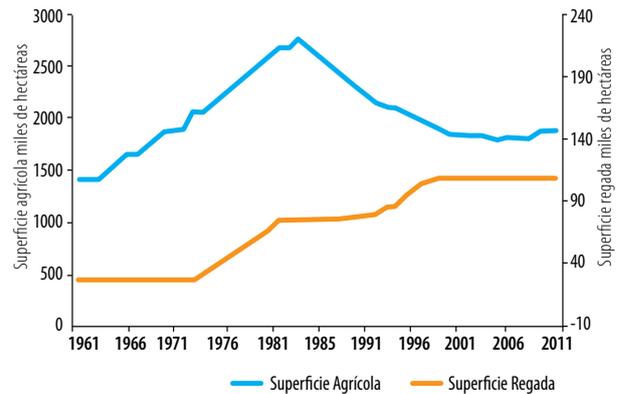
La proporción de superficie regada presenta una brecha importante, que en Costa Rica está disminuyendo, pero en El Salvador se ha mantenido constante. Sin embargo, la distribución geográfica de la superficie equipada con riego es desigual, concentrándose en algunos departamentos.

GRÁFICA 3

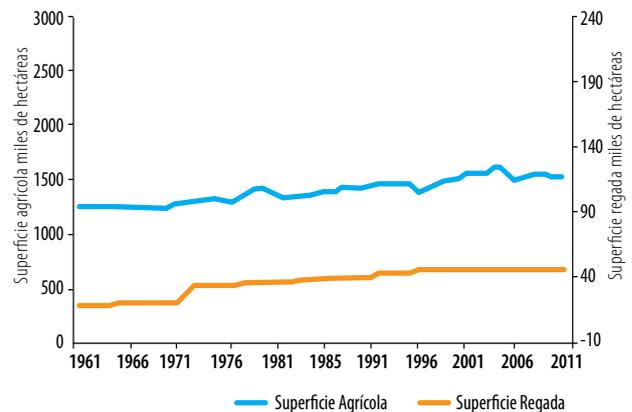
Superficie Agrícola y Superficie Regada, 1961-2011

Miles de Hectáreas

Costa Rica



El Salvador



Producción agrícola versus nivel de precipitación



En los últimos años, Costa Rica y El Salvador aumentaron su producción agrícola a tasas superiores al 3% debido principalmente a la incorporación de nueva tecnología en el sector, que se ve reflejado en los rendimientos por hectárea, principalmente del maíz, frijol y arroz.

En Costa Rica, el PIB agrícola ha mantenido un crecimiento constante promedio del 3.3% anual. Mientras que el rendimiento de toneladas de maíz por hectárea alcanzó las 2.2 toneladas en 2011, el rendimiento en el caso del frijol alcanzó las 0.8 toneladas en 2008 y el arroz mostró un rendimiento de 4 toneladas por hectárea.

En el caso de El Salvador, el PIB agrícola ha tenido una tasa de crecimiento del 1% en los últimas tres décadas y de 3% en la última. El rendimiento del maíz superó las 3 toneladas en la última década, el rendimiento de frijol es mayor a las 0.8 toneladas y el del arroz es superior a las 7 toneladas. En el caso de estos productos se observó una caída importante en 2011.

El aporte económico de la precipitación en el PIB agrícola es de 5.63% para Costa Rica y de 7.63% para El Salvador, lo cual indica la importancia de este recurso. En términos monetarios, esto significa 115,66 millones de dólares para Costa Rica y 160,7 millones de dólares para El Salvador, según el nivel de precipitación del 2010.

“

El aporte económico de la precipitación en el PIB agrícola es de 5.63% para Costa Rica y de 7.63% para El Salvador, lo cual indica la importancia de este recurso. En términos monetarios, esto significa 115,66 millones de dólares para Costa Rica y 160,7 millones de dólares para El Salvador, según el nivel de precipitación del 2010.

”

Con los escenarios de cambio climático al 2100, el recurso se reducirá grandemente y se elevarán los costos de producción y las pérdidas para productos como maíz, arroz y especialmente frijol, como se verá más adelante.



Valor económico del agua en la generación hidroeléctrica de Costa Rica y El Salvador

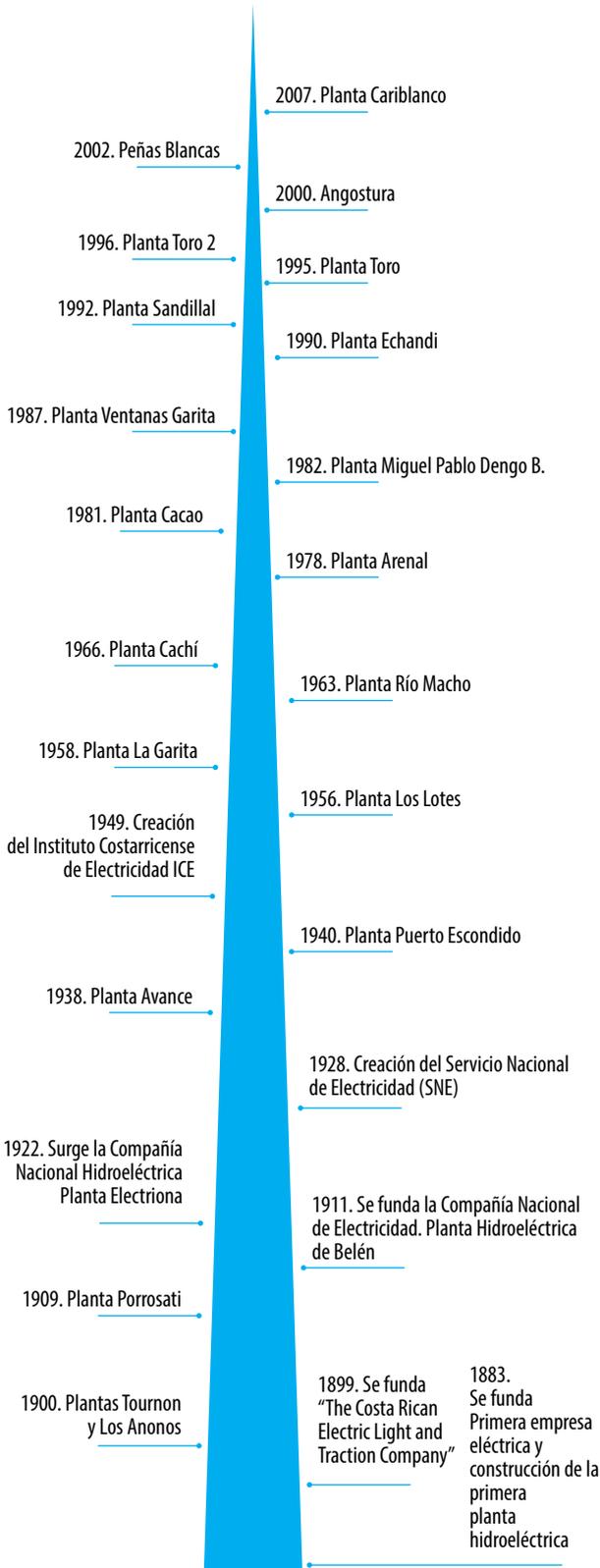
La historia de la generación de energía hidroeléctrica en Costa Rica inicia desde 1883, año en que se construye la primera planta hidroeléctrica en la empresa “Luz Eléctrica de Costa Rica”. Las siguientes empresas en construir plantas hidroeléctricas surgen en el siglo XX y fueron de origen extranjero. Uno de los hechos históricos más importantes fue la creación del “*holding*” llamado “Instituto Costarricense de Electricidad” (ICE) en los años cuarenta, que para 2008 representaba el 75% de la producción de electricidad. En la Figura 1 se presenta la línea de tiempo de la evolución y construcción de las hidroeléctricas en Costa Rica. Actualmente hay 46 plantas hidroeléctricas en Costa Rica, siendo la mitad privadas y la mitad públicas, de las cuales 18 pertenecen al ICE.

El Salvador cuenta con cuatro principales represas para la generación de electricidad que participan en el mercado mayorista del país. Estas utilizan el cauce del Río Lempa debido a que este es el más atractivo para la explotación de los recursos hidráulicos. La primera central hidroeléctrica fue construida entre los años 1951 a 1954 y es conocida como “Central Hidroeléctrica 5 de Noviembre”. Estas cuatro centrales son administradas por la Comisión Ejecutiva Hidroeléctrica del Río Lempa (CEL), y en el periodo 1971-78 se crea la última central hidroeléctrica la central “Cerrón Grande” (Figura 1).

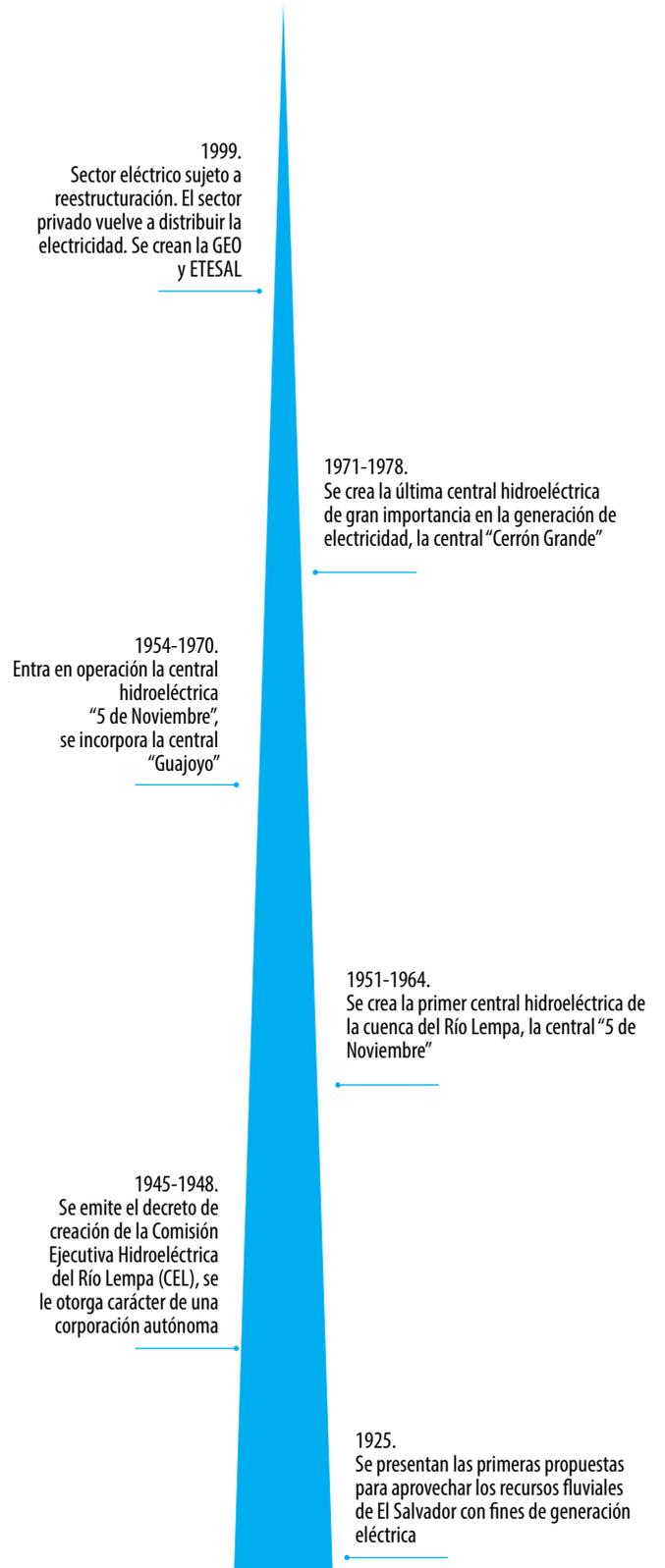
FIGURA 1

Líneas de tiempo de las plantas hidroeléctricas de Costa Rica y El Salvador

Costa Rica



El Salvador



Fuente: Elaboración propia

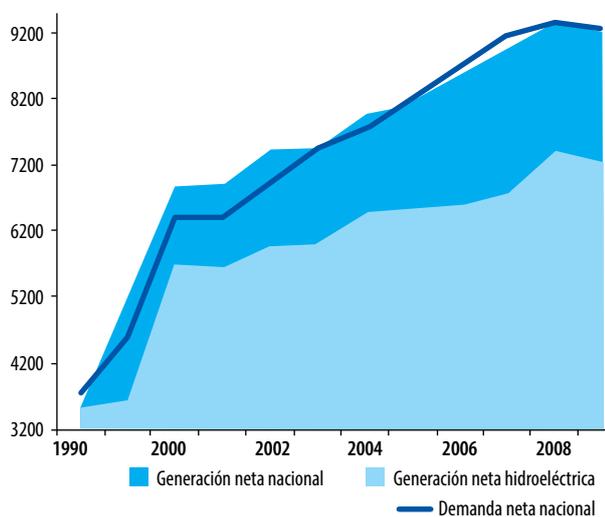
La generación neta y la generación hidroeléctrica poseen una tendencia creciente y una fuerte correlación en ambos países, como se observa en la gráfica 4. En Costa Rica, la relación es más marcada, donde la segunda tiene el efecto de arrastre sobre la primera, al representar en el 2009, 78.22% de la generación neta. En este sentido, el país depende en su gran mayoría de los embalses y de sus recursos hídricos para satisfacer la demanda de energía. Por el contrario, el caso de El Salvador indica que a partir del 2009 la brecha entre la generación neta nacional y la generación neta hidroeléctrica se abrió de forma sustancial, reflejando que se está realizando una sustitución de tecnología hacia la producción geotérmica. En términos absolutos, la generación neta de Costa Rica es sustancialmente mayor que la producida por El Salvador: en el 2012 es casi 5 veces mayor.

La evolución durante el periodo 1990-2009 de la capacidad instalada de las plantas hidroeléctricas de ambos países se presenta en el cuadro 2. En Costa Rica es en el año 2000 donde se incrementa de forma sustancial por la instauración de la hidroeléctrica Angostura, pasando de 818.5 MW en 1995 a 1,225 MW en el 2000, y ha seguido creciendo hasta llegar a 1,510.2 MW en el 2009. En El Salvador el comportamiento es menos dinámico, con una tasa de crecimiento en el periodo del 25%, mientras que en Costa Rica fue del 102%, indicando la importancia que se le está dando a esta forma de producción de electricidad en el país.

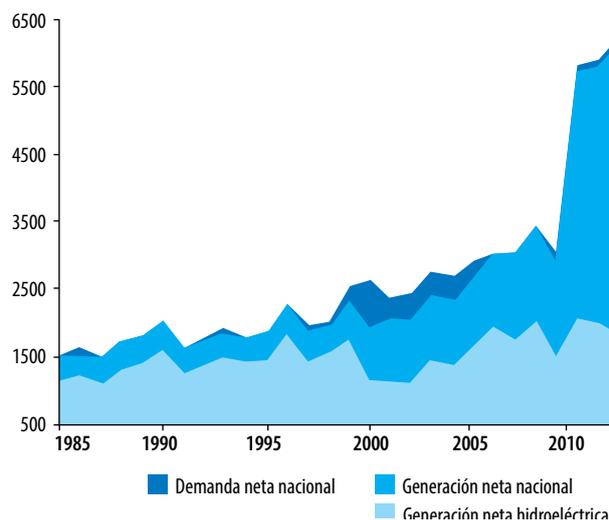
GRÁFICA 4

Demanda Neta Nacional, Generación Neta Nacional y Generación Neta Hidroeléctrica 1985-2012 (GWh)

Costa Rica 1990-2012



El Salvador 1985-2012



Fuente: Elaboración propia con datos para El Salvador de SIGET: Boletín de estadísticas eléctricas No. 14(2012). Para Costa Rica con datos de CEPAL, (2010b)

Nota: "Generación neta nacional" incluye la producción por otros tipos de central además de las centrales hidroeléctricas. "Demanda neta nacional" se obtiene de la producción nacional más las transacciones internacionales.

CUADRO 2

Evolución de la capacidad instalada hidroeléctrica. 1990-2009 (MW)

	1990	1995	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Costa Rica	747.3	818.5	1,225.5	1,225.5	1,271	1,295.6	1,303.6	1,303.6	1,411.5	1,500.4	1,524.3	1,510.2
El Salvador	388	388	406.2	407.4	422	442	442	460.9	472.6	483.7	485.7	485.7

Fuente: Elaboración propia con datos de CEPAL, (2010b)

En este apartado se presentó la importancia y características de la hidroelectricidad en la economía de cada uno de los países

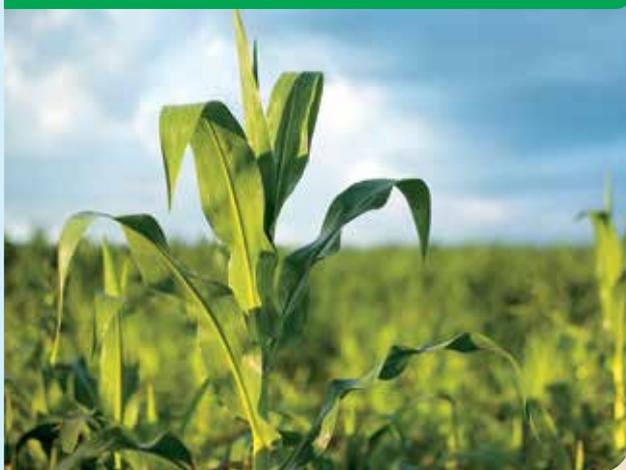
SE ENCONTRARON LOS SIGUIENTES PUNTOS:

- **La producción de electricidad con plantas hidroeléctricas en ambos países es importante**, en mayor medida en Costa Rica. El comportamiento histórico de la producción hidroeléctrica, muestra un comportamiento creciente en ambos países, pero con Costa Rica el crecimiento se aceleró en los años 90.
- **La hidroelectricidad es una fuente de energía muy importante en Costa Rica**, y su aporte económico a la economía en cuanto a valor de la producción presenta una tendencia creciente.

Costos del cambio climático para la agricultura



¿Qué sucedería en el caso del maíz?



En cuanto a los rendimientos de maíz para Costa Rica, la disminución del valor de la producción por tonelada podrá llegar al 2.5% en el 2020 y al 13.5% en el 2100 en el caso del escenario B2; para el escenario A2 los costos pueden ser de una magnitud de 5.5% en el 2020 al 22.5% en el 2100. Los costos para El Salvador podrían llegar al 0.2% en el 2020 y al 18.5% en el 2100 bajo el escenario B2, mientras que bajo el escenario A2 los valores podrían ser de 0.35% en el 2020 y de 29.6% en el 2100

¿Qué sucedería en el caso del frijol?



Los resultados de la producción de frijol muestran que bajo el escenario B2 en Costa Rica, los costos pueden representar el 2% por tonelada en el 2020 y alcanzar el 22% por tonelada en el 2100; en el escenario A2, los costos son más bajos en el 2020, inferiores al 1% por hectárea, pero los costos para el 2100 muestran que los valores se elevan a cerca del 30%. Para El Salvador, los costos son aún mayores: para el escenario B2 la disminución en el valor por tonelada para el 2020 podría ser de 0.14% y los costos se elevarían para el 2100 al 27%; bajo el escenario A2, los resultados muestran que los costos en el 2020 alcanzarían 12% y en el 2100 podrían superar el 47% del valor por tonelada de frijol.

¿Qué sucedería en el caso del arroz?



Los resultados del escenario B2 para Costa Rica para los rendimientos de arroz muestran que los costos por tonelada podrían disminuir en 2% en el 2020 y podrían alcanzar 22.6% en el 2100. Los resultados bajo el escenario A2 muestran que los costos son más elevados, en 2020 podrían ser de 6.7% y se elevarían a 30% para el 2100. En el caso de El Salvador, los resultados para el escenario B2 podrían generar costos en el 2020 de alrededor del 0.04% y se elevarían a más de 27% en el 2100; para el escenario A2, los costos podrían representar 0.5% en el 2020 y se elevarían a más de 47% en el 2100.

Las gráficas 5 y 6 muestran el resultado para los tres escenarios del PIB agrícola y los rendimientos de maíz, frijol y arroz. En las cuatro gráficas es posible notar que el escenario A2 genera mayores costos para la economía de Costa Rica y que afecta más en los rendimientos de cada cultivo. Aunque si es posible notar que los impactos por una disminución en los niveles de precipitación son mayores en el cultivo de arroz y frijol. Los costos económicos estimados son únicamente los asociados a pérdidas en la precipitación es decir, a la disponibilidad de agua,

los cuales indican la valoración del recurso en la producción agrícola.

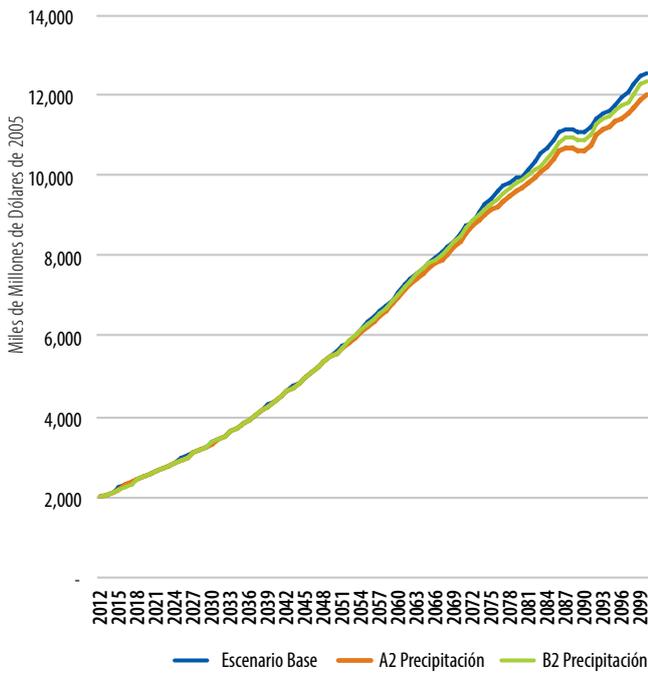
En la gráfica 6 muestra los resultados obtenidos para El Salvador, los impactos simulados en el escenario A2 son los que mayor impacto tienen para el PIB agrícola y para cada uno de los rendimientos de los productos agrícolas. En este caso el mayor impacto identificado que se puede generar es en el rendimiento de la producción de frijol y en los rendimientos de maíz.

GRÁFICA 5

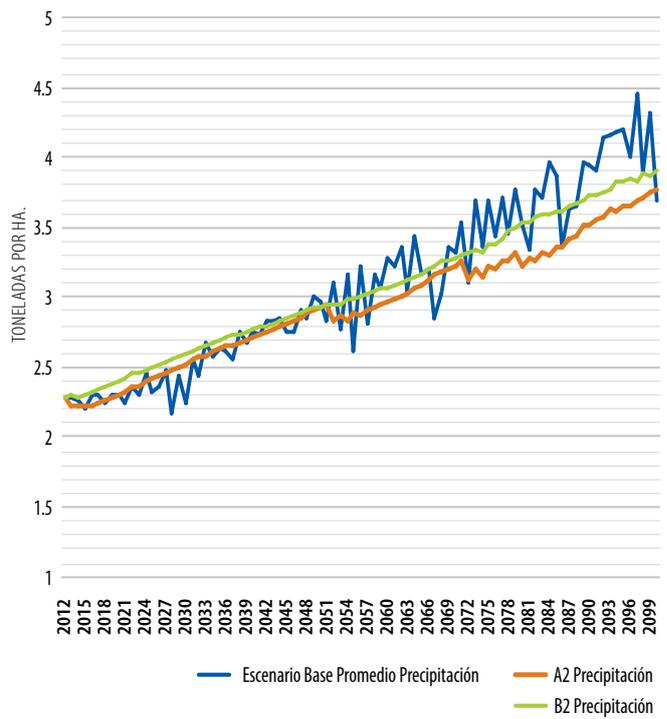
COSTA RICA

Pronostico del PIB Agrícola y de los Rendimientos de maíz, frijol y arroz.

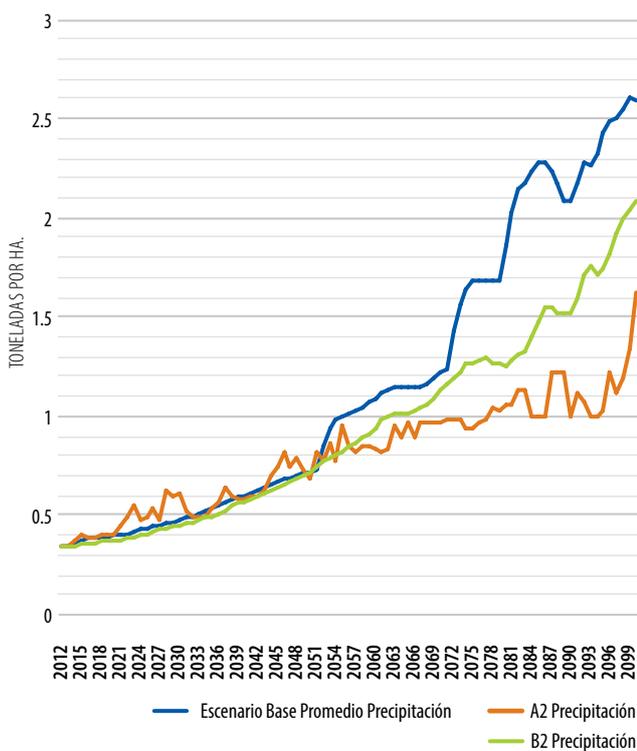
PIB Agrícola



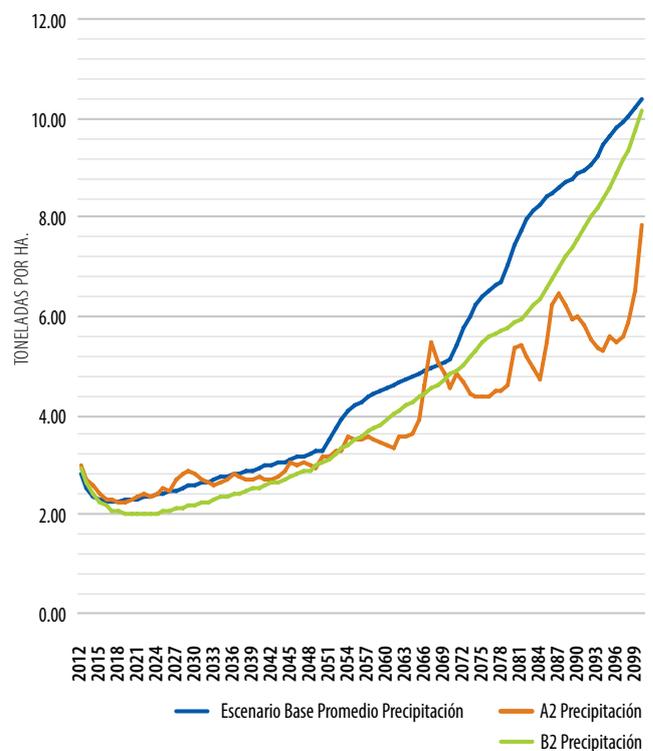
Rendimiento Maíz



Rendimiento Frijol



Rendimiento Arroz

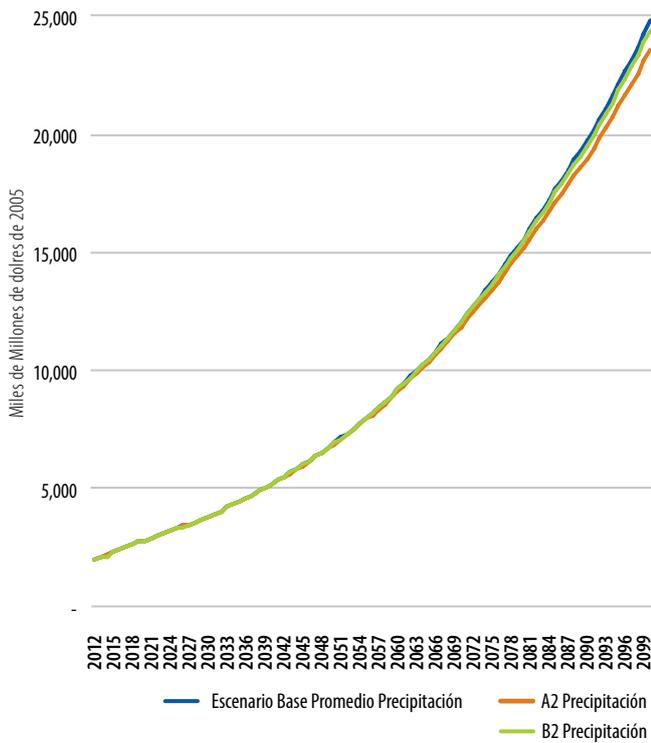


GRÁFICA 6

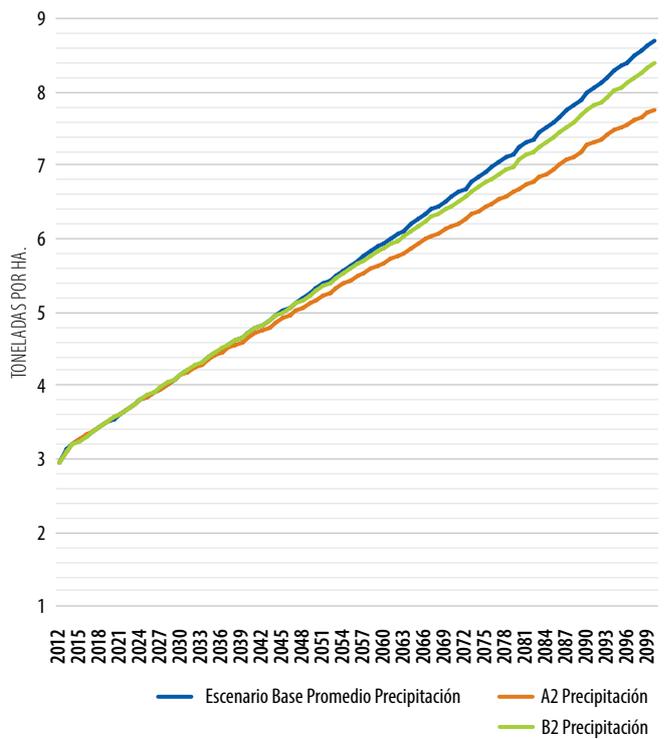
EL SALVADOR

Pronostico del PIB Agrícola y de los Rendimientos de maíz, frijol y arroz.

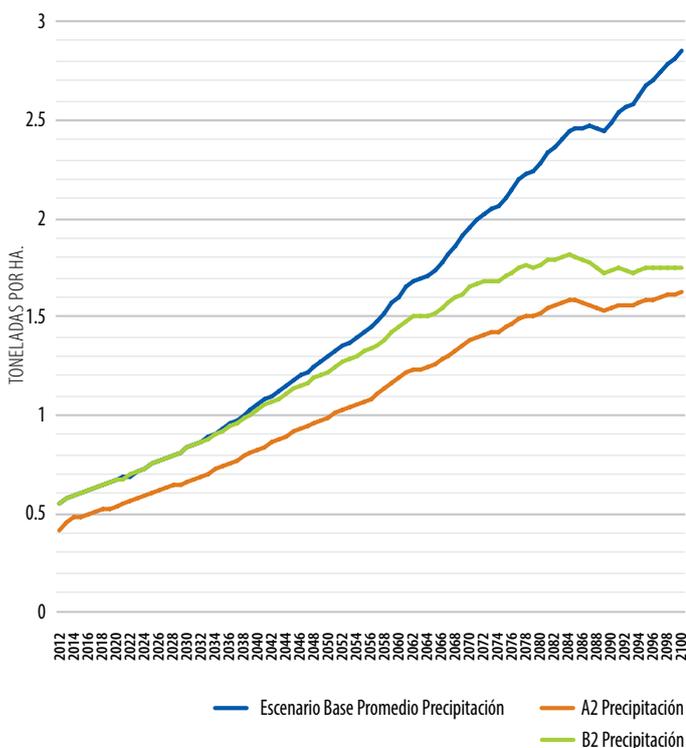
PIB Agrícola



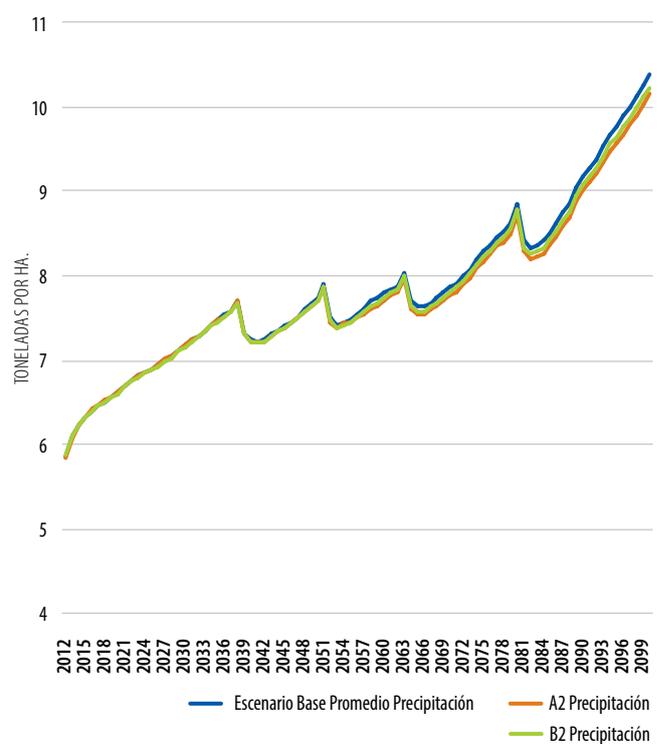
Rendimiento Maíz



Rendimiento Frijol

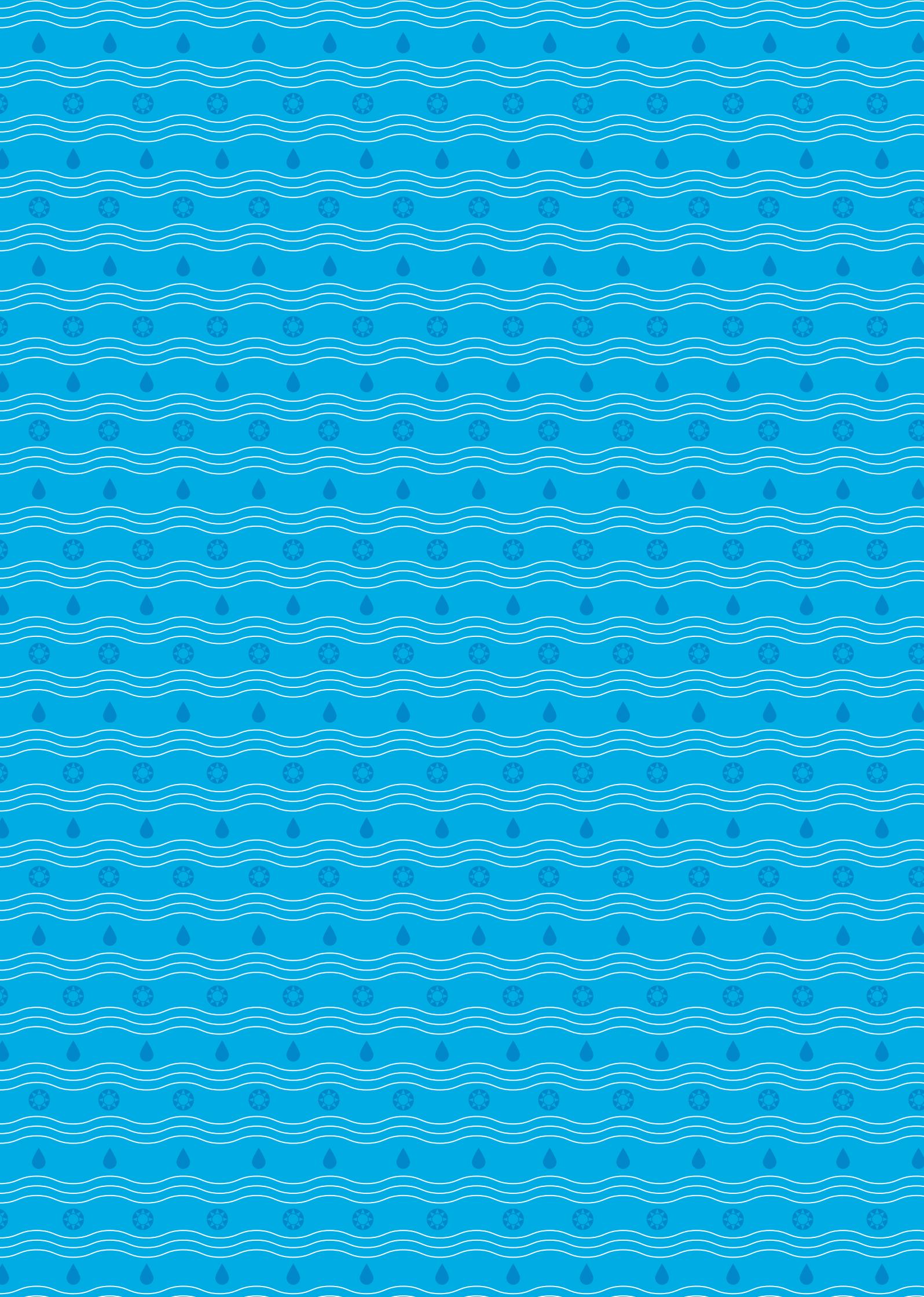


Rendimiento Arroz



Principales resultados de la valoración económica del agua para diversos cultivos agrícolas y el costo el cambio climático:

- Se encontró que todos los modelos para ambos países cumplen con la función de daño de U invertida especificada para temperatura y precipitación lo cual indica un impacto inicial de temperatura positivo en los rendimientos pero hasta un punto de inflexión que más temperatura implicará menos rentabilidad. Asimismo los modelos incluyen variables de insumos de la producción que resultaron estadísticamente significativas.
- El aporte económico de la precipitación en el PIB agrícola es de 5.63% para Costa Rica y de 7.63% para El Salvador, lo cual indica la importancia de este insumo.
- Los resultados por cultivos indican que en Costa Rica el aporte de la precipitación en el valor de la tonelada de maíz es de 5.81%, en el del frijol, 4.98% y en el del arroz, 7.92%; para El Salvador, 7.84% en el caso del maíz, 6.22% en el del frijol y 7.95% en el del arroz.
- Los escenarios de cambio climático utilizados fueron en B2 y A2, el cambio en el patrón de precipitación es más intenso y aleatorio bajo el escenario A2; es decir, se presentarán mayores reducciones en la precipitación para ambos países. Esto incide en los costos económicos del aporte del agua en la agricultura.
- Para 2100 los costos en la producción agrícola en Costa Rica pueden ubicarse entre 0.62% y 5.32% del PIB agrícola bajo el escenario A2 considerando las diferentes tasas de descuento y pueden estar entre 0.35% y 2.39%, si ocurre el escenario B2.
- En El Salvador para el 2100 bajo el escenario A2, los costos pueden representar entre 0.68% y 7.41% del PIB agrícola, y en el escenario B2 pueden estar entre 0.19% y 1.97%.
- El incremento en los costos será de mayor intensidad en ambos países en el periodo de 2070 a 2100. De los productos agrícolas seleccionados, el frijol podría presentar las mayores pérdidas económicas por la disminución de agua asociada al cambio climático. Los rendimientos de maíz para el caso de Costa Rica la disminución del valor de la producción por tonelada podrá llegar a 2.5% en 2020 y 13.5% al 2100 en el caso del escenario B2; para el escenarios A2 los costos pueden ser de una magnitud de 5.5% en 2020 a 22.5% en 2100. Los costos de El Salvador podrían llegar a 0.2% en 2020 y a 18.5% en 2100 bajo el escenario B2, mientras que bajo el escenario A2 los valores podrían ser de 0.35% en 2020 y de 29.6% en 2100.
- Los resultados de la producción de frijol muestran que bajo el escenario B2 en Costa Rica, los costos pueden representar 2% por tonelada en 2020 y alcanzaría el 22% por tonelada en 2100; en el escenario A2 los costos son más bajos en 2020, inferiores al 1% por hectárea, pero los costos para 2100 los valores se elevan a cerca del 30%. Para El Salvador los costos son aún mayores, para el escenario B2 la disminución en el valor por tonelada para 2020 podría ser de 0.14% y se elevarían para 2010 a 27%; bajo el escenario A2 los resultados muestran que los costos en 2020 alcanzarían 12% y en el 2100 podrían superar el 47% del valor por tonelada de frijol.
- Los resultados del escenario B2 para Costa Rica para los rendimientos de arroz muestran que los costos por tonelada podrían disminuir en 2% en el 2020 y podrían alcanzar 22.6% en 2100. Los resultados bajo el escenario A2 los costos son más elevados, en 2020 podrían ser de 6.7% y se elevarían a 30% para 2100. En caso de El Salvador, los resultados para el escenario B2 podrían generarse costos en 2020 de alrededor del 0.04%, y se elevarían a más de 27% en 2100; para el escenario A2 los costos podrían representar de 0.5% en 2020, y se elevarían a más de 47% en 2100.
- El incremento en los costos será de mayor intensidad, en ambos países, en el periodo de 2070 a 2100. De los productos seleccionados, el frijol podría presentar las mayores pérdidas económicas por la disminución de agua asociada al cambio climático.
- No se consideraron los posibles impactos asociados a eventos extremos.



Costos del cambio climático en la hidroelectricidad



Situación en Costa Rica

Debido a que no se cuenta con información de agua por cuenca hidrográfica de cada una de las plantas hidroeléctricas, y tampoco con el pronóstico del impacto del cambio climático en la disponibilidad de agua en las cuencas, se buscó el valor económico del agua en las hidroeléctricas con el siguiente procedimiento y con base a la información disponible de cada país:

1. Se buscaron las plantas hidroeléctricas de cada país, se identificó el departamento al que pertenecen.
2. Se recopiló la información de la generación neta de electricidad de cada una de las plantas para el año 2009.
3. El precio de la electricidad utilizado es el promedio anual.
4. Se asignó un valor de la electricidad producida con el precio identificado.
5. Para el escenario de cambio climático se usó el pronóstico de precipitación por departamento al 2100 y se asoció a la generación de hidroelectricidad.

La provincia de Alajuela concentra aproximadamente el 33.69% de la generación para 2009 y en ese departamento se ubican 25 de las 54 centrales hidroeléctricas del país. Esto se explica en parte por el lago Arenal, un embalse artificial entre los departamentos de Alajuela y Guanacaste. Seguido está Cartago, concentrando el 30.89% de la generación y 11 plantas. Mientras que Guanacaste, Heredia, Puntarenas y San José poseen el 34.16% restante de la generación y dentro de estas provincias se ubican 18 centrales.

Las centrales más grandes por capacidad instalada y generación pertenecen a empresas públicas. Entre estas, el ICE posee las 3 centrales más grandes por generación: Miguel Pablo, Angostura y Arenal, con 717.3, 709.8 y 648.8 miles de MW, respectivamente, y ubicadas en Guanacaste y Cartago. Por ende, el valor de la producción de estas plantas es el mayor.

Se tomó en cuenta la información de las plantas hidroeléctricas por provincia para el año 2009, considerando la relación de la generación de electricidad neta con la precipitación histórica y la precipitación proyectada con los escenarios de cambio climático al 2100. Asimismo, se consideró el valor económico asociado a las diferentes simulaciones de precipitación y, en consecuencia, al nivel de generación.

CUADRO 3
COSTA RICA
Ubicación de centrales hidroeléctricas por departamento, generación neta y valor de la generación 2009

Provincia	Central hidroeléctrica	Capacidad instalada. kW	Generación neta 2009 MW	Precipitación promedio anual (1950-2000)	Temperatura promedio anual (1950-2000)	US\$/MW (2009)	Valor de la generación neta 2009 (miles de US\$)
Alajuela	C. Grande3	3,375	15,889.40	2,610.60	22.55	145	2,303.96
	Caño Grande	2,905	17,892.90	2,610.60	22.55	145	2,594.47
	Hidrozarca	14,208	78,124.70	2,610.60	22.55	145	11,328.08
	Losko	2,753	13,327.20	2,610.60	22.55	145	1,932.44
	Platanar	14,594	95,654.30	2,610.60	22.55	145	13,869.87
	Q. Azul	300	1,050.00	2,610.60	22.55	145	152.25
	Rebeca	60	192.10	2,610.60	22.55	145	27.85
	S. Lorenzo	17,000	67,000.50	2,610.60	22.55	145	9,715.07
	Tapezco		155.50	2,610.60	22.55	145	22.54
	Ventanas-Garita	97,380	401,412.51	2,610.60	22.55	145	58,204.81
	Cariblanco	87,941	362,503.78	2,610.60	22.55	145	52,563.04
	Toro 2	65,736	270,972.00	2,610.60	22.55	145	39,290.93
	Peñas blancas	38,172	157,349.75	2,610.60	22.55	145	22,815.71
	La Garita	37,360	154,002.58	2,610.60	22.55	145	22,330.37
	Toro 1	23,205	95,653.91	2,610.60	22.55	145	13,869.81
	Cacao	672	2,770.07	2,610.60	22.55	145	401.65
	Toro 3	46,000	189,617.74	2,610.60	22.55	145	27,494.57
	Daniel Gutierrez	21,500	69,940.00	2,610.60	22.55	145	10,141.30
	Ventanas		8,136.00	2,610.60	22.55	145	1,179.72
	Central hidroeléctrica de canalete	17,500	75,490.20	2,610.60	22.55	145	10,946.07
	Chocosuela	25,500	114,750.00	2,610.60	22.55	145	16,638.75
	Negros II	28,000	126,000.00	2,610.60	22.55	145	18,270.00
Negros I	17,000	67,000.50	2,610.60	22.55	145	9,715.07	
Tacares	7,000	29,000.00	2,610.60	22.55	145	4,205.00	
Cartago	Angostura	172,202	709,838.14	2,630.64	17.53	145	102,926.52
	Rio macho	120,000	494,654.98	2,630.64	17.53	145	71,724.97
	Cachí	108,800	448,487.18	2,630.64	17.53	145	65,030.64
	Los lotes	375	1,545.80	2,630.64	17.53	145	224.14
	Avance	240	989.31	2,630.64	17.53	145	143.44
	Puerto escondido	184	758.47	2,630.64	17.53	145	109.97
	Birrís	16,000	71,306.95	2,630.64	17.53	145	10,339.50
	Tuis	1,496	6,667.20	2,630.64	17.53	145	966.74
	torito	50,000	276,440.83	2,630.64	17.53	145	40,083.92
	Rio Lajas	11,000	54,040.70	2,630.64	17.53	145	7,835.90
	U. Fenosa	50,700	280,311.00	2,630.64	17.53	145	40,645.09
Guanacaste	Miguel Pablo Dengo B	174,012	717,299.18	1,905.84	25.54	145	104,008.38
	Arenal	157,399	648,818.32	1,905.84	25.54	145	94,078.65
	Sandillal	31,978	131,817.31	1,905.84	25.54	145	19,113.50
	Cote	6,886	13,977.00	1,905.84	25.54	145	2,026.66
Heredia	D. Julia	16,470	105,403.00	2,594.64	20.70	145	15,283.43
	Cubujuqui	22,400	143,353.20	2,594.64	20.70	145	20,786.21
	Don Pedro	14,000	59,529.10	2,594.64	20.70	145	8,631.71
	El General	42,000	208,233.00	2,594.64	20.70	145	30,193.78
Puntarenas	Esperanza	5,506	31,464.70	3,297.48	25.74	145	4,562.38
	Echandi	4,696	19,357.50	3,297.48	25.74	145	2,806.83
	Pirrís	132,000	544,120.48	3,297.48	25.74	145	78,897.46
	El encanto	8,640	15,089.00	3,297.48	25.74	145	2,187.90
San José	Brasil	27,000	97,693.00	2,456.28	20.93	145	14,165.48
No localizadas	El Ángel		470.60			145	68.23
	Embalse	2,000	8,913.40			145	1,292.44
	La Lucha	339	1,827.00			145	264.91
	Matamoros	3,819	24,998.80			145	3,624.82
	Suerkata	3,000	1,466.20			145	212.59
	Volcán	17,000	56,928.40			145	8,254.61
Total			7,589,685.38				1,100,504.38

Fuente: Elaboración propia con datos de CEPAL, (2010a) y CEPAL, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA (2012a) y de sitios de internet consultados: <http://www.coopelesca.co.cr/> <http://www.grupommarshall.net/> <http://www.copisa.com/> <http://www.grupoice.com/> <https://www.esph-sa.com/> <http://www.coopeguanacaste.com/> <https://www.cnfl.go.cr/> <http://www.nacion.com/> <http://conelectricas.com/> <http://www.electricamatamoros.com/> <https://www.grupoice.com/> <http://www.coopelesca.co.cr/> <https://www.cnfl.go.cr/>

En cuanto al impacto del cambio climático, en el escenario B2 se tiene que las provincias más afectadas serían Cartago y San José, con una disminución porcentual en el valor de la producción de 11.27 y 10.44, respectivamente. Sin embargo, en valores absolutos los departamentos de Alajuela y Cartago son los más afectados ya que sus pérdidas suman el 71.18% de las pérdidas totales. Para el escenario A2 esta tendencia se mantiene, siendo las pérdidas de Alajuela y Cartago el 68.93% del total. También se observa que el valor total de las pérdidas para el escenario A2 es el doble que para B2. Esta diferencia es visible también para las provincias, con excepción de Guanacaste, cuyas pérdidas se multiplican casi por tres.

El total del valor de la generación de las centrales hidroeléctricas para 2100 disminuiría en el escenario más drástico hasta 213.6 millones de dólares.



Para Costa Rica, el cambio en la precipitación tiene fuertes repercusiones en términos de generación y valor, ya que Costa Rica basa la gran parte de su producción de electricidad en las centrales hidroeléctricas.



CUADRO 4

COSTA RICA

Valor de la Generación Neta 2009 ante cambios en la precipitación Escenarios A2 y B2 a 2100

Provincia	Precio US\$/MW	Valor de la generación neta 2009 (miles US\$)	Valor de la generación neta B2 2100 (miles US\$)	Valor de la generación neta A2 2100 (miles US\$)
Alajuela	145	370,799.63	340,005.10	309,597.89
Cartago	145	340,030.88	301,707.99	253,982.38
Guanacaste	145	219,227.21	204,639.01	179,033.60
Heredia	145	54,108.94	48,694.75	42,850.62
Puntarenas	145	88,454.59	81,956.41	76,559.73
San José	145	14,165.49	12,687.06	11,161.13
Total		1,086,786.74	989,690.32	873,185.35

Fuente: Elaboración propia

CUADRO 5

COSTA RICA

Pérdidas en valor de la generación y términos porcentuales por departamento escenarios A2 y B2 a 2100

	Escenario B2		Escenario A2	
	Valor (miles US\$)	Δ %	Valor (miles US\$)	Δ %
Alajuela	-30,794.53	-8.30	-61,201.74	-16.51
Cartago	-38,322.89	-11.27	-86,048.50	-25.31
Guanacaste	-14,588.20	-6.65	-40,193.61	-18.33
Heredia	-5,414.19	-10.01	-11,258.32	-20.81
Puntarenas	-6,498.18	-7.35	-11,894.86	-13.45
San José	-1,478.43	-10.44	-3,004.36	-21.21
Total	-97,096.42	-8.93	-213,601.39	-19.65

Fuente: Elaboración propia

Situación en El Salvador

En El Salvador, el valor total de la generación neta para 2009 de las cuatro centrales hidroeléctricas asciende a 187.47 millones de dólares (Cuadro 6).

CUADRO 6

EL SALVADOR

Ubicación de centrales hidroeléctricas por departamento y capacidad instalada. Generación neta y valor de la Generación 2009

Departamento	Central hidroeléctrica	Capacidad instalada. kWh	Generación generación neta 2009 MW	Precipitación	Temperatura	US\$/MW (2009)	Valor de la neta 2009 (miles de US\$)
Cabañas y Chalatenango	Cinco de Noviembre*	99,400	474,059.5	165.83	25.96	124.95	59,233.73
	Cerrón Grande*	170,000	400,992	165.83	25.96	124.95	50,103.95
Santa Ana	Guajoyo	19,700	51,233.7	154.55	26.08	124.95	6,401.65
Usulután	15 de Septiembre	180,180	574,097.7	136.54	25.57	124.95	71,733.51
Total							187,472.843

Fuente: Elaboración propia con datos de SIGET: Boletín de estadísticas eléctricas No. 14(2012) y CEPAL, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA (2012a),

* Debido a que "Cerrón Grande" y "Cinco de Noviembre" se encuentran sobre la cuenca del Río Lempa y esta sirve de frontera entre ambos departamentos la CEL las ubica en ambos departamentos a la vez.

Con cambios en la precipitación, según un escenario drástico o moderado para el 2100, existe un decrecimiento en este valor. Se observa que el valor de la generación alcanza un nivel mínimo en el escenario A2 al 2100 con la disminución de la precipitación. En este punto, la generación de las

centrales desciende respecto a la generación neta 2009 de manera significativa. El total del valor de la generación disminuye hasta la cifra de 138.6 millones de dólares (Cuadro 7).

CUADRO 7

EL SALVADOR

Valor de la Generación Neta 2009 ante cambios en la precipitación Escenarios A2 y B2 a 2100

Departamento	Precio US\$/MW	Valor de la generación neta 2009 (miles US\$)	Valor de la generación neta B2 2100 (miles US\$)	Valor de la generación neta A2 2100 (miles US\$)
Cabañas y Chalatenango	124.95	109,337.68	106,861.65	84,126.00
Santa Ana	124.95	6,401.65	6,124.89	4,808.42
Usulután	124.95	71,733.51	70,422.24	49,686.79
Total		187,472.84	183,408.78	138,621.21

Fuente: Elaboración propia

El departamento más afectado con la estimación del escenario B2 es Santa Ana, que registra una pérdida del 4.32%. Hay que tomar en cuenta que es el departamento que menor generación hidroeléctrica aporta. Por otro lado, el departamento más afectado con la estimación en el escenario A2 es Usulután, con una pérdida del 30.73%. Este departamento ocupa

el segundo lugar en generación hidroeléctrica en El Salvador y es el que registra la menor pérdida en el escenario B2, con tan solo 1.83% al 2100. Esto se debe a las variaciones que registran los pronósticos de la precipitación para los distintos departamentos (Cuadro 8).

CUADRO 8

EL SALVADOR

Simulación sobre la Generación Neta 2009 ante cambios en la Precipitación en Escenarios A2 y B2 a 2100

Departamento	Generación Neta 2009	Generación con precipitación histórica	Generación con precipitación B2 2100	Generación con precipitación A2 2100
Cabañas y Chalatenango	875,051.5	875,051.5	855,235.2	673,277.2
Santa Ana	51,233.7	51,233.7	49,018.7	38,482.7
Usulután	574,097.7	574,097.7	563,603.3	397,653.4
Total	1,500,382.9	1,500,382.9	1,467,857.3	1,109,413.4

Fuente: Elaboración propia

En el escenario B2, el total de la disminución en generación hidroeléctrica de las centrales aquí consideradas es de 2.17%, que en términos de valor es de 4.06 millones de dólares. Es notable que esta variación es mínima comparada con el escenario A2, donde el total de la pérdida es de 26.06%, que en términos monetarios es de 48.85 millones de dólares.

En este sentido, se observa que la disminución de la precipitación con base en los escenarios A2 y B2 tendrá un efecto de pérdidas tanto en la generación como en el valor de la generación (Cuadro 9).

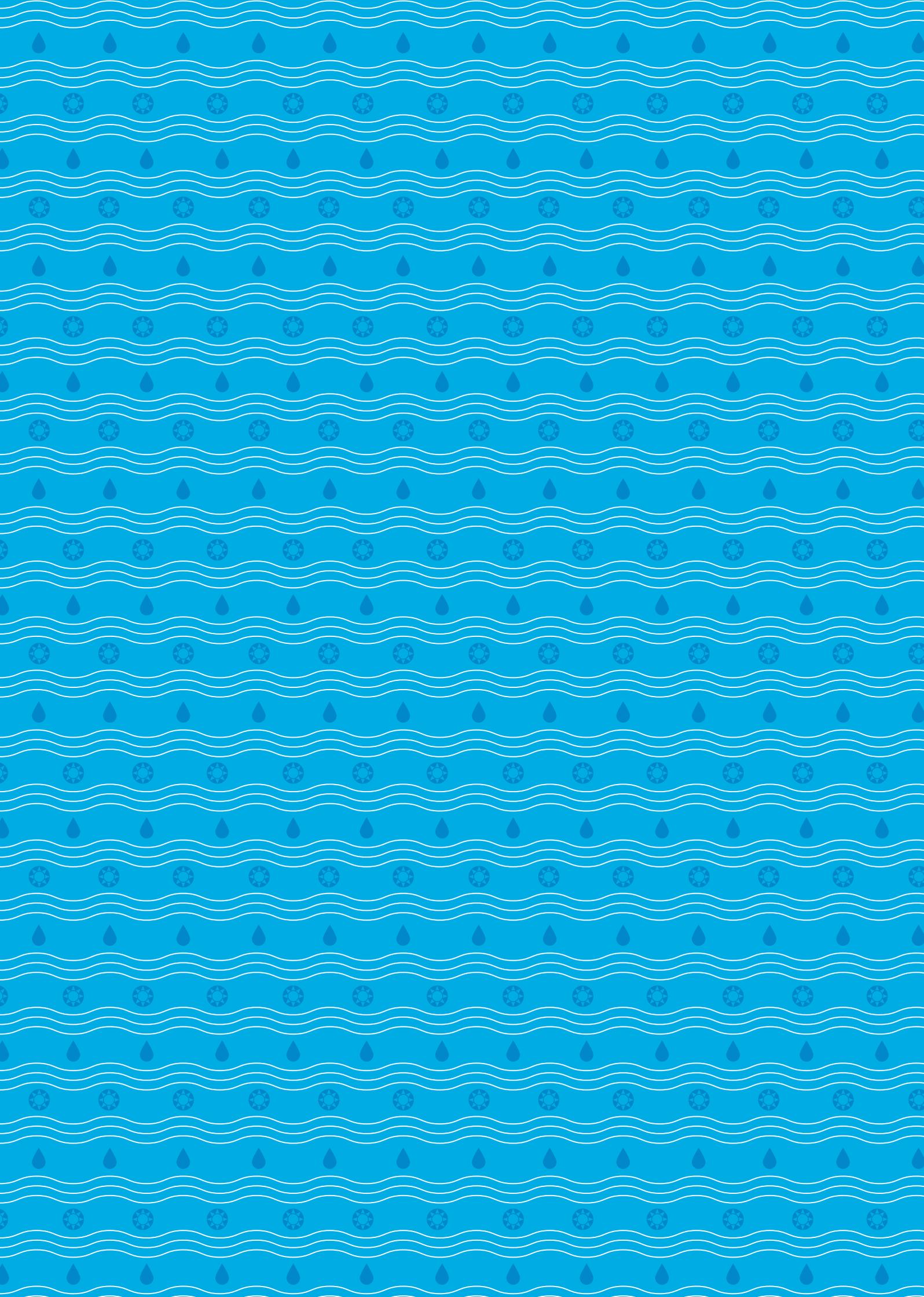
CUADRO 9

EL SALVADOR

Pérdidas en valor de la generación y términos porcentuales por departamento escenarios A2 y B2 a 2100

	Escenario B2		Escenario A2	
	Valor (miles US\$)	Δ %	Valor (miles US\$)	Δ %
Cabañas y Chalatenango	-2,476.03	-2.26	-25,211.68	-23.06
Santa Ana	-276.76	-4.32	-1,593.23	-24.89
Usulután	-1,311.27	-1.83	-22,046.71	-30.73
Total	-4,064.06	-2.17	-48,851.62	-26.06

Fuente: Elaboración propia



Conclusiones y recomendaciones



Dentro de los impactos del cambio climático en la atmósfera se encuentra el incremento de la temperatura terrestre y oceánica, cambios en las precipitaciones sobre las zonas terrestres, y cambios en numerosos fenómenos meteorológicos y climáticos extremos (IPCC, 2007 y 2013).

A pesar de que existe una gran incertidumbre sobre la trayectoria futura de las precipitaciones en la región Centroamericana se pueden identificar patrones de disminución de precipitación. En todos los países, se podría observar una reducción de 11% en promedio para finales del siglo bajo un escenario climático B2 y bajo un escenario más pesimista (A2) en promedio podría presentarse una disminución de 28% (CEPAL, CCAD/SICA, DFID y DANIDA, 2011). Asimismo, se estima que la región podría experimentar una alternancia entre períodos de sequía severa e inundaciones.

La valoración económica del agua en sectores claves como agricultura y generación hidroeléctrica, se puede realizar con diversas metodologías, con base a la información disponible en este documento se optó por la función de producción agrícola y una aproximación con el valor de la producción de electricidad generada en las plantas hidroeléctricas. Para la función de producción se realizaron dos metodologías. La primera a nivel país con datos anuales del periodo 1980-2011 con un modelo de cointegración. La segunda metodología fue usando datos a nivel municipal de sección cruzada para el año 2009. Se estimaron modelos para la agricultura en su conjunto y para tres cultivos fundamentales: maíz, frijol y arroz.

Interpretación de los modelos econométricos sobre el aporte marginal del agua a los diferentes cultivos

Los modelos econométricos de la producción agrícola y de los rendimientos del maíz, frijol y arroz de Costa Rica indican que en todos los casos las variables climáticas son estadísticamente significativas y los coeficientes confirman la forma de U invertida de la función de daño, es decir un signo positivo en la variable y un signo negativo con el término cuadrático. Las variables que tienen una mayor incidencia en la producción agrícola son la superficie regada, el empleo agrícola y la temperatura; mientras que para los cultivos las variables son diferenciadas en cada caso. Los coeficientes del aporte marginal del agua a la producción agrícola y en los rendimientos del maíz son de pequeña magnitud, comparados con los encontrados para los rendimientos de frijol y arroz. En el caso de El Salvador los resultados son muy similares para la producción agrícola y para los cultivos, lo cual se puede deber a que ambos países presentan formas de producción y condiciones climatológicas muy similares.

Estimación del aporte económico del agua en la agricultura

El valor económico del nivel de precipitación en Costa Rica y El Salvador se puede aproximar a partir de los modelos de función de producción. Utilizando el nivel de precipitación del 2010 se obtiene un aporte en el PIB agrícola de 5.96% y de 8.29% para Costa Rica y El Salvador respectivamente. En el caso de los cultivos los resultados indican que en Costa Rica la precipitación tiene un efecto promedio de 5.81% en el valor por tonelada de Maíz, que equivale a 14.22 dólares, de 3.99% en el frijol que equivale a 106.33 dólares y de 7.92% en el arroz equivalente a 36.17 dólares por tonelada. En El Salvador el agua presenta un mayor aporte en el arroz (7.95% de su valor), seguido del maíz (7.84%) y finalmente el frijol (6.22%).

Análisis de la relación disponibilidad de agua - producción hidroeléctrica

La electricidad generada de una planta hidroeléctrica esta en función de la estimación de salto, del caudal y la potencia extraíble, esta última depende de los tipos de turbinas utilizadas. Para la estimación del caudal se deben examinar los registros de precipitaciones de una determinada localidad a lo largo de varios años, este flujo estimado de precipitación tiene que ser corregido por pérdidas de evaporación, absorción de la vegetación e infiltraciones. Los factores que pueden

afectar la disponibilidad de agua son (Sandagiri, 2013): la capacidad presente del reservorio, los flujos futuros y la tasa de cambio del flujo en un horizonte de tiempo dado.

Estimación del valor económico de la producción hidroeléctrica

Una vez instalada una planta hidroeléctrica, el funcionamiento depende fundamentalmente de la disponibilidad de agua, es el único “combustible” que necesita para funcionar. En este sentido el valor económico del agua en las hidroeléctricas se puede trasladar completamente al valor de la energía que se produce, si se descuentan los costos de operación y la depreciación de las instalaciones. Los costos económicos y ambientales del agua consumida se pagan al operador de una planta de energía hidroeléctrica incluido en el precio de la energía hidroeléctrica. Por lo tanto hay que reconocer que los costos de utilización de agua varían en el año y a través de las cuencas hidrográficas, ya que el grado de escasez de agua y la competencia por el agua dependerá del período dentro del año y circunstancias locales.

Con base a la información de la producción de hidroeléctricas se puede calcular el valor de la generación neta, que para el 2009 ascendía a 1.08 millones de dólares en Costa Rica y 1.5 millones de dólares en El Salvador.

Interpretación de las simulaciones de cambios en los valores económicos por las variaciones del cambio climático en agricultura

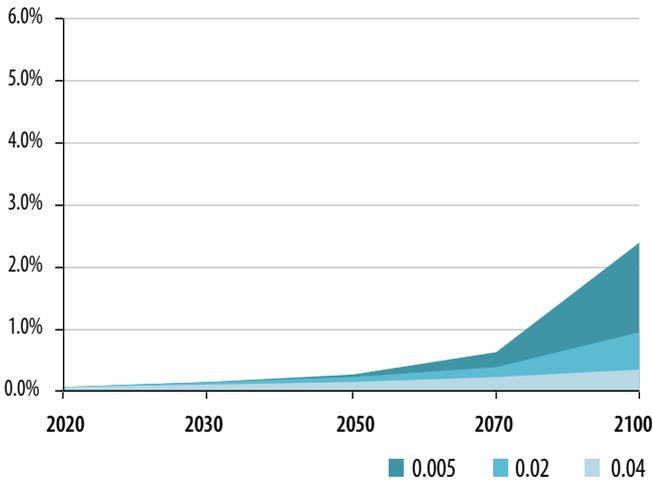
Los escenarios de cambio climático utilizados fueron en B2 y A2, el cambio en el patrón de precipitación es más intenso y aleatorio bajo el escenario A2, es decir se presentarían mayores reducciones en la precipitación para ambos países. Esto incide en los costos económicos del aporte del agua en la agricultura. Para 2100 los costos en la producción agrícola en Costa Rica pueden ubicarse entre 0.62% y 5.32% del PIB agrícola bajo el escenario A2 considerando las diferentes tasas de descuento, y pueden estar entre 0.35% y 2.39% si ocurre el escenario B2. En el Salvador para el 2100 bajo el escenario A2 los costos pueden representar entre 0.68% y 7.41% del PIB agrícola, y en el escenario B2 pueden estar entre 0.19% y 1.97% (Gráfica 7). El incremento en los costos será de mayor intensidad, en ambos países, en el periodo de 2070 a 2100. De los productos seleccionados, el frijol podría presentar las mayores pérdidas económicas por la disminución de agua asociada al cambio climático.

GRÁFICA 7

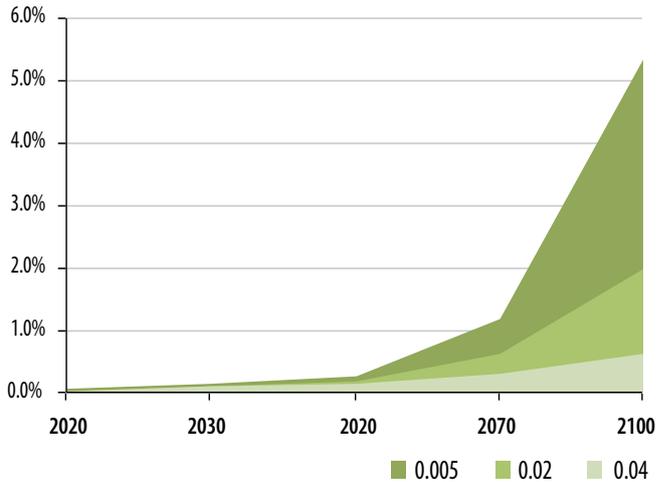
Pronóstico de los costos del impacto del cambio climático en el valor de la producción agrícola por pérdida de disponibilidad de agua con diferentes tasas de descuento

Costa Rica

B2

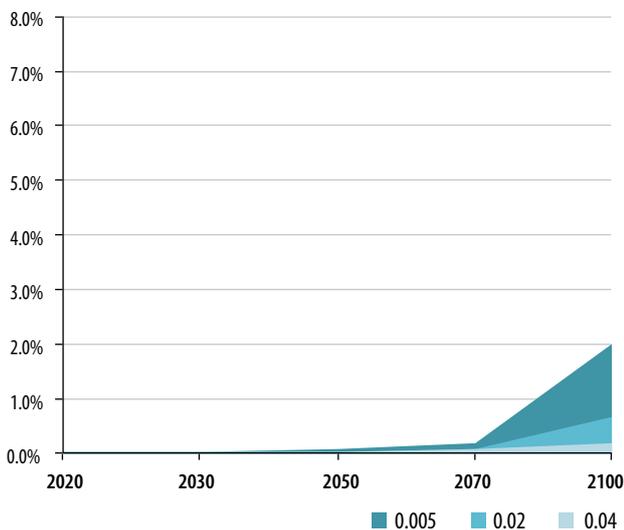


A2

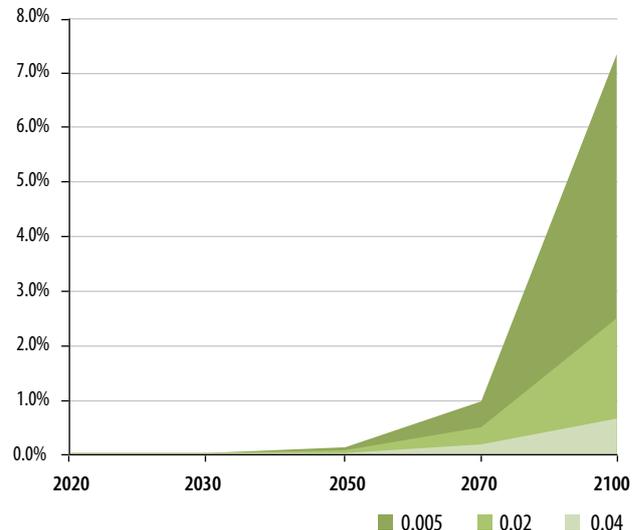


El Salvador

B2



A2



Interpretación de las simulaciones de cambios en los valores económicos por las variaciones del cambio climático en hidroeléctricas.

Los costos del cambio climático en la producción de hidroelectricidad asociados cambios en los patrones de precipitación podrían representar una magnitud de 8.93% y de 19.65% de su valor

actual bajo los escenarios de cambio climático B2 y A2 respectivamente en el caso de Costa Rica, con importantes variaciones por departamento. Para El Salvador las pérdidas podrían llegar a ser de 2.17% y 26.06% bajo los escenarios climáticos. En este sentido, se observa que los cambios en la precipitación tienen un efecto sobre la generación hidroeléctrica y por ende sobre el valor de esta generación con base en la simulación aquí presentada.



RECUADRO 1

Relación entre agua y agricultura

El sector más demandante de agua, en promedio, a nivel global es la agricultura, y su competitividad y desarrollo dependen fundamentalmente de la disposición de este recurso en cantidad y calidad adecuadas. Así, la disminución de la disponibilidad de agua y los costos crecientes de energía que demanda su extracción, producirán un aumento en los costos de la actividad agropecuaria.

La variabilidad interanual tiene un impacto considerable en el desempeño económico del sector agrícola y las plagas y enfermedades también pueden determinar los rendimientos de los cultivos y el desempeño económico agrícola.

Desde el punto de vista socioeconómico, los mercados tienen una fuerte influencia en la producción de alimentos. Otros factores que inciden en la productividad de los cultivos incluyen el rendimiento económico y financiero, el estado de los recursos hídricos, las tendencias de uso de la tierra, la investigación del medio ambiente, el desarrollo tecnológico y las condiciones demográficas. El impacto de la variabilidad climática también dependerá del acceso a la tecnología y las condiciones socioeconómicas.

RECUADRO 2

Cómo se calculó el valor del agua en la producción agrícola e hidroeléctrica

Para calcular el valor del agua en la producción agrícola de Costa Rica y El Salvador, se empleó la función de producción, donde uno de los factores productivos que se utilizó fue la precipitación relacionada con el nivel de producción o cosecha obtenida.

Para calcular el valor del agua en la producción hidroeléctrica, se consideró el valor de la energía que se produce. Como la información disponible no permite realizar una valoración detallada de todas las hidroeléctricas de Costa Rica y El Salvador, se hace una aproximación al aporte económico del agua en las hidroeléctricas, considerando su capacidad instalada, el nivel de producción y la precipitación del departamento en el que se encuentran.

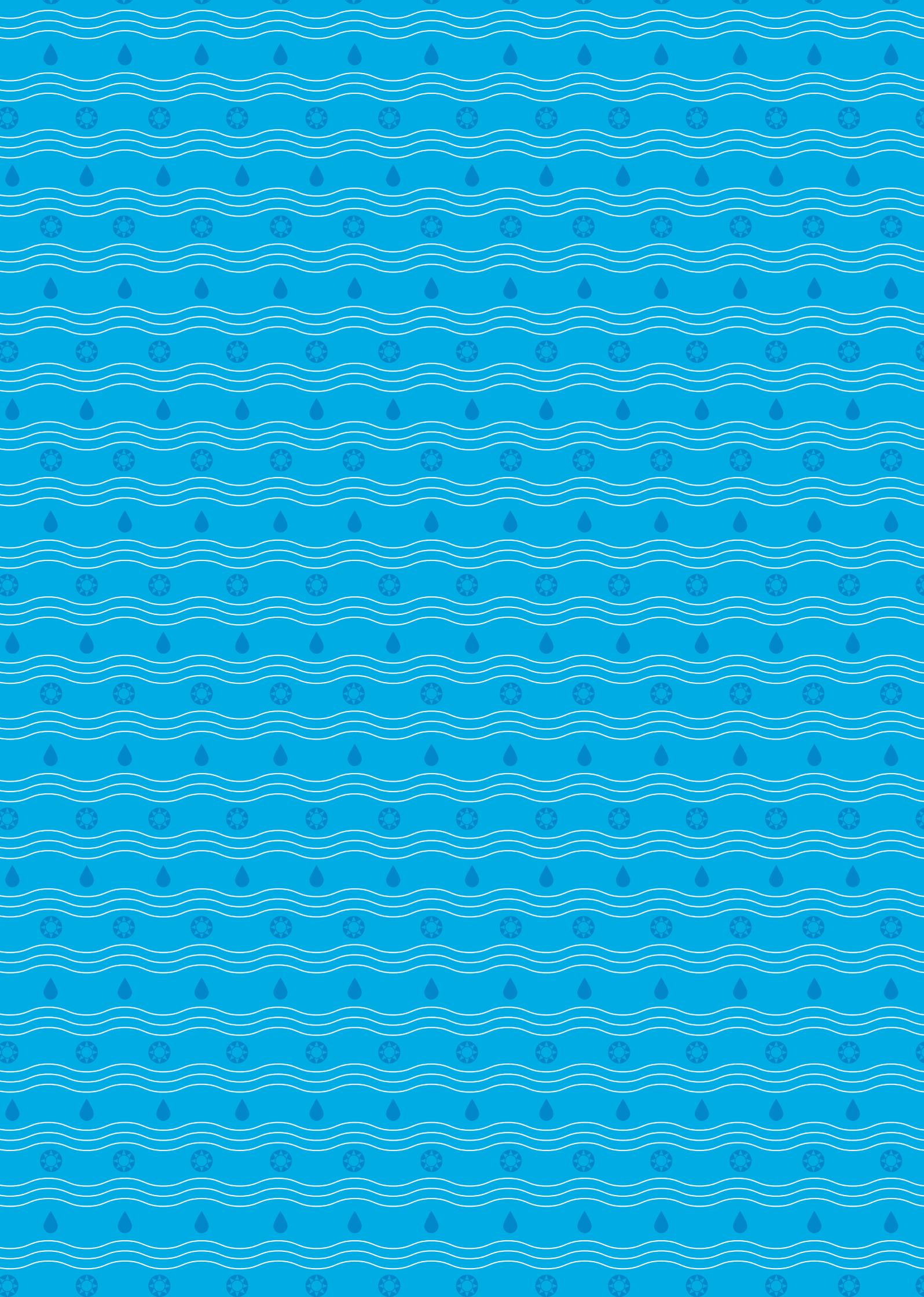
Bibliografía

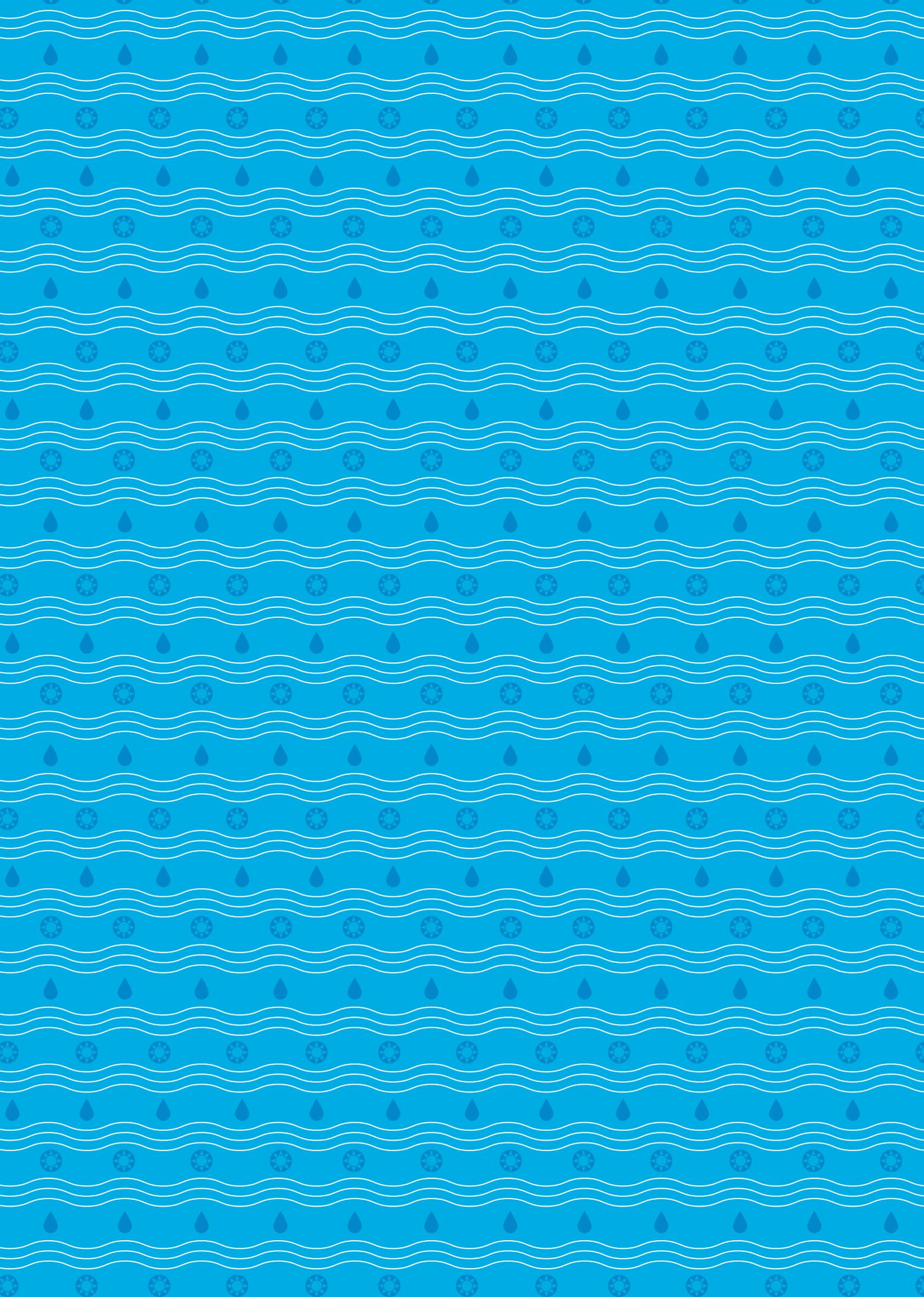
- Adams R.M., McCark y L.O. Means (2003) "The role of spatial variability on economic effects of climate change" *Climate Change* 60, 131-48
- Alcama, Joseph , Flörke, Martina and Märker, M. (2007)." Future long-term changes in global water resources driven by socio-economic and climatic changes". *Hydrological Sciences Journal*, 52: 247 – 275
- Alexandratos, N. (2005). "Countries with Rapid Population Growth and Resource Constraints: Issues of Food, Agriculture and Development". in *Population and Development Review* 31(2):237-58
- Anjum, M.A, VK Smith, D Whittington. (1987). Willingness to pay for water in rural Punjab, Pakistan. Pág. 18. WHAS report N° 213 septiembre.
- Arrojo, P. (1999). Perspectivas socioeconómicas del uso del agua en el regadío en España. Riegos y drenajes XXI, ISSN 0213-3660, N° 104, 1999, pags. 46-53.
- Azqueta, D. (2002) *Introducción a la Economía Ambiental*. Madrid: McGrawHill, 2002, p. 420.
- Azqueta, D. *Introducción a la Economía Ambiental*. Madrid: McGrawHill, 2002, p. 420.
- Banco Interamericano de Desarrollo. (2014). Costa Rica, Estrategia del País del BID 2011 -2014 Documento.
- Briscoe, Jhon, PF de Castro, C Griffin, J North. (1990). Toward Equitable and Sustainable Rural Water Supplies: A Contingent Valuation Study in Brazil. *The World Bank Economic Review*. Vol. 4. No. 2: pág. 115-135.
- Caballer V. Y N. Guadalajara, (1998). Valoración Económica del agua de riego. Ed. Mundi Prensa.
- CAZALAC (Centro d el A gua p ara Z onas áridas y semi áridas d e A mérica L atina y el Caribe) y P HI (Programa Hidrológico Internacional)/UNESCO (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura) (2005). *Guía metodológica para la elaboración del mapa de zonas áridas, semiáridas y subhúmedas secas de América Latina y el Caribe*, CAZALAC.
- CAZALAC y PHI/UNESCO (2005). *ATLAS de Zonas Áridas de América Latina y el Caribe*. Elaborado por: Koen Verbist, Fernando Santibáñez, Donald Gabriels y Guido Soto. PHI-VII / Documento Técnico No. 25.
- CEPAL (Comisión Económica para América Latina y el Caribe), CCAD/SICA (Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo/ Sistema de la Integración Centroamericana), UKAID (Programa de Asistencia del Ministerio para Desarrollo Internacional del Gobierno Británico) y DANIDA (Agencia de Cooperación para el Desarrollo de Dinamarca) (2011). *La economía del cambio climático en Centroamérica. Reporte técnico 2011*, Organización de las Naciones Unidas, CEPAL, LC/MEX/L.1016, México, D.F.
- CEPAL, (2010b), "Centroamérica: Estadísticas del subsector eléctrico, 2009." ", Organización de las Naciones Unidas, CEPAL, LC/MEX/L.976 México D.F.
- CEPAL, CCAD/SICA, UKAID (UK Department for International Development) y DANIDA (Agencia de Cooperación para el Desarrollo de Dinamarca) (2012) *La Economía del Cambio Climático. Síntesis 2012*, Organización de las Naciones Unidas, CEPAL, LC/MEX/L.1074 México D.F.

- CEPAL, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA (2012a), “La economía del cambio climático en Centroamérica: Impactos potenciales en los patrones intraanuales y espaciales del clima. Serie técnica 2012”, Organización de las Naciones Unidas, CEPAL, LC/MEX/L.1073, México, D.F.
- CEPAL, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA (2012b) “La Economía del Cambio Climático en Centroamérica: Dos casos de impactos potenciales en la generación de hidroelectricidad. Serie técnica 2012” Organización de las Naciones Unidas, CEPAL, LC/MEX/L.1070, México, D.F.
- CEPAL, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA (2012c), “La economía del cambio climático en Centroamérica: Impactos potenciales en la aridez y los meses secos. Serie técnica 2012”, Organización de las Naciones Unidas, CEPAL, LC/MEX/L.1074, México, D.F.
- CEPAL, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA, (2013) “Impactos potenciales del cambio climático sobre los granos básicos en Centroamérica” Organización de las Naciones Unidas, CEPAL, LC/MEX/L.1123 México D.F.
- Cramer, W., Bondeau, Woodward IC., Prentice, R.A. Betts, Brovkin, P.M. Cox, V. Fisher, Folley, Friend., C. K. Kucharik, M.R. Lomas, N. Ramankutty, S. Stich, B. Smith, A. White y C. Young Molling. (2001) “Global response of terrestrial ecosystem structure and function to CO₂ and climate change: Results from six dynamic global vegetation models”, *Global Change Biol.*, 7, 357–373, 2001.
- Challinor, A.J., J.M. Slingo, T.R. Wheeler, P.Q. Craufurd y D.I.F. Grimes (2003) “Towards a combined seasonal weather and crop productivity forecasting system: Determination of the working spatial scale” *Journal Applied Meteorology*, 42 175 – 92
- Delgado Baquerizo, M. et al. 2013. “Decoupling of soil Nutrient cycles as a function of aridity in global drylands. *Nature* 502: 672 - 676., doi:10.1038/nature12670
- Dickey, D.A. and W.A. Fuller (1979), “Distribution of the Estimators for Autoregressive Time Series with a Unit Root,” *Journal of the American Statistical Association*, 74, p. 427–431
- Dickey, D.A. y W.A. Fuller (1979). “Likelihood ratio statistics for autoregressive time series with a unit root”, *Econometrica*, 49, 1057-1072.
- Doering, O.C., J.C. Randolph, J. Southworth, and R.A. Pfeifer (ed.) 2002. *Effects of climate Change and Variability on Agricultural Production Systems*. Kluwer Academic Publishers. Boston. 267 pp.
- Döll P. (2002) “Impact of climate change and variability on irrigation requirements a global perspective”. *Climate Change* 41 (3, 4) 371 – 411
- EEA (2008) “Greenhouse Gas Emission Trends and Projections in Europe 2008”, European Environment Agency. EEA Report No. 5/2008. EEA Copenhagen
- Engle, R.F. y C.W.J. Granger (1989). “Cointegration and error correction: Representation, estimation and testing”, *Econometrica*, 55, 251-276.
- Engle, R.F. y Granger, C. W. J. (1989) *Cointegration and Error Correction: Representation, Estimation and Testing*. *Econometrica*, Vol. 55, pp: 251-276
- ESCAP. 1996a. *Guidelines for the Establishment of Irrigation Water Pricing Policies and Structures*. ST/ESCAP/1733. Bangkok: Economic and Social Commission for Asia-Pacific
- ESCAP. 1996b. *Overview of Water Pricing Policies and Structures in the ESCAP Region*. ST/ESCAP/1646. Bangkok: Economic and Social Commission for Asia-Pacific
- FAO (2004) “*Economic Valuation of Water resources in agriculture: From the Sectorial to a functional perspective of natural resource management*”. FAO Waters Reports 27. Roma.
- FAO (2004) *Economic valuation of water resources in agriculture*. Rome. 2004
- Field, B. C. y Field, M. K. (2003). *Economía Ambiental*. Madrid: Mc Graw Hill / Interamericana.
- Field. B, Field. M. *Economía Ambiental*. España: McGraw. Hill, 2005, p. 556. 3ª ed
- Fleischer, Aliza & Lichtman, Ivgenia & Mendelsohn, Robert, 2008. “*Climate change, irrigation, and Israeli agriculture: Will warming be harmful?*” *Ecological Economics*, Elsevier, vol. 65(3), pages 508-515, April.
- Freeman, A.M (2003). *The measurement of environmental and resource values: Theory and methods*. 2a edición. Washington D.C: Resources For the Future. En Young, R. *Determining the economic value of Water. Concepts and methods*. “Resources for the Future” (RFF), Washington D.C. 2003, pp. 4-16.
- Galán F. (1995). *Agua en Colombia. Recursos abundantes, sin uso racional*. Fundación FES, Fundación CORONA. Santafé de Bogotá.
- Gillette H.P. (1950) “A Creeping drought under way” *Water and Sewage Works*. 104-5

- Glantz M.H. and R. Katz, (1977) "When is a drought a drought?" *Nature* 267, 192-3
- Hassan, H & Dregne, H.E. (1997): Natural Habitats and Ecosystems Management in Drylands: An Overview.- Environment Department Paper N° 51, World Bank, Washington. D C., World Bank.
- Hodge, I.D.; Adams, W.M. (1997). "Allocating water for production and rural conservation: choices and institutions". In Kay, M.; Franks, T.; Smith, L. (Eds.), *Water: Economics, management and demand*. London, UK: E & FN Spon. pp. 117-127.
- Hoekstra, A.Y. and Chapagain, A.K. (2008) *Globalization of water: Sharing the planet's freshwater resources*, Blackwell Publishing, Oxford, UK.
- Hoekstra, A.Y., Chapagain, A.K., Aldaya, M.M. and Mekonnen, M.M. (2011) *The water footprint assessment manual: Setting the global standard*, Earthscan, London, UK.
- Iglesias A. S. Quiroga y A. Diz (2011) "Looking into the future of agriculture in a changing climate" *European Reviews of Agricultural Economics*, 39, 1-21
- Iglesias A., A. Cancelliere, F. Cubillo, L. Garrote y D.A. Wilhite (2009) "Coping with Drought Risk in Agriculture and Water Supply Systems: *Drought Management and policy Development in the Mediterranean Amsterdam: Springer*."
- IPCC (2007a) "Climate Change 2007. Synthesis report" Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) (2013). Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. *Climate Change 2013: The physical science basis: Final Draft Underlying Scientific-Technical Assessment*. Stockholm, Sweden.
- IPCC, (2007) "Climate Change 2007: The Physical Science Basis". Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. -Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.) Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 996 pp.
- Jablonski, L.M., Wang, X. and Curtis, P.S. (2002) "Plant reproduction under elevated CO₂ conditions: a meta-analysis of reports on 79 crop and wild species". *New Phytologist* 156: 9-26.
- Katz R.W., B.G. Brown (1992) "Extreme events in a changing climate: Variability is more important than averages" *Climate Change*, 21, 289-302
- Kulshreshatha, S.N., y Tewari, D. D. (1991). Value of water in irrigated crop production using derived demand functions: A case study of south Saskatchewan River irrigation district. *Water Resources Bulletin*. 27, 227-236.
- Lobell, D V; M. Burke, C. Tebaldi, M.D. Mastrandrea, W.P. Falcón, L.Rosamond y R.L. Naylor (2008) "Prioritizing climate change adaptation needs for food security in 2030" *Science* 319, 607-10
- Mabey, Nick-, Stephen Hall-, Clare Smith-, y Sujata Gupta-. (1997). "Argument in the greenhouse: the international economics of controlling global warming". *Global Environmental Change Series*.
- Martinez M. y L. Dimas (2007) "Valoración Económica de los Servicios Hidrológicos: Subcuenca del Río Teculután Guatemala" W
- Mas Collel, Andreu, Michael D. Whinston, y Jerry R. Green, (1995) "Microeconomic Theory", New York: Oxford Univ. Press.
- Mekonnen M. y Hoekstra A. (2011), "The water footprint of electricity from Hydropower" UNESCO-IHE Institute for Water Education
- Mendelsohn R., A. Dinar y A. Sanghi (2001) "The effect of development on the climate sensitivity of agriculture". *Environment and Development Economics*, 6, 85-101
- Mendelsohn, R., W. Nordhaus and D. Shaw. 1994. "The Impact of Global Warming on Agriculture: A Ricardian Analysis", *American Economic Review* 84: 753-771.
- Mendelsohn, Robert y Ariel Dinar (2009), "Climate Change and Agriculture: An Economic Analysis of Global Impacts, Adaptation and Distributional Effects", Edward Elgar, octubre.
- Molle, F.; Berkoff, J. 2006. "Cities versus agriculture: Revisiting intersectoral water transfers, potential gains and conflicts". *Comprehensive Assessment Research Report 10*. Colombo, Sri Lanka: Comprehensive Assessment Secretariat.
- Moreno (2005) "La valoración económica de los servicios que brinda la biodiversidad: la experiencia de Costa Rica" Instituto Nacional de Biodiversidad.
- Olesen, J.E., Bindi, M., (2002). "Consequences of climate change for European agricultural productivity, land use and policy". *Eur. J. Agron.* 16, 239-262.

- Pagiola, S.; Agostini, P.; Gobbi, J., de Haan, C.; Ibrahim, M.; Murgiento, E., Ramirez, E.; Rosales, M.; Ruiz, P. 2004. Paying for biodiversity conservation services in agricultural landscapes. In: Environment Department Paper No.96. Washington, D.C. World Bank.
- Papadakis, J. (1980). *El clima. Con especial referencia a los climas de América Latina, Península Ibérica, ex Colonias Ibéricas y sus potencialidades agropecuarias*. Editorial Albatros, Buenos Aires, Argentina.
- Parry M.L, Rosenzweig C, Iglesias A, Livermore M, Fischer G. (2004) "Effects of climate change on global food production under SRES emissions and socio-economic scenarios". *Global Environ. Change*. 2004; 14:53
- Penman, H. (1956). "Evaporation, an introduction survey", *Netherlands Journal of Agricultural Science* Vol. 4, California, EUA.
- Perrier, A. (1984). "Updated evapotranspiration and crop water requirement definitions", en: Perrier, A. y Riou, C. (eds) *Crop Water Requirements (ICID Int. Conf., Paris, Sept. 1984)*. INRA.
- SEMARN, Fundación Sur Futur, CDEEE, INDRHI, INAPA, Programa de la Naciones Unidas para el Desarrollo, Centro para el Desarrollo Agroforestal, Inc. (2011) "ESTUDIO DE VALORACIÓN ECONÓMICA DEL RECURSO HÍDRICO DE LAS CUENCAS ALTAS DE LA PRESA DE SABANA YEGUA, REPÚBLICA DOMINICANA"
- Shiklomanov, I.A. 2000. World water resources and water use: present assessment and outlook for 2005. In F. Rijberman, ed. *World water scenarios: analysis* (Chapter 12). World Water Vision.
- Siebert S. y P. Doll (2007) Irrigation wáter use – Aglobal Perspective. In Lozan J.L. H Grabil P. Hupfer, L Menzel & C-D Schönwiese (eds) *Global Change: Enough Water for all?* Universität Hamburg /GEO 104 – 107
- SIGET (Superintendencia General de Electricidad y Telecomunicaciones) (2013) "Boletín de Estadísticas Eléctricas N° 14, 2012", Gerencia de Electricidad. San Salvador, El Salvador C.A.
- Sivakumar, M.V.K., H.P. Das y O. Brunini (2005) "Impacts of present and future climate variability and change on agriculture and forestry in the arid and semi-arid tropics" *Climate change* 70, 31-72
- Tannehill J.R. (1947) "Drought. Its causes and effects", Princeton N.S. Princeton University Press.
- Thornthwaite, C. (1948). "An approach toward a rational classification of climate". *Geographical Review* Vol. 38, Num. 1.
- Tubiello, F.N., and F. Ewert, (2007) "Simulating the effects of elevated CO2 on crops: Approaches and applications for climate change". *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 104 (50) 19686 – 90
- UNEP (1997): *World Atlas of Desertificati6n*.- 2nd. ed., Editores Middleton
- Vorosmarty CJ, P Green, J Salisbury, and R Lammers (2000) "Global Water Resources: Vulnerability from Climate Change and Population Growth" *Science* 289 pp 284-288.
- Wang, Hua & Lall, Somik, 1999. "Valuing water for Chinese industries : a marginal productivity assessment," Policy Research Working Paper Series 2236, The World Bank.
- Wilhite D.A. y Buchanan – Smith (2005) "Drought as hazard: Understanding the nature and social context" in D. Wilhite (ed) *Drought and Water Crises" Science, Technology and Management Issues*, Boca Raton FL; CRC Press p 3-29
- Wilhite D.A. y Glantz (1985) "Understanding the Drought phenomenon: The role of definitions" *Water International*. 10, 111 – 20
- Yevjevich V. (1967) "An objective approach to definitions and investigations of continental hydrologic droughts" *Hidrology Papers No. 23* Colorado State University. Fort Collins. CO
- Young, R.A. 1996. *Measuring economic benefits for water investments and policies*. World Bank Technical Paper No. 338.
- Young. R. (2005) "Determining the economic value of Water. Concepts and methods. Resources for the Future (RFF)", Washington D.C. , pp. 4-16. Field. B, Field. M. (2005) *Economía Ambiental*. España: McGraw. Hill, p. 556. 3ª ed.







E gwpcam@gwpcentroamerica.org

T (504) 2232-0052 • (504) 2239-0588

D Apdo Postal 4252
Tegucigalpa, Honduras

Con el propósito de contribuir al logro de la seguridad hídrica que permita el desarrollo económico sostenible de la región, GWP Centroamérica gestiona el Programa Agua, Clima y Desarrollo (PACyD), como parte de una iniciativa impulsada por GWP a nivel global.

GWP Centroamérica es una red internacional de organizaciones involucradas en la gestión del agua. Nuestra visión es la de un mundo con seguridad hídrica y nuestra misión es promover la gobernabilidad y gestión de los recursos hídricos para un desarrollo sostenible y equitativo.