



MODELOS DE SIMULACION Y ESCENARIOS CLIMATICOS PARA EL SALVADOR (Nacional, regional y local)

Julio 2017

La elaboración de Los escenarios climáticos para El Salvador, son parte de la información a considerarse en la Tercera Comunicación Nacional de El Salvador ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC). También, su información y resultados serán considerados para la toma de decisiones en el marco de los estudios de vulnerabilidad y adaptación en los diversos sectores del desarrollo económico de El Salvador.

Considerando que no existe un conocimiento absoluto sobre el futuro, las proyecciones de los escenarios climáticos futuros ofrecen posibles alternativas sobre el estado climático de la atmósfera para una región determinada, tomando en cuenta las diversas hipótesis de partida indicadas por el Panel Intergubernamental para el Cambio Climático (IPCC).

Índice de contenido

a) La redacción del Capítulo concerniente a los Escenarios Climáticos de la Tercera Comunicación de El Salvador conteniendo el resumen de la metodología y los escenarios generados, análisis de resultados y las conclusiones de los mismos, además de las recomendaciones para su uso y aplicación posterior.....	6
1. INTRODUCCIÓN.....	6
I. Contexto climático nacional.....	6
II. La variabilidad climática interanual.....	7
2. METODOLOGÍA.....	13
I. Revisión de la información observada disponible.....	13
II. Selección de los modelos del proyecto CMIP5.....	13
3. RESULTADOS.....	15
Precipitación.....	15
Temperatura.....	19
Humedad Relativa.....	23
Presión en Superficie.....	24
Velocidad del Viento.....	25
Dirección del Viento.....	26
CONCLUSIONES.....	27
RECOMENDACIONES.....	28
REFERENCIAS.....	30

Lista de Figuras

Figura 1 Climograma anual de la precipitación (barras grises), temperatura media (línea negra), temperatura máxima (línea roja con puntos blancos) y temperatura mínima (líneas con puntos azules) para las estaciones El Papalón (San Miguel) y Los Andes (Santa Ana). Periodo 1961-1990...	6
Figura 2 Climatología anual de la precipitación en El Salvador para el periodo 1961-1990	8
Figura 3 Comportamiento interanual de la precipitación en la estación Cutuco Fica (La Unión), para el periodo 1961-1990, y donde se ilustra la Sequía de Medio Verano.....	8
Figura 4 Climatología anual de la temperatura media en El Salvador para el periodo 1961-1990	9
Figura 5 Anomalías del porcentaje anual del número de días (days) y noches (nights) cálidas/frescas (warm/cool days), para el periodo 1961-2003. Tomado de Aguilar., et., al., (2003).....	9
Figura 6 Número de Eventos que sobrepasan el umbral de 100 mm acumulados en a) dos días (área azul), b) cinco días y c) 10 días (área en rojo) de lluvias en la estación Ilopango, en El Salvador, durante el periodo 1971-2011. Tomado de MARN, (2013).	10
Figura 7 Infografía sobre la importancia de los escenarios de cambio climáticos futuros y sus diversos procesos y aspectos por involucrar. Elaboración propia.....	12
Figura 8 Cambios porcentuales de la precipitación anual proyectados por el ensamble multimodelo para los periodos 2021-2050: Escenario (a) RCP 2.6 y (b) RCP 8.5; y 2071-2100: Escenario (c) RCP 2.6 y (d) RCP 8.5.	16
Figura 9 Climatologías futuras de la precipitación anual, proyectadas por el ensamble multimodelo para los periodos 2021-2050: Escenario (a) RCP 2.6 y (b) RCP 8.5; y 2071-2100: Escenario (c) RCP 2.6 y (d) RCP 8.5.	16
Figura 10 Comportamiento interanual futuro de la precipitación anual, proyectadas por el ensamble multimodelo para los periodos 2021-2050 (a) y 2071-2100 (b) – Estación A-12 ElPalmar, Santa Ana.	17
Figura 11 Cambios proyectados en la temperatura media anual (°C) por el ensamble multimodelo para los periodos 2021-2050: Escenario (a) RCP 2.6 y (b) RCP 8.5; y 2071-2100: Escenario (c) RCP 2.6 y (d) RCP 8.5.	19
Figura 12 Climatologías futuras de la temperatura media anual, proyectadas por el ensamble multimodelo para los periodos 2021-2050: Escenario (a) RCP 2.6 y (b) RCP 8.5; y 2071-2100: Escenario (c) RCP 2.6 y (d) RCP 8.5	20
Figura 13 Cambios proyectados en la temperatura máxima (°C) por el ensamble multimodelo para los periodos 2021-2050: Escenario (a) RCP 2.6 y (b) RCP 8.5; y 2071-2100: Escenario (c) RCP 2.6 y (d) RCP 8.5.	22
Figura 14 Cambios proyectados en la temperatura mínima del aire (°C) por el ensamble multimodelo para los periodos 2021-2050: Escenario (a) RCP 2.6 y (b) RCP 8.5; y 2071-2100: Escenario (c) RCP 2.6 y (d) RCP 8.5.....	22
Figura 15 Cambios proyectados en la humedad relativa del aire (%) por el ensamble multimodelo para los periodos 2021-2050: Escenario (a) RCP 2.6 y (b) RCP 8.5; y 2071-2100: Escenario (c) RCP 2.6 y (d) RCP 8.5.	23
Figura 16 Cambios proyectados en la presión atmosférica superficial (hPa) para los periodos 2021-2050: Escenario (a) RCP 2.6 y (b) RCP 8.5; y 2071-2100: Escenario (c) RCP2.6 y (d) RCP8.5.....	24
Figura 17 Cambios proyectados en la velocidad media del viento en superficie (m/seg) para los periodos 2021-2050: Escenario (a) RCP 2.6 y (b) RCP 8.5; y 2071-2100: Escenario (c) RCP 2.6 y (d) RCP 8.5.....	25

Figura 18 Cambios proyectados en la dirección del viento en superficie (°) por el ensamble multimodelo para los periodos 2021-2050: (a) Escenario RCP 2.6 y (b) RCP 8.5; y 2071-2100: (c) Escenario RCP 2.6 y (d) RCP 8.5..... 26

Lista de Tablas

Tabla 1. Modelos de Circulación Global seleccionados para la elaboración de los escenarios climáticos	13
Tabla 2. Promedio de los cambios porcentuales de la precipitación (%) bajo los 4 escenarios RCP en los periodos de referencia para El Salvador.....	17
Tabla 3. Promedio de los cambios porcentuales mensuales de la precipitación (%) bajo los 4 escenarios RCP para El Salvador en el periodo 2021-2050. En verde se señalan la mayor coincidencia en los cambios positivos (incrementos) mientras que en naranja son los cambios negativos (disminuciones) en las lluvias.....	18
Tabla 4. Promedio de los cambios porcentuales mensuales de la precipitación (%) bajo los 4 escenarios RCP para El Salvador en el periodo 2071-2100. En verde se señalan la mayor coincidencia en los cambios positivos (incrementos) mientras que en naranja son los cambios negativos (disminuciones) en las lluvias. El color más tenue es indicativo de cambios menos marcados al compararlo con el primer periodo.....	18
Tabla 5. Promedio de las anomalías de la temperatura media (°C) bajo los 4 escenarios RCP en los periodos de referencia para El Salvador.....	21
Tabla 6. Promedio de las anomalías mensuales de la temperatura media (°C) bajo los 4 escenarios RCP para El Salvador en el periodo 2021-2050.....	21
Tabla 7. Promedio de las anomalías mensuales de la temperatura media (°C) bajo los 4 escenarios RCP para El Salvador en el periodo 2071-2100.....	21
Tabla 8 Promedio de las anomalías de la presión atmosférica (hPa) en superficie bajo los 4 escenarios RCP en los periodos de referencia para El Salvador.....	24
Tabla 9 Anomalías promedios de la velocidad del viento bajo los 4 escenarios RCP.....	25

a) La redacción del Capítulo concerniente a los Escenarios Climáticos de la Tercera Comunicación de El Salvador conteniendo el resumen de la metodología y los escenarios generados, análisis de resultados y las conclusiones de los mismos, además de las recomendaciones para su uso y aplicación posterior.

1. INTRODUCCIÓN

I. Contexto climático nacional

De acuerdo a Haggarty (1988) El Salvador tiene un clima tropical con estaciones húmedas y secas pronunciadas, donde los valores de las temperaturas varían principalmente con la elevación y muestran poco cambio estacional. Hacia las tierras bajas o planicies del Pacífico suelen ser uniformemente calientes, mientras que en la meseta central y las zonas de montaña, los valores son menos cálidos (ver Figura 1).

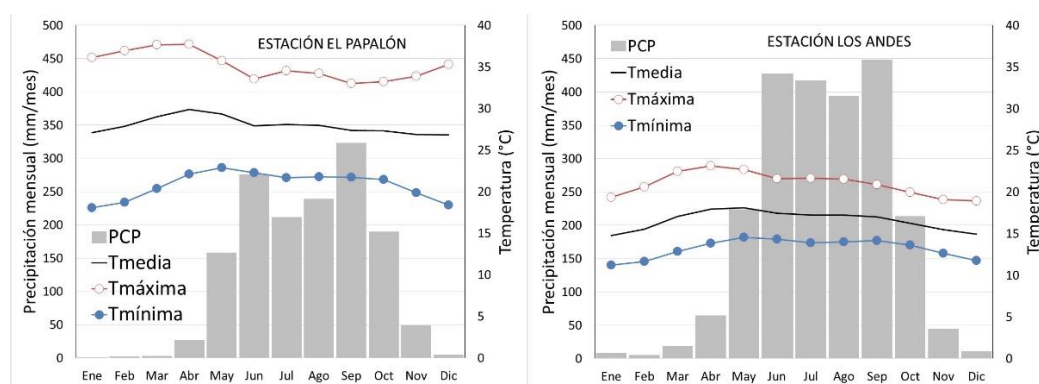


Figura 1 Climograma anual de la precipitación (barras grises), temperatura media (línea negra), temperatura máxima (línea roja con puntos blancos) y temperatura mínima (líneas con puntos azules) para las estaciones El Papalón (San Miguel) y Los Andes (Santa Ana). Periodo 1961-1990.

El régimen climático es influenciado por una serie de sistemas meteorológicos que permiten una particular caracterización de la variabilidad interanual en El Salvador. Estos fenómenos son:

- Los frentes fríos provenientes de América del Norte
- La Zona de Convergencia Inter Tropical (ZCIT)
- Las Ondas del Este, y

- Los Huracanes del Mar Caribe y El Pacífico oriental.

De acuerdo con Aguilar et. al., (2007) el clima de El Salvador “está influenciado principalmente por las aguas adyacentes del océano Pacífico y por sistemas meteorológicos asociados a la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT) y a las Ondas del Este que entran por la zona oriental o bordeándola por el Golfo de Fonseca. La interacción del Golfo de México, el Pacífico Tropical, el Atlántico Tropical y su interacción con la topografía del continente también influyen en forma significativa en el clima de la región (Becker et. al., 2013).

Así también, tanto el clima local como la marcha diurna meteorológica con frecuencia son influenciados directamente por sistemas ciclónicos tropicales migratorios, los cuales se acercan por el este o indirectamente cuando dichos sistemas se desplazan desde el golfo de Honduras hacia el oeste, llegando a atravesar el istmo de Tehuantepec en el sur del golfo de México, en su ruta hacia el océano Pacífico”.

II. La variabilidad climática interanual

Considerando¹ los datos observados del Servicio Meteorológico Nacional de El Salvador para el periodo de referencia 1961-1990, la climatología interanual que predomina en El Salvador es:

La precipitación presenta una distribución de sus valores proporcional al forzamiento orográfico en El Salvador. Temporal y espacialmente en los primeros cuatro meses del año se da un periodo relativamente seco, con valores que no superan los 75mm mensuales y siendo el sur y el oriente del país las regiones con los menores valores (Figura 2). Entre Mayo y Octubre se presenta la temporada de lluvias en El Salvador, con valores mensuales superiores a los 100mm en todo El Salvador, y en el norte del mismo con valores mayores a los 200mm.

Bajo los meses de mayores precipitaciones, es decir entre Junio y Septiembre, se presentan valores entre 200 y 500mm, mientras que en Julio y Agosto se evidencia la Sequía de Medio Verano (“Canícula”) (ver ejemplo en la Figura 3), ya que en estos meses se presentan los mínimos relativos de la temporada de lluvias, con valores mensuales de precipitación entre 100 y 300mm en la mayor parte del país y apenas en algunas zonas puntuales del occidente de El Salvador, ésta alcanza a superar los 400 milímetros. Particularmente, es la porción sur occidente la que presenta mayores precipitaciones, con valores que superan los 2,000mm anuales.

¹ Obtenidos por medio del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales.

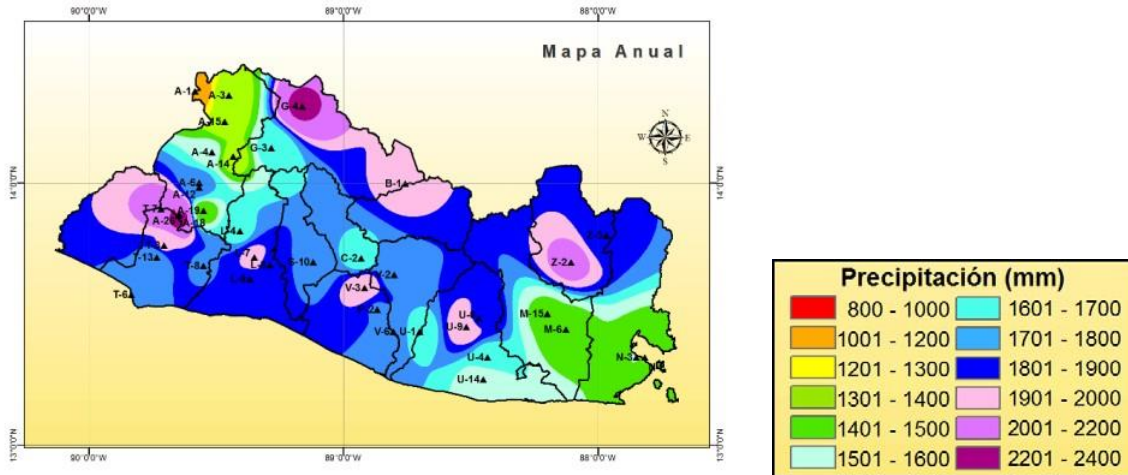


Figura 2 Climatología anual de la precipitación en El Salvador para el periodo 1961-1990.

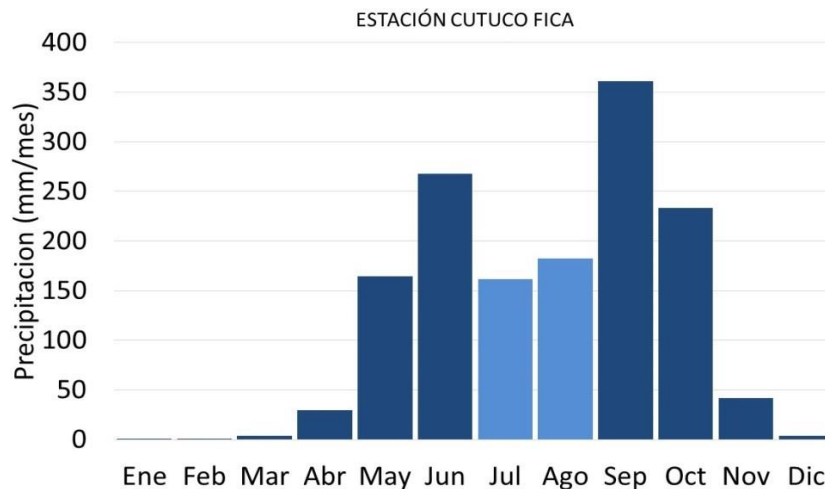


Figura 3 Comportamiento interanual de la precipitación en la estación Cutuco Fica (La Unión), para el periodo 1961-1990, y donde se ilustra la Sequía de Medio Verano.

En el caso de la temperatura presenta cambios poco significativos en su marcha mensual, con excepción de la transición de Mayo a Junio y de Agosto a Septiembre donde hay zonas del país con cambios superiores a los 3°C, con una temperatura media entre los 15 y los 30°C, caracterizándose con valores máximos en Abril y mayo que alcanzan los 19°C y hasta 38°C, mientras que los valores mínimos se presentan en Diciembre y Enero, con valores entre 15 y 28°C (Figura 4). Este mismo patrón lo siguen sus valores extremos tanto mínimos como máximos. Los valores de temperatura suelen apegarse a la orografía, indicando valores relativamente cálidos hacia las partes bajas o costeras, mientras que las planicies de mediana y alta montaña, los valores suelen ser menos cálidos e inclusive fríos.

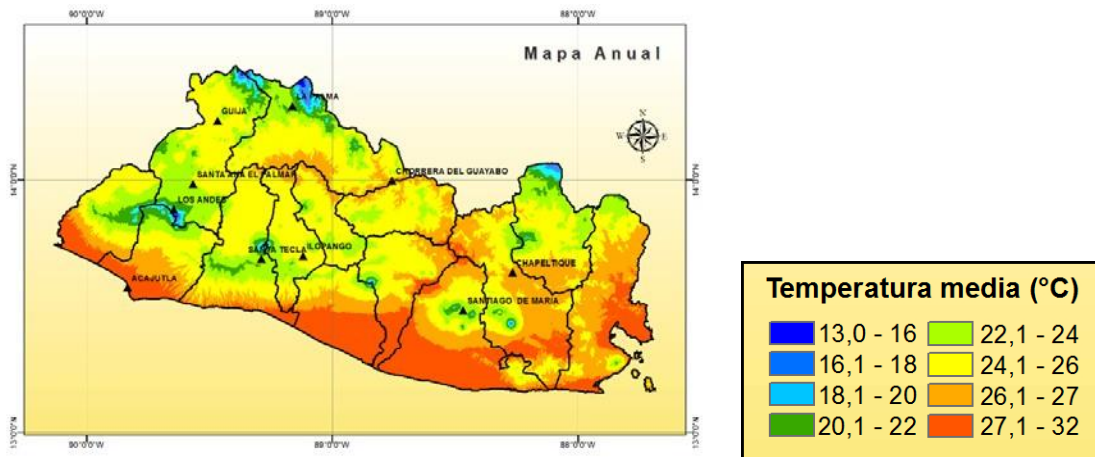


Figura 4 Climatología anual de la temperatura media en El Salvador para el periodo 1961-1990.

Los valores de la Humedad Relativa oscilan entre 50-90% a lo largo del año. Los meses más húmedos se dan entre Mayo y Octubre. Como es de esperarse, entre estos meses se encuentran los que corresponden a la temporada de lluvias. De Junio a Octubre ocurren los mayores valores, los cuales son superiores al 75% en todo el territorio nacional. En la temporada seca, la Humedad Relativa oscila entre el 50-70%, siendo Febrero y Marzo los meses con menores valores.

La Primera Comunicación Nacional sobre Cambio Climático (PCN) de El Salvador presentada en el año 2000, ya indicaba el incremento de los valores de temperatura, y que en términos medios proyectaba un calentamiento del orden de 1.2°C (MAGA, 2000).

Lo anterior, es cónsono con la perspectiva regional centroamericana, la cual incluye a El Salvador, y que presenta una tendencia marcada hacia mayores días y noches más cálidos, implicado a su vez menos noches frescas (ver Figura 5).

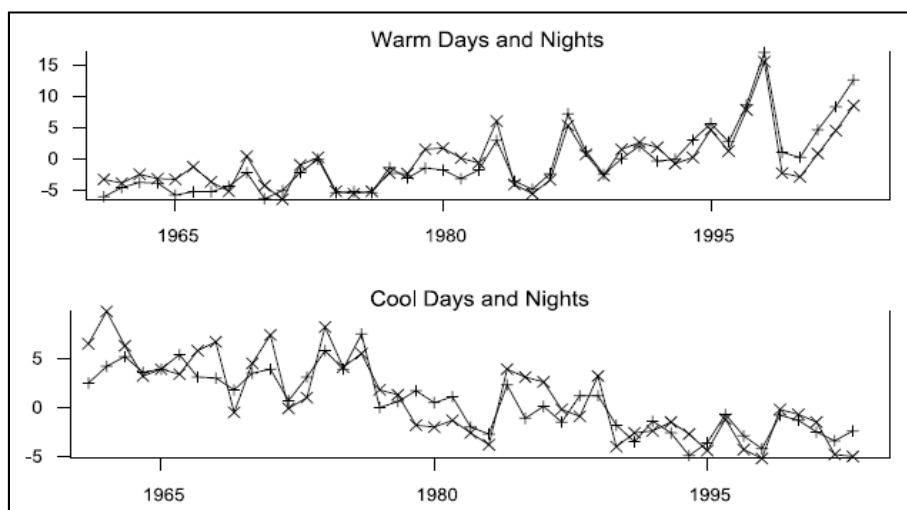


Figura 5 Anomalías del porcentaje anual del número de días (days) y noches (nights) cálidas/frescas (warm/cool days), para el periodo 1961-2003. Tomado de Aguilar., et., al., (2007).

La Segunda Comunicación Nacional presentada en el 2013, indica que el régimen anual de la lluvia tanto espacial como temporalmente, muestra alteraciones en las últimas décadas, asociándolo a desastres ya sea ante la falta o exceso de precipitación.

Particularmente se indica que los años 2010 y 2011 han sido los más lluviosos entre el período 1971-2015, y donde además se menciona ocurrencia de un calentamiento en el agua superficial del mar en el Atlántico Tropical Norte con los valores más altos registrados en los últimos 150 años y, con ello, las temporadas de huracanes en esa región han sido extraordinarias en intensidad y cantidad.

Aguilar et. Al, (2007) indica que el territorio es uno de los más vulnerables del país a los eventos climáticos extremos, debido a las sequías e inundaciones frecuentes. En el caso de las sequías, éstas se presentan anualmente o asociadas a las condiciones del evento El Niño.

El MARN (2013) también señala que las ocurrencias de periodos de sequías está aumentando teniendo evidencia en los años 1994, 1996, 1997, 1998, 1999, 2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2007, 2010 y 2012. Lo anterior, representa un reto adicional para la atención y respuesta ante las emergencias asociadas a eventos extremos. Para el caso de las inundaciones de la última década se les ha relacionado con eventos de El Niño y La Niña (Figura 6).

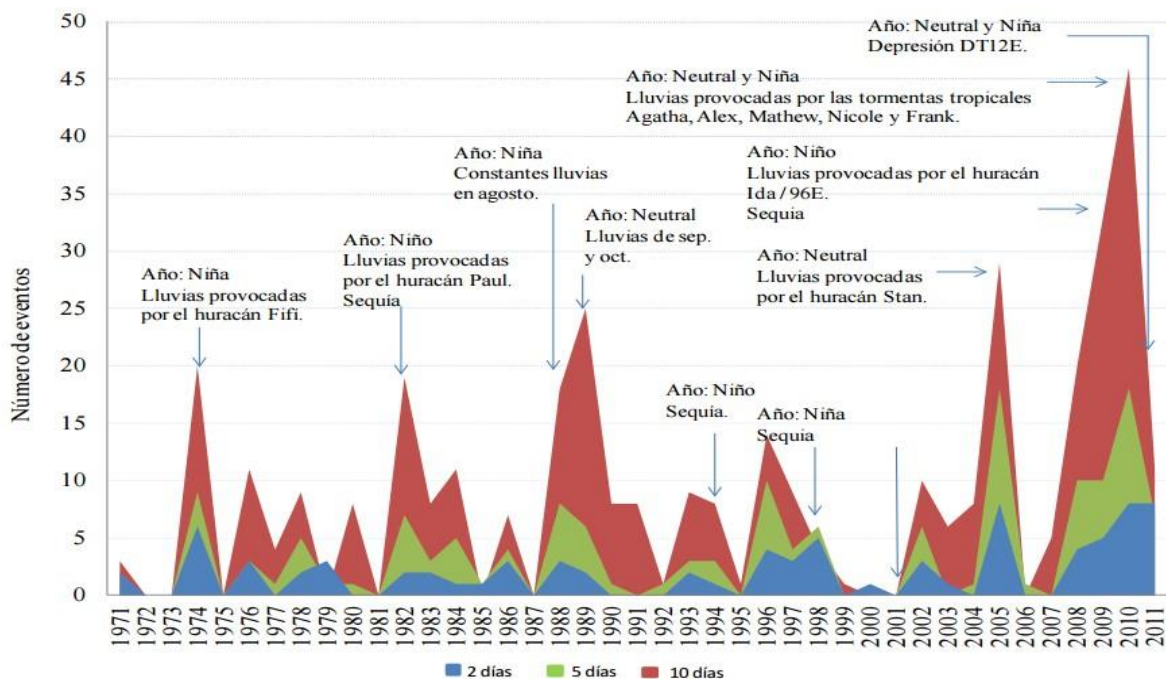


Figura 6 Número de Eventos que sobrepasan el umbral de 100 mm acumulados en a) dos días (área azul), b) cinco días y c) 10 días (área en rojo) de lluvias en la estación Ilopango, en El Salvador, durante el periodo 1971-2011. Tomado de MARN, (2013).

Por lo anterior, entender la variabilidad climática resulta importante para dimensionar de mejor manera los daños e impactos de los fenómenos extremos vistos como amenazas. Desafortunadamente, las condiciones tienden a agravarse e implica un esfuerzo necesario por conocer el panorama a futuro sobre el comportamiento climático en El Salvador, de tal manera que se tengan elementos técnicos y científicos de aporte para la toma de decisiones.

Para ello, la utilización de los Modelos de Circulación General (MCG) es la herramienta principal para generar escenarios climáticos futuros. Su utilización, requiere de una serie de procesos, infraestructura y análisis especializados (Figura 7) con el objetivo de proveer información para la toma de decisiones así como para los estudios de vulnerabilidad que logran identificar medidas de adaptación al cambio climático.

LA IMPORTANCIA DE LOS ESCENARIOS DE CLIMA



Contar con datos, registros e información climática, facilita el entendimiento de la **vulnerabilidad ante el cambio climático** y brinda mayor confianza en la toma de decisiones.



¿Para qué se utilizan?

La atención de la adaptación ante el cambio climático, imprime el reto de **conocer tanto sus efectos actuales como futuros para preparar acciones de intervención**. Para el primer caso, resulta importante conocer la variabilidad climática. Para el segundo, se hace necesaria la elaboración de escenarios de clima futuros

En ambos casos, la **identificación de los peligros asociados** son el insumo principal para planificar acciones de intervención que disminuyan los impactos.

También se contribuye en los análisis de vulnerabilidad que permiten visualizar medidas de adaptación.



¿Quién los utiliza?

Cualquier instrumento de **gestión estratégica** a nivel Regional, Nacional, Departamental o local.

Estrategia nacional de Cambio Climático
Planes sectoriales o Ministeriales
Evaluaciones de **Vulnerabilidad**
Planes municipales



Créditos
Proyecto: Tercera Comunicación Nacional y Reporte de Actualización Bienal
Consultoría: PNUD/MARN - Elaboración de Escenarios de Clima para El Salvador.
Elaborado por: Joel Pérez Fernández, CATHALAC. Julio, 2017.



Figura 7 Infografía sobre la importancia de los escenarios de cambio climáticos futuros y sus diversos procesos y aspectos por involucrar. Elaboración propia.

2. METODOLOGÍA

I. Revisión de la información observada disponible

La información climática observada y utilizada fue a escala mensual para el periodo de referencia 1961-1990. Cada variable contó con al menos el 85% de la información, siendo confiables acorde a la Organización Meteorológica Mundial respecto a las variables de Precipitación, Temperatura Media, Temperatura Máxima, Temperatura Mínima y Humedad Relativa. Para la Presión Atmosférica en superficie y Dirección y Velocidad del Viento, dada su poca disponibilidad nacional, se optó por trabajar con los datos del *Reanálisis* ERA-20CM, los cuales tienen una resolución temporal diaria y mensual así como una resolución espacial de aproximadamente 15Km.

II. Selección de los modelos del proyecto CMIP5

Los Modelos de Circulación General (GCM por su sigla en inglés), son una representación numérica tridimensional de la dinámica atmosférica, y por lo tanto de la circulación general alrededor del planeta. Los GCM representan procesos físicos en la atmósfera, los océanos, la criósfera y en la superficie terrestre, y en la actualidad son la herramienta disponible más avanzada que se tiene para simular la respuesta futura del sistema climático global a los aumentos en los gases efecto invernadero (IPCC, 2013).

Para la selección de los 5 de los 15 mejores GCM seleccionados (Tabla 1), involucré una evaluación respecto a la mejor representación del clima en la zona tropical (IDEAM, 2015). Esta selección se hizo con base en tres métricas: Correlación (medida del grado de ajuste), BIAS o Sesgo (medida de la fiabilidad) y RMSE (medida de la exactitud).

Tabla 1. Modelos de Circulación Global seleccionados para la elaboración de los escenarios climáticos

Modelo	Institución
MRI-CGCM3	MRI – Meteorological Research Institute
HadGEM2-AO	Met Office Hadley Centre
MIROC5	MIROC – Atmosphere and Ocean Research Institute (The University of Tokyo), National Institute for Environmental Studies, and Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology
GFDL-CM3	NOAA-GFDL – NOAA Geophysical Fluid Dynamics Laboratory
CSIRO-Mk3-6-0	CSIRO-QCCCE – Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization, in collaboration with Queensland Climate Change Centre of Excellence

Debido a la resolución que poseen los modelos globales, es necesario realizar un proceso de reducción de escala o downscaling, con el fin de obtener series de datos a una resolución espacial adecuada para generar las proyecciones climáticas.

La Reducción de escala o “downscaling” básicamente se busca reducir la diferencia entre los valores observados y los valores simulados, mediante la aplicación de un factor de ajuste a los datos simulados por los modelos globales. Para su uso, es necesario tener series observadas con al menos 10 años de datos, a fin de obtener promedios multianuales aceptables y coherentes con la variabilidad climática de cada estación.

Así también, para los escenarios climáticos se seleccionó el método de Ensamble de Confiabilidad Ponderada (REA - *Reliability Ensemble Averaging*) (Giorgi & Mearns, 2001; Tebaldi & Knutti, 2007), como un método de ensamble que otorga ponderaciones a los MCG para establecer algún grado de incertidumbre, teniendo en cuenta dos criterios:

- Un criterio de desempeño: Se basa en la capacidad del modelo para reproducir diferentes aspectos del clima presente. En este sentido el modelo que tenga la mejor representación del periodo de referencia tiende a ser el más confiable en las simulaciones de cambio climático.
- Un criterio de convergencia: está basado en los cambios simulados a través de los modelos para un mismo escenario de emisiones, es decir que una mayor convergencia hacia el futuro entre los modelos implica mayor confiabilidad en la señal encontrada.

3. RESULTADOS

A continuación se presentan los resultados obtenidos, en comparación con el periodo de referencia observada de 1961-1990.

Precipitación

- La precipitación a nivel nacional en el **Primer Periodo, es decir, entre 2021-2050, podrá reducirse entre un 10% a 20% ante cualquier escenario RCP, y particularmente, el cambio podrá ser superior al 20% bajo el RCP8.5**, Figura 8 (a) y (b), (Anexo II). Lo anterior, **representaría una reducción de al menos 200 milímetros en todo el país**, Figura 9 (a) y (b) (ver Ejemplo en la Figura 10(a)).
- Ante un análisis decadal, es posible resaltar que:
Bajo el horizonte de 2021-2030, las reducciones de precipitación podrían estar en el orden de entre un 15-25%, siendo las más altas bajo el escenario RCP2.6 (20-25%) y las más bajas bajo el RCP6.0 (15-20%);
(2031-2040), presenta valores de reducción del orden de 10 a 20%, donde los mayores cambios se presentan al oriente de El Salvador y bajo el RCP 8.5;
Hacia el (2041-2050) el orden de la reducción en las lluvias podrá ser de entre un 10% al 20%, similar al periodo anterior.
- Se destaca que **los cambios en el primer periodo, pueden compararse con las variaciones que se presentan producto de la variabilidad climática en El Salvador, así como que dichos cambios, están dentro de lo proyectado por el PICC en el 5AR para regiones tropicales.**
- **El comportamiento para el Segundo periodo, es decir, entre 2071-2100, muestra cambios o disminuciones más acentuadas del orden de un 20 a 26%, siendo más marcados los cambios bajo el RCP 8.5**, Figura 8 (c) y (d).
- Analizándolo por década, se destaca que:
Para el periodo de 2071-2080, los cambios o reducciones son del orden de 15-25%, siendo los más altos bajo los RCP 6.0 y 8.5 (20-25%).
La década 2081-2090, las reducciones se sitúan entre 20% al 30%, siendo mayores bajo la condición más extrema de los RCP.
Finalmente, en la última década del siglo XXI (2091-2100), los cambios proyectados en la precipitación son del orden de entre 20%-35%.
- **El comportamiento de los cambios en la precipitación, será más marcado e intenso en comparación con el primer periodo. Estas reducciones porcentuales representan, hacia finales de siglo, disminuciones de la precipitación de por lo menos mínimo 300 milímetros, especialmente al oriente del país**, Figura 9 (c) y (d) (ver Ejemplo en la Figura 10(b)).

En la Tabla 2 se aprecian los cambios promedios para todo el país que se proyectan para el campo de la precipitación anual en los periodos analizados.

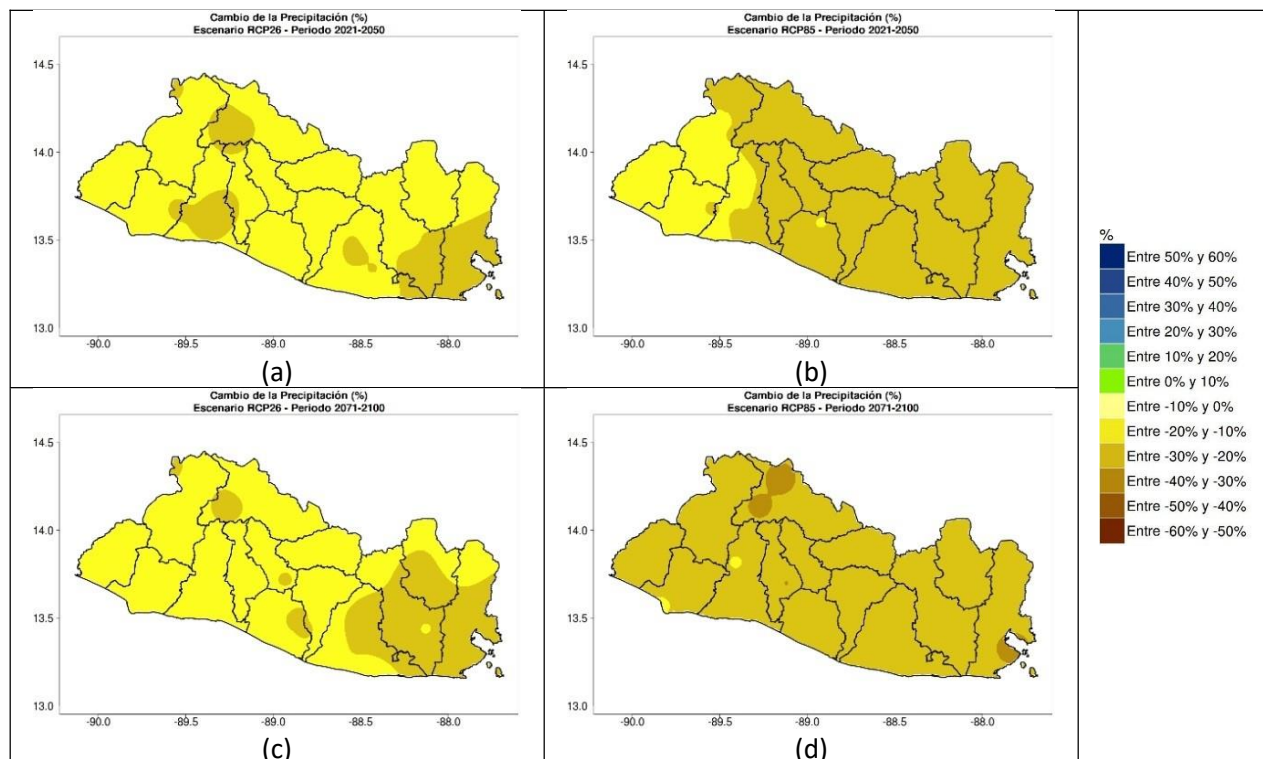


Figura 8 Cambios porcentuales de la precipitación anual proyectados por el ensamble multimodelo para los periodos 2021-2050: Escenario (a) RCP 2.6 y (b) RCP 8.5; y 2071-2100: Escenario (c) RCP 2.6 y (d) RCP 8.5.

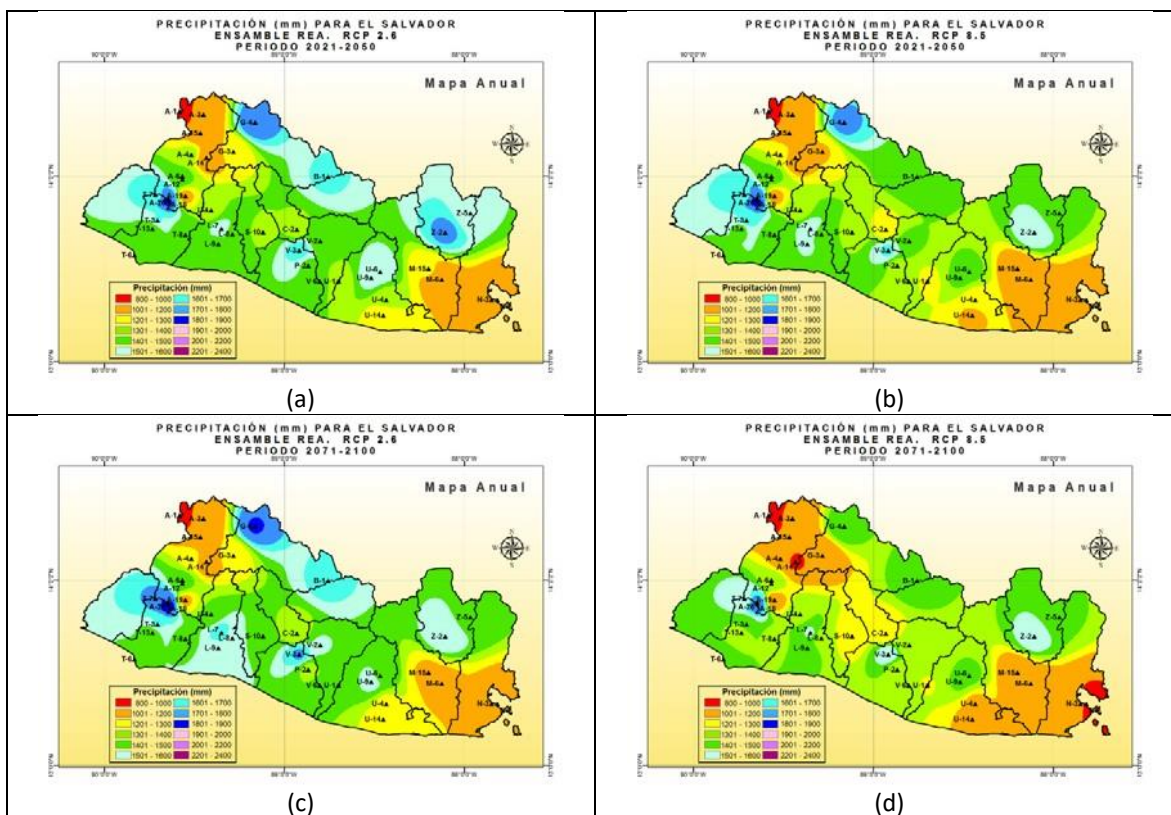


Figura 9 Climatologías futuras de la precipitación anual, proyectadas por el ensamble multimodelo para los periodos 2021-2050: Escenario (a) RCP 2.6 y (b) RCP 8.5; y 2071-2100: Escenario (c) RCP 2.6 y (d) RCP 8.5.

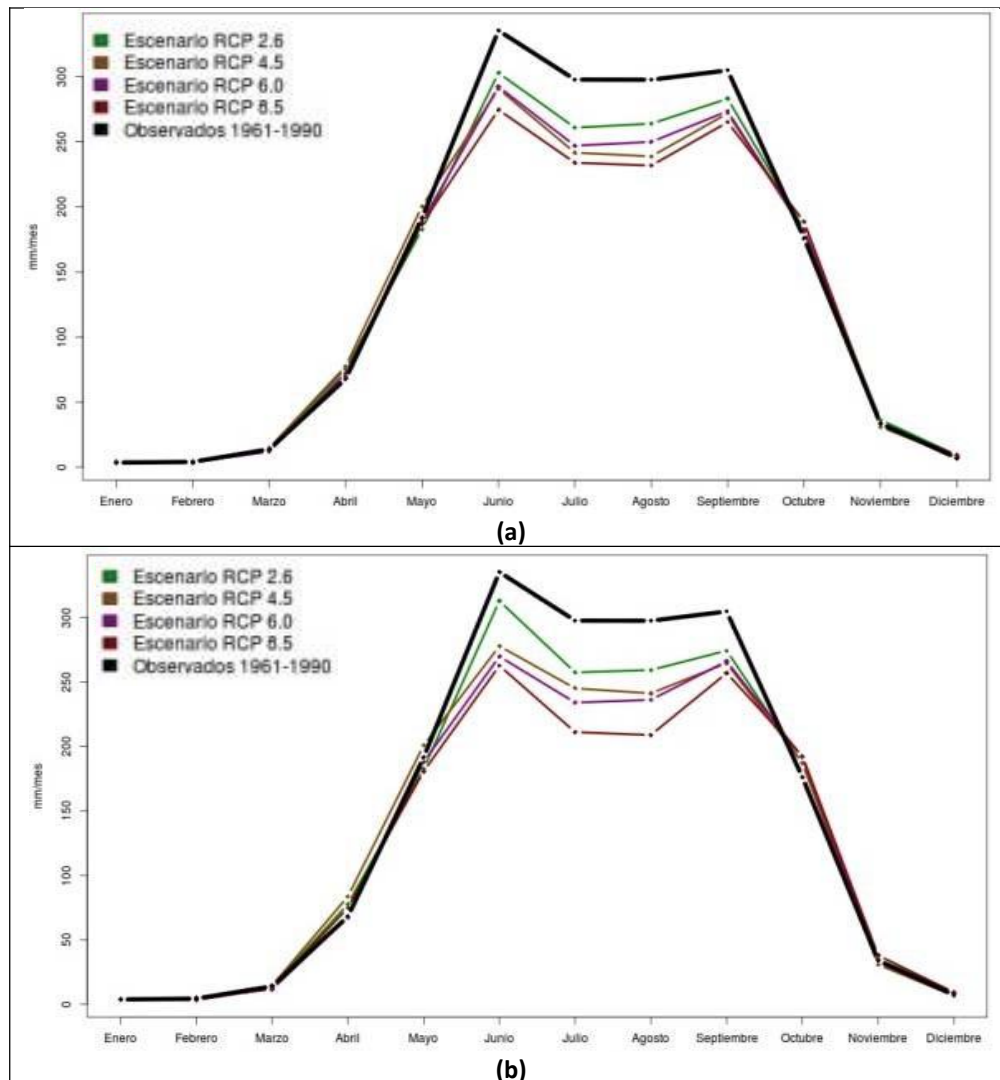


Figura 10 Comportamiento interanual futuro de la precipitación anual, proyectadas por el ensamble multimodelo para los períodos 2021-2050 (a) y 2071-2100 (b) – Estación A-12 El Palmar, Santa Ana.

Tabla 2. Promedio de los cambios porcentuales de la precipitación (%) bajo los 4 escenarios RCP en los periodos de referencia para El Salvador.

Escenario	Periodos							
	Periodos		Primer periodo (decadal)			Segundo periodo (decadal)		
	2021-2050	2071-2100	2021-2030	2031-2040	2041-2050	2071-2080	2081-2090	2091-2100
RCP 2.6	-19,4	-18,7	-23,9	-16,9	-17,5	-16,7	-20,2	-18,7
RCP 4.5	-18,7	-20,8	-18,7	-19,6	-20,3	-23,0	-20,9	-17,5
RCP 6.0	-20,1	-21,8	-19,3	-20,1	-21,0	-22,9	-18,8	-23,7
RCP 8.5	-21,2	-24,9	-20,2	-21,5	-22,2	-23,5	-26,0	-25,5

- Los cambios interanuales muestran un comportamiento hacia los incrementos en la precipitación, con muchas probabilidades de que se aumenten los eventos extremos.
- A nivel mensual, considerando el Primer periodo, dentro de la estación seca (comprendiendo meses de Diciembre, Enero y Abril, específicamente), podrán presentarse incrementos de precipitación superiores al 10% en la mayor parte del territorio nacional.
- Por otro lado, dentro de la estación lluviosa (entre los meses de Mayo a Octubre), los cambios muestran disminuciones en las lluvias del orden de 10-20%. Se destaca que los cambios que podrán presentarse mayormente se establecen en los meses de Julio (intensificación de la canícula), Agosto e incluso Septiembre (Tabla 3).

Tabla 3. Promedio de los cambios porcentuales mensuales de la precipitación (%) bajo los 4 escenarios RCP para El Salvador en el periodo 2021-2050. En verde se señalan la mayor coincidencia en los cambios positivos (incrementos) mientras que en naranja son los cambios negativos (disminuciones) en las lluvias.

Escenario	Mes											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
RCP 2.6	33,7	-5,1	-9,6	10,5	-6,2	-10,0	-16,3	-15,1	-14,6	1,8	2,0	21,9
RCP 4.5	18,0	1,6	-1,3	5,6	1,6	-10,7	-13,2	-21,2	-16,9	2,8	-5,8	27,7
RCP 6.0	11,2	-13,9	-13,1	27,4	-4,3	-6,4	-15,1	-19,7	-16,6	-1,1	-5,6	0,7
RCP 8.5	11,6	-8,6	-3,7	2,1	0,3	-11,3	-18,0	-19,1	-16,4	2,1	-8,7	32,2

- Para el segundo periodo, es decir, 2071-2100, si bien la tendencia de aumento de la precipitación (hasta un 27%) en los meses considerados como secos, en particular los meses de Diciembre, Enero y Abril, el rango de cambio es menor e incluso algunos RCP ya indican cambios negativos o disminuciones de hasta un 7%.
- En los meses de la estación lluviosa (junio-julio-agosto-septiembre) la tendencia de reducción de las lluvias mensuales tienden a acentuarse aún más, donde los RCP8.5 indican cambios negativos o disminuciones de hasta 35.4%, particularmente en el mes de Agosto (Tabla 4).

Tabla 4. Promedio de los cambios porcentuales mensuales de la precipitación (%) bajo los 4 escenarios RCP para El Salvador en el periodo 2071-2100. En verde se señalan la mayor coincidencia en los cambios positivos (incrementos) mientras que en naranja son los cambios negativos (disminuciones) en las lluvias. El color más tenue es indicativo de cambios menos marcados al compararlo con el primer periodo.

Escenario	Mes											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
RCP 2.6	12,4	-15,0	-3,7	21,2	-6,5	-8,8	-11,7	-18,7	-16,4	6,8	7,1	24,7
RCP 4.5	17,4	20,7	0,9	24,3	2,4	-17,4	-15,8	-25,3	-20,7	2,5	-5,8	-7,4
RCP 6.0	25,7	3,7	-12,7	0,7	-5,2	-18,3	-21,2	-24,5	-20,4	4,5	5,2	2,7
RCP 8.5	-3,9	-23,2	-9,1	11,3	-7,0	-25,3	-31,2	-35,4	-29,6	6,5	10,3	26,8

Temperatura

- La temperatura media y mínima presentarán aumentos en los periodos 2021-2050 y 2071-2100 bajo todos los escenarios RCP. Lo anterior, podrá involucrar cambios de entre 1°C y 3°C y hasta 4.5° C hacia finales del siglo. Se destaca que dicho comportamiento resulta similar a los cambios esperados por el PICC.
- Para el primer periodo (2021-2050), los valores de la temperatura podrán incrementarse entre 1°C y 2°C, coincidiéndose en todos los RCP. Figura 11 (a) y (b). Se resalta que estos cambios tendrá un efecto directo en la temperatura de la costa pacífica y una gran parte del oriente de El Salvador donde los valores podrán superar los 27°C, Figura 12 (a) y (b).
- A nivel decadal se tiene que:
Para el 2021-2030 y 2031-2041 los aumentos de temperatura podrían ser entre 0,7°C y 1.5°C, siendo muy similares bajo todos los escenarios y destacando que los mayores cambios se dan ante el escenario RCP 8.5. La última década de este periodo (2041-2050), presenta los mayores cambios en la temperatura con valores de entre 1,5°C y 2°C, ocurriendo los valores más altos en el oriente de El Salvador bajo el RCP 8.5.
- Para el segundo periodo (2071-2100), la temperatura media tendrá mayores aumentos, con valores que oscilan entre 1,5°C y hasta 4,5°C, con los incremento más altos (superiores a 3°C) bajo el escenario RCP 8.5, Figura 11 (c) y (d). Este cambio implica que el 90% del territorio nacional presentará valores medios en la temperatura superiores a los 27°C, Figura 12 (c) y (d).

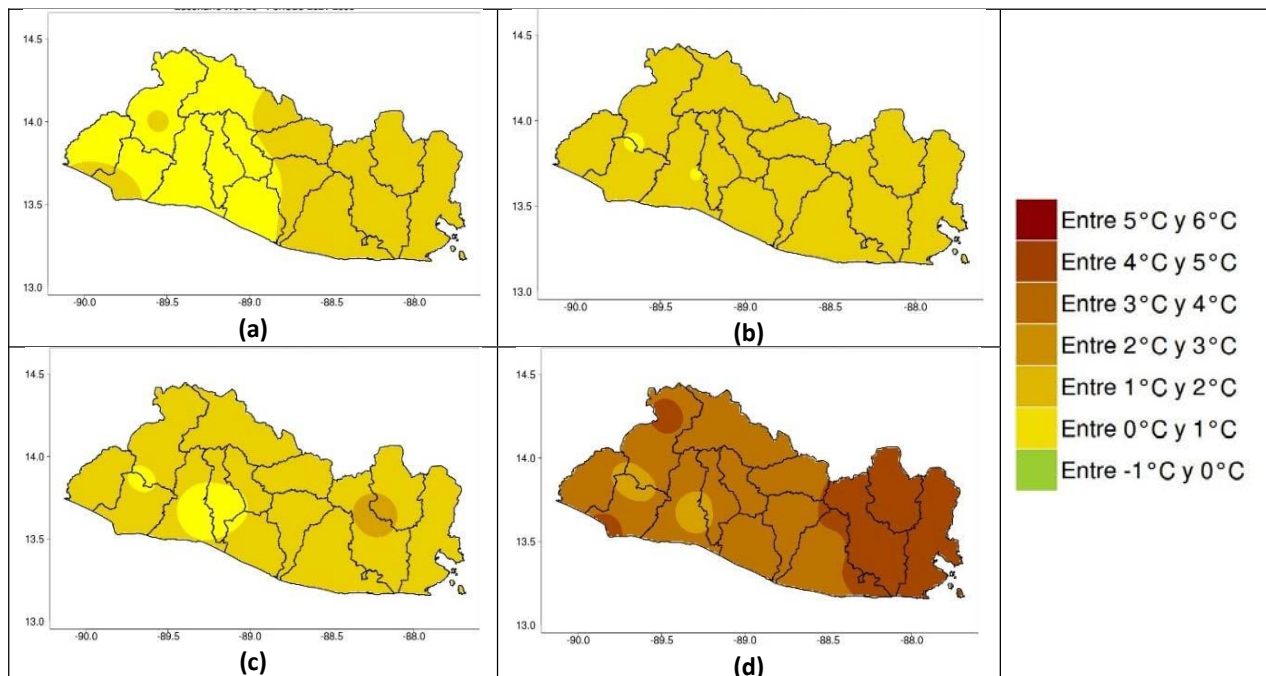


Figura 11 Cambios proyectados en la temperatura media anual (°C) por el ensamble multimodelo para los periodos 2021-2050: Escenario (a) RCP 2.6 y (b) RCP 8.5; y 2071-2100: Escenario (c) RCP 2.6 y (d) RCP 8.5.

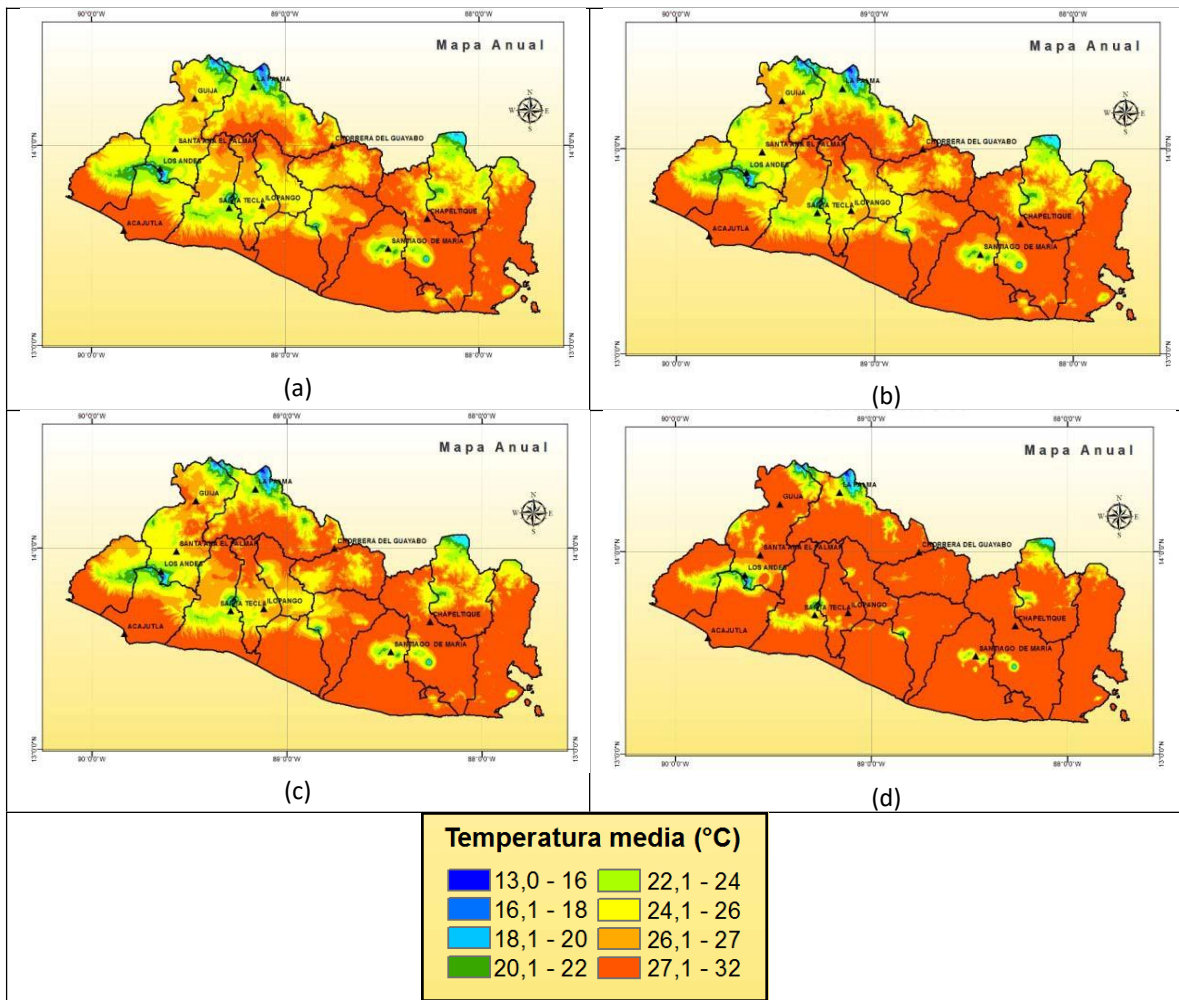


Figura 12 Climatologías futuras de la temperatura media anual, proyectadas por el ensamble multimodelo para los períodos 2021-2050: Escenario (a) RCP 2.6 y (b) RCP 8.5; y 2071-2100: Escenario (c) RCP 2.6 y (d) RCP 8.5.

- Para la primera década del segundo periodo (2071-2080) los aumentos de temperaturas podrán variar entre 1°C y 1,5°C y hasta 2,5°C a 3,5°C. En las décadas 2081-2090 y 2091-2100 la variación aumentará de entre 2,5°C y 4,5°C, con énfasis en el oriente del territorio de El Salvador.

En la Tabla 5 se presentan los valores de las anomalías promedio de la temperatura del aire para todo el país, con referencia a los diferentes horizontes de tiempo analizados.

Tabla 5. Promedio de las anomalías de la temperatura media (°C) bajo los 4 escenarios RCP en los periodos de referencia para El Salvador.

Escenario	Periodos								
	2021-2050	2071-2100	2021 - 2030	2031-2040	2041-2050	2071-2080	2081-2090	2091-2100	
RCP 2.6	1,0	1,3	1,0	0,9	1,1	1,3	1,2	1,4	
RCP 4.5	1,2	2,2	0,9	1,3	1,5	1,9	2,1	2,2	
RCP 6.0	1,0	2,3	0,8	0,9	1,3	1,7	2,1	2,3	
RCP 8.5	1,3	3,7	1,0	1,3	1,7	2,6	3,2	3,7	

A nivel mensual, para el periodo 2021-2050 los cambios son muy similares para todos los meses (entre 1-1,5°C) (Tabla 6), mientras que para 2071-2100 los meses con mayores incrementos serían Julio, Agosto y Septiembre bajo el RCP 8.5, con valores superiores a los 4°C (Tabla 7).

Tabla 6. Promedio de las anomalías mensuales de la temperatura media (°C) bajo los 4 escenarios RCP para El Salvador en el periodo 2021-2050.

Escenario	Mes											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
RCP 2.6	1,1	1,2	1,1	1,2	1,1	1,1	1,2	1,2	1,1	1,0	1,0	1,1
RCP 4.5	1,3	1,3	1,4	1,4	1,2	1,2	1,3	1,4	1,3	1,2	1,2	1,3
RCP 6.0	1,1	1,0	1,1	1,1	1,0	1,0	1,2	1,3	1,2	1,1	1,1	1,1
RCP 8.5	1,4	1,4	1,5	1,5	1,3	1,3	1,5	1,6	1,5	1,3	1,3	1,3

Tabla 7. Promedio de las anomalías mensuales de la temperatura media (°C) bajo los 4 escenarios RCP para El Salvador en el periodo 2071-2100.

Escenario	Mes											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
RCP 2.6	1,5	1,4	1,5	1,5	1,5	1,5	1,6	1,6	1,5	1,3	1,3	1,3
RCP 4.5	2,2	2,1	2,4	2,4	2,3	2,4	2,5	2,6	2,4	2,2	2,1	2,2
RCP 6.0	2,2	2,3	2,5	2,5	2,4	2,5	2,7	2,7	2,6	2,3	2,2	2,2
RCP 8.5	3,5	3,5	3,8	3,8	3,8	3,9	4,3	4,4	4,2	3,6	3,5	3,6

- La temperatura máxima mostrará las mayores razones de cambio, con una distribución espacial similar que los valores medios y mínimos. Sin embargo, hacia finales de siglo podrán presentarse valores de entre 1.5°C y mayores a 5°C bajo condiciones del escenario RCP8.5. Figura 13.
- La temperatura mínima proyecta incrementos en los periodos 2021-2050 y 2071-2100 bajo todos los escenarios de emisiones RCP. En el primer periodo (2021-2050), ésta se incrementaría de 1 a 1.5°C en los 4 escenarios RCP, Figura 14 (a) y (b). Hacia finales de siglo se esperan los mayores aumentos en un rango de 3.5-4.5°C en el escenario RCP 8.5. Figura 14 (c) y (d).

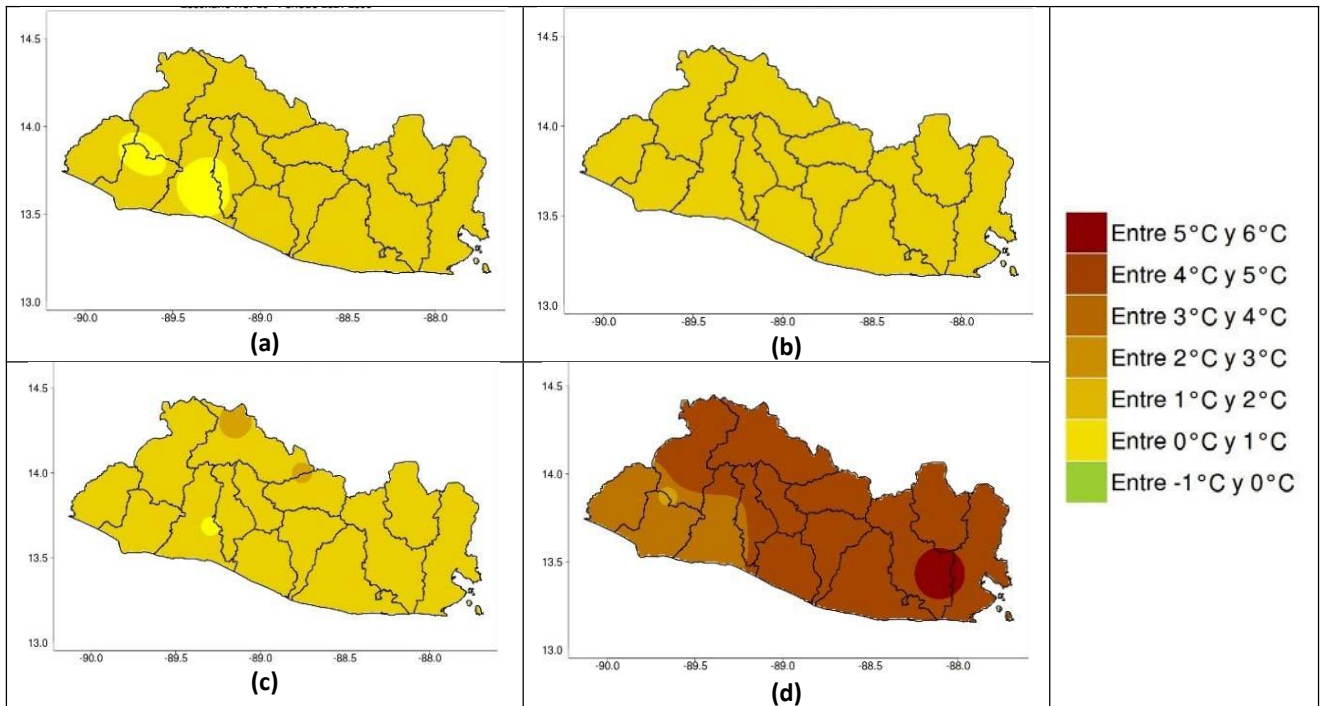


Figura 13 Cambios proyectados en la temperatura máxima (°C) por el ensamble multimodelo para los períodos 2021-2050: Escenario (a) RCP 2.6 y (b) RCP 8.5; y 2071-2100: Escenario (c) RCP 2.6 y (d) RCP 8.5.

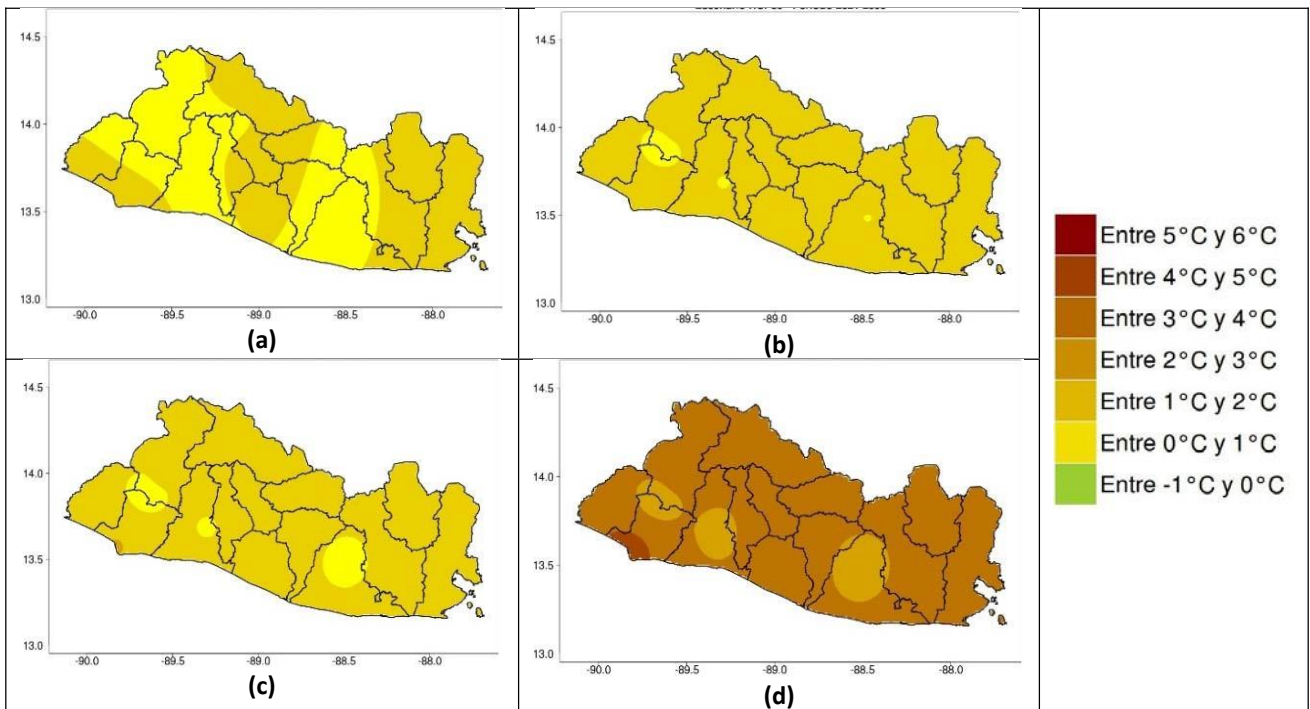


Figura 14 Cambios proyectados en la temperatura mínima del aire (°C) por el ensamble multimodelo para los períodos 2021-2050: Escenario (a) RCP 2.6 y (b) RCP 8.5; y 2071-2100: Escenario (c) RCP 2.6 y (d) RCP 8.5.

Humedad Relativa

- En todos los periodos de análisis, se mantiene la tendencia de reducciones bajo todos los escenarios RCP, en comparación con sus valores para el periodo de línea base 1961-1990. Sin embargo, se considera que dichos cambios no son significativos (debido a que los rangos de cambios no sobrepasan el 4%). Figura 15 (a) y (b).

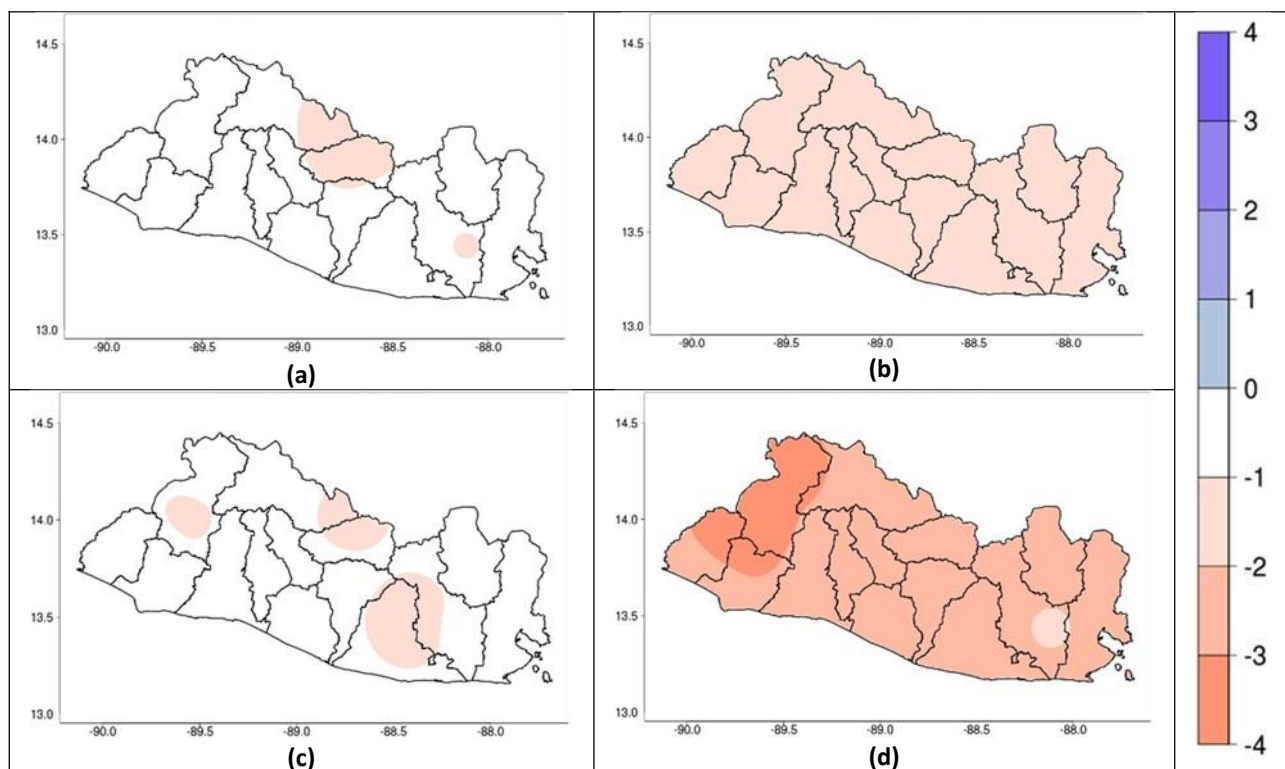


Figura 15 Cambios proyectados en la humedad relativa del aire (%) por el ensamble multimodelo para los periodos 2021-2050: Escenario (a) RCP 2.6 y (b) RCP 8.5; y 2071-2100: Escenario (c) RCP 2.6 y (d) RCP 8.5.

Presión en Superficie

Al igual que la humedad relativa, la **presión en superficie presenta cambios poco significativos en los periodos analizados 2021-2050 y 2071-2100 bajo todos los escenarios RCP**. En el primer periodo (2021-2050), esta variable se incrementaría en máximo 0,75hPa, Figura 16 (a) y (b). **La presión en superficie muestra una tendencia hacia el aumento, aunque en ninguno de los periodos futuros sobrepasa los 2 hPa** Figura 16 (d), y este incremento se ve marcado en la parte norte del territorio de El Salvador.

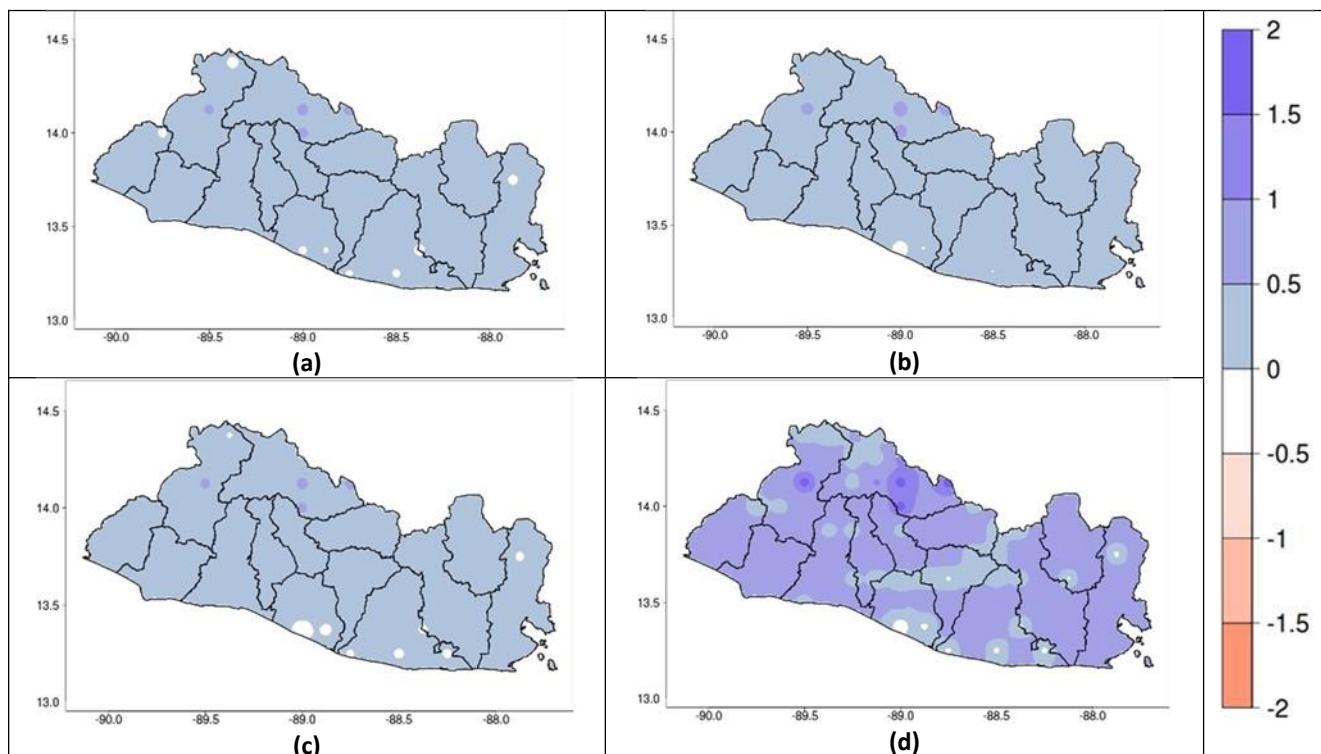


Figura 16 Cambios proyectados en la presión atmosférica superficial (hPa) para los periodos 2021-2050: Escenario (a) RCP 2.6 y (b) RCP 8.5; y 2071-2100: Escenario (c) RCP2.6 y (d) RCP8.5.

En la Tabla 8 se presentan los valores de las anomalías promedio de la presión atmosférica para todo el país que se darían en los periodos analizados.

Tabla 8 Promedio de las anomalías de la presión atmosférica (hPa) en superficie bajo los 4 escenarios RCP en los periodos de referencia para El Salvador.

Escenario	Periodos								
	2021-2050	2071-2100	2021 - 2030	2031-2040	2041-2050	2071-2080	2081-2090	2091-2100	
RCP 2.6	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	
RCP 4.5	0,2	0,3	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	
RCP 6.0	0,2	0,4	0,2	0,2	0,2	0,3	0,4	0,4	
RCP 8.5	0,2	0,7	0,1	0,2	0,3	0,5	0,6	0,7	

Velocidad del Viento

- La velocidad del viento, al igual que la humedad relativa y la presión en superficie, **presenta cambios poco significativos en los periodos 2021-2050 y 2071-2100 bajo todos los escenarios RCPs. Según el escenario, esta variable presenta aumentos o reducciones en cada periodo, aunque en la mayoría de escenarios y periodos analizados la tendencia es hacia la reducción.** Para el primer periodo (2021-2050), esta variable probablemente presente cambios del orden de 0,05m/s. A finales de siglo XXI (periodo 2071-2100), la velocidad del viento presentaría reducciones de máximo 0,05 m/s bajo los RCP 2.6, 4.5 y 6.0, e incrementos en el centro y occidente del país bajo el RCP 8.5, con valores del mismo orden (0,05m/s) (Figura 17).

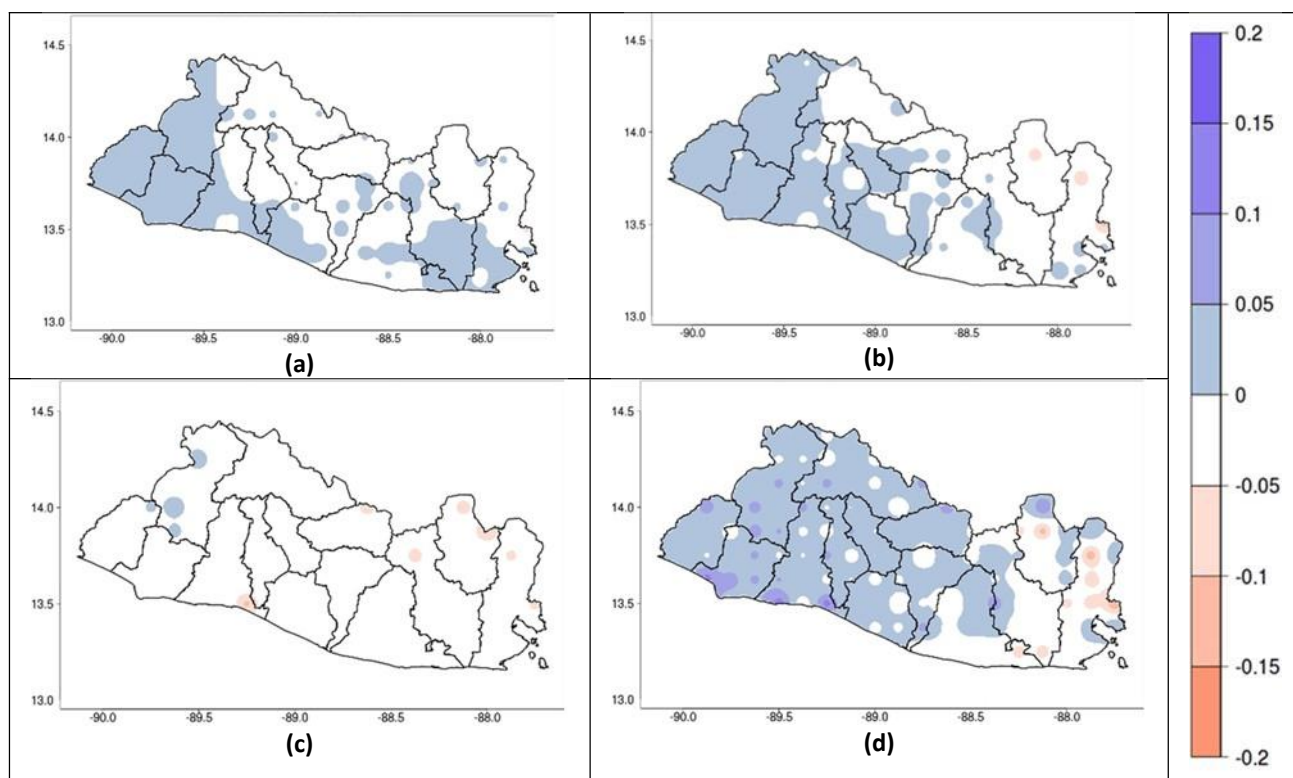


Figura 17 Cambios proyectados en la velocidad media del viento en superficie (m/seg) para los periodos 2021-2050: Escenario (a) RCP 2.6 y (b) RCP 8.5; y 2071-2100: Escenario (c) RCP 2.6 y (d) RCP 8.5.

Las anomalías promedio de la velocidad media del viento se presentan en la Tabla 9.

Tabla 9 Anomalías promedios de la velocidad del viento bajo los 4 escenarios RCP.

Escenario	Periodos								
	2021-2050	2071-2100	2021 - 2030	2031-2040	2041-2050	2071-2080	2081-2090	2091-2100	
RCP 2.6	0,00	-0,02	0,00	-0,01	0,01	-0,01	-0,03	-0,01	
RCP 4.5	-0,03	-0,03	-0,01	-0,04	-0,06	-0,05	-0,03	-0,01	
RCP 6.0	0,00	-0,01	0,01	-0,01	-0,01	-0,01	0,00	-0,01	
RCP 8.5	0,00	0,01	0,02	-0,01	-0,02	0,02	0,01	0,01	

Dirección del Viento

- La dirección del viento en El Salvador es predominantemente hacia el Suroeste a lo largo del año, y bajo escenarios de cambio climático, **presentaría pocos cambios significativos en los periodos 2021-2050 y 2071-2100 bajo todos los escenarios RCPs**, al igual que la velocidad del viento. Según cada escenario, esta variable presenta cambios positivos (incrementos en grados que llevarían a cambiar la dirección hacia Oeste) o negativos (reducciones que llevarían a cambiar la dirección hacia Sur) en cada periodo, aunque en la mayoría de escenarios y periodos la tendencia es de un leve cambio negativo (Figura 18).

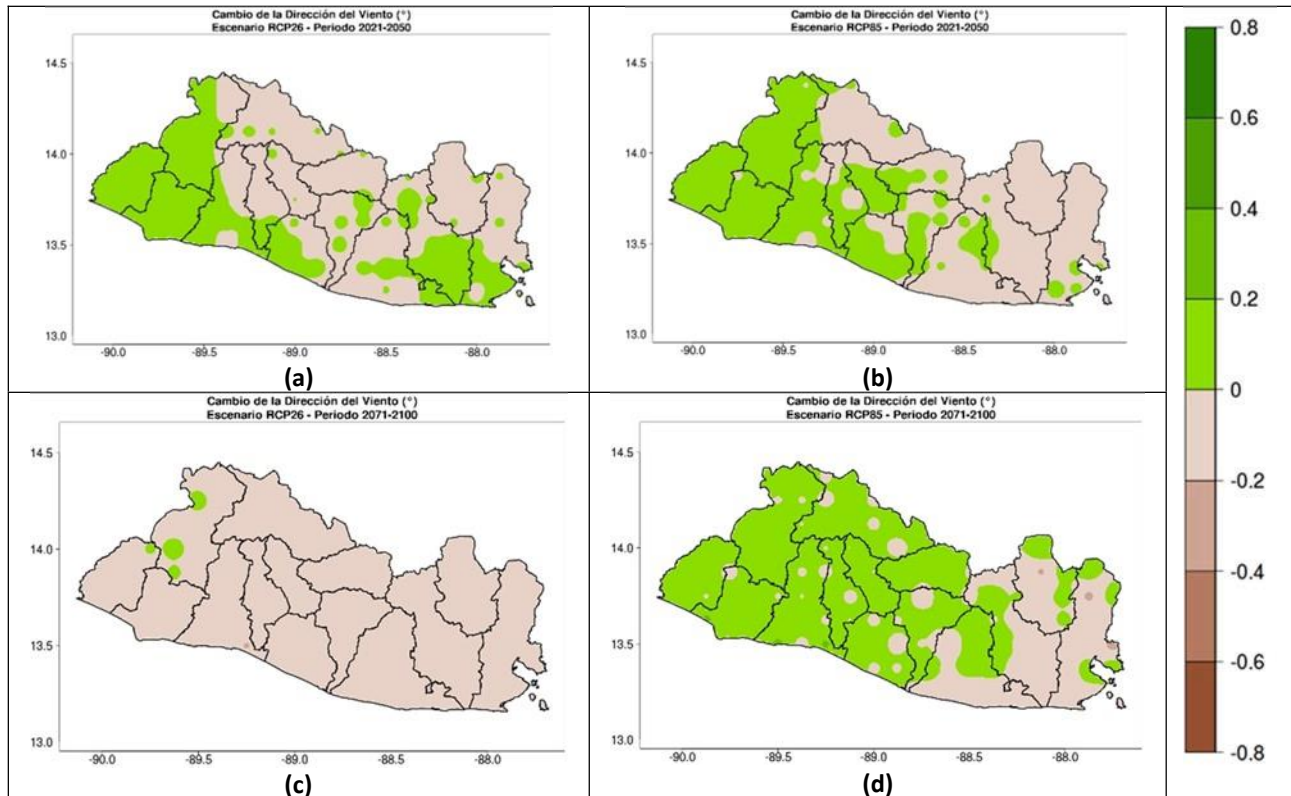


Figura 18 Cambios proyectados en la dirección del viento en superficie (°) por el ensamble multimodelo para los periodos 2021-2050: (a) Escenario RCP 2.6 y (b) RCP 8.5; y 2071-2100: (c) Escenario RCP 2.6 y (d) RCP 8.5.

CONCLUSIONES

- La cantidad de estaciones con datos mensuales observados, confiables y suficientes (al menos con el 85% de información), para el periodo de referencia 1961-1990 utilizados para la generación de las proyecciones climáticas, si bien presentaron una distribución espacial adecuada para el estudio, no fue la suficiente como para llegar a un análisis mucho más detallado de los posibles cambios en el clima.
- **Para todas las variables no se contó con datos observados en la costa.** En el caso de las temperaturas y la humedad relativa no se contó con información observada suficiente para el oriente y parte del centro del país, y esto genera incertidumbre para estas zonas en las que no se tienen datos. Únicamente en el caso de la precipitación se contó con una densidad de estaciones adecuada para el área de estudio, aunque con faltantes importantes de estaciones en los departamentos de: San Salvador, Cuscatlán, Cabañas, Morazán, San Miguel, La Unión y Ahuachapán.
- Los datos futuros del ensamble multimodelo *Per se* presentan tendencias para cada uno de los escenarios. En el caso de las temperaturas media, máxima y mínima, todas presentan tendencias al aumento, siendo la magnitud del cambio más marcado para el periodo 2071-2100. Bajo el escenario “más bajo en emisiones” (RCP 2.6), el aumento de las temperaturas oscila entre 1 y 1,5°C, mientras que para el escenario “más alto en emisiones” (RCP 8.5), el cambio que podría darse se encuentra entre 1 y 4°C para la temperatura media, entre 1,5 y 4,5°C para la temperatura máxima y entre 1 y 3,5°C para la temperatura mínima. En la mayoría de los casos, los mayores incrementos de estas temperaturas se presentarían al oriente del país.
- Por otra parte, para la precipitación, la tendencia para todo el territorio nacional es a que se presenten reducciones que superan el 10%, y bajo el escenario “alto en emisiones” (RCP 8.5), la magnitud de los valores sobrepasarían el 20% en la mayor parte del país, lo cual equivaldría a una reducción de al menos 200 milímetros en todo el país. En la últimas dos décadas del presente siglo (2081-2090 y 2091-2100), es probable que la reducción de los totales anuales de precipitación sea mayor al 25%, es decir al menos una reducción de 300 milímetros en el territorio nacional.
- La humedad relativa, la presión en superficie, la dirección y la velocidad del viento es muy probable que presenten cambios poco significativos en los dos periodos analizados. Si bien en magnitud estos cambios no son muy altos, habría que analizar con mayor detalle aquellas zonas de El Salvador que podrían ser vulnerables a estos pequeños cambios de dichas variables, con el fin de estudiar su impacto y las medidas pertinentes de adaptación a tomar.
- Este comportamiento proyectado por el ensamble multimodelo bajo los cuatro escenarios RCP del AR5 para la precipitación y las temperaturas media, máxima y mínima pone en alerta sobre el impacto que podría darse en los ecosistemas, los sistemas socioeconómicos y los diversos sectores, ya que, una reducción de las precipitaciones podría traer problemas en los recursos hídricos del país, así como el incremento de las temperaturas traerían mayores riesgos en la salud, la seguridad energética, la seguridad hídrica y la seguridad alimentaria de las personas, entre otras implicaciones.

RECOMENDACIONES

1. **Aumentar el conocimiento y dominio de la incertidumbre asociada en los escenarios de clima futuro.** Se debe tener una claridad sobre los escenarios RCP, y particularmente sus usos y límites. Los escenarios no son ni predicciones ni recomendaciones políticas. Fueron diseñados y seleccionados para contar con una amplia gama de posibles resultados climáticos de acuerdo a ciertas condiciones que podrían darse hacia el futuro.
2. **Fomentar las ventajas, limitaciones y retos que se presentan en la información de los escenarios de clima.** Se hace énfasis en que estos escenarios RCP no deberían ser tratados como escenarios definitivos de un solo conjunto de políticas, desarrollos socioeconómicos y avances tecnológicos; por ejemplo, el RCP 8.5 no puede ser usado como un escenario que indique una “no-política climática”, con respecto a los otros RCP. En la misma vía, el RCP 2.6 no debe ser tratado como el escenario de una “política principalmente medioambiental”. Cada RCP contiene una serie de suposiciones socioeconómicas, tecnológicas y biofísicas diferentes, y como se indica en su definición, son el conjunto de diversos caminos posibles de estos supuestos.
3. **Los resultados de las proyecciones de los Escenarios de clima, aún presentan retos ante el comportamiento sobre los eventos extremos climáticos en el futuro.** Los resultados obtenidos con estos escenarios muestran los cambios promedio para periodos climatológicos, tomando como referencia otro periodo histórico similar. Por ejemplo, si un RCP no muestra diferencias significativas de precipitación en el periodo 2021-2050 con relación al periodo de referencia 1961-1990, esto no quiere decir que se estén manteniendo las mismas tendencias y/o comportamientos de los eventos extremos y de variabilidad climática para el periodo futuro. En el futuro podrían presentarse con más frecuencia eventos extremos (los cuales se dan a escalas temporales diaria e inferiores), y sin embargo los promedios mensuales de estas variables podrían no verse influenciados por estos eventos. Como se ha dicho anteriormente, los escenarios no son predicciones ni pronósticos, y por lo tanto no deben ser utilizados como tal.
4. **Es necesario fomentar la generación y uso de escenarios de clima para su aplicación a una escala departamental o local.** Los escenarios de cambio climático no deben ser tratados como únicos y estáticos. Así como los modelos climáticos globales mejoran día a día en la representación de la dinámica del sistema climático y en la resolución espacial, los escenarios van mejorando, y van involucrando más elementos que permiten ir reduciendo las incertidumbres tanto a nivel regional como en la evolución de las concentraciones de gases de efecto invernadero, entre otros aspectos. Por ello, al comprender sus incertidumbres y al mejorar las mediciones y registros locales, es posible su aplicación en un contexto subnacional que permita una mejor orientación de planes estratégicos para la atención del cambio climático.

5. **Optar por la consideración de usar periodos de referencia más reciente para una mejor comprensión de la variabilidad climática actual.** En el análisis de la información observada se encontró que hay una mayor densidad de estaciones con datos observados confiables para todas las variables en los periodos de referencia 1971-2000 y 1981-2010 en comparación con las disponibles y confiables para el periodo 1961-1990. Para estos periodos, y en particular para 1981-2010, se cuenta con al menos 25 estaciones para la humedad relativa y para las temperaturas media, máxima y mínima, y más de 40 estaciones para precipitación. Por lo tanto, se recomienda en la medida de lo posible trabajar con la mayor cantidad de información posible, seleccionando el periodo de referencia que mejor cumpla con esta condición. Si bien en anteriores comunicaciones nacionales se mantenía el estándar de utilizar el periodo 1961-1990 como el referente para estudios de cambio climático, actualmente muchos países utilizan la norma climatológica vigente como el periodo de referencia para sus comunicaciones nacionales actuales. El utilizar un periodo de referencia más reciente no sólo permite evaluar el posible cambio de las variables climáticas en un horizonte corto de tiempo (es decir con pocos años de distancia entre el periodo considerado como “futuro” y el periodo de referencia), sino que además se puede contar con una mayor cantidad de estaciones con datos observados, las cuales, para el caso de América Tropical, en su mayoría fueron instaladas en la década de los 70 y 80. Como se mencionó en las conclusiones, el tener una mayor cantidad de información observada permite un mejor análisis regional y una menor incertidumbre para algunas zonas del país.

6. **Acrecentar el desarrollo de mayores estudios que permitan comprender la variabilidad climática de las últimas décadas en El Salvador.** Así como día a día se dan avances y desarrollos importantes en la investigación del cambio climático mejorando los modelos, escenarios y proyecciones, se debe mejorar la capacidad investigativa del país frente a estos temas. Especialmente, se debe potenciar a entidades tales como la Dirección del Observatorio Ambiental y la Gerencia de Meteorología del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales de El Salvador, no sólo con dotar de mayor cantidad y calidad de estaciones al país, sino también con mejorar la capacidad y las iniciativas investigativas en temas relacionados al cambio climático. Lo anterior, resulta ser un insumo importante para 1) la comprensión de la vulnerabilidad ante amenazas climáticas y 2) facilitar la identificación de las medidas de adaptación. Así mismo, se debe potenciar tanto la sinergia interinstitucional como la colaboración con la Academia y Centros de investigación nacionales, a fin de fortalecer el gremio técnico científico que brinde un mayor respaldo en las directrices para la atención del cambio climático.

REFERENCIAS

- Aguilar, Y., y Tobar-Rivas, J., Quiñones-Basagoitia, Julio. y Rivas-Pacheco, T., (2007). Vulnerabilidad y Adaptación al cambio climático de los pobladores rurales de la planicie costera central de El Salvador. Investigación Interdisciplinaria realizada por MARN-SNET y apoyada por el PNUD-GEF. El Salvador Doi: http://www.portalces.org/sites/default/files/migrated/docs/PNUD_Vulnerabilidad_y_adaptacion_al_C.C_de_los_pobladores_rurales_de_la_planicie_costera_central_de_El_Salvador.pdf
- Becker, B., C. Buontempo, A. Muñoz (2013). Drivers of weather and climate risk in El Salvador. Technical Report. UK MetOffice–Hadley Centre. 40 pp. Disponible en http://www.cmc.org.ve/ole2/documentos/ElSalvador_CentralAmerica_climatedrivers.pdf
- Giorgi, F. and Mearns, L. (2001). Calculation of Average, Uncertainty Range, and Reliability of Regional Climate Changes from AOGCM Simulations via the “Reliability Ensemble Averaging” (REA) Method. American Meteorological Society Vol. 15. 1141-1158.
- Haggarty, R. A. (1988). El Salvador: A Country Study. Washington: GPO for the Library of Congress. Estados Unidos.
- IDEAM, PNUD, MADS, DNP, CANCELLERÍA. (2015). Escenarios de Cambio Climático para Precipitación y Temperatura para Colombia 2011-2100. Herramientas Científicas para la Toma de Decisiones – Estudio Técnico Completo: Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático. Disponible en <http://modelos.ideam.gov.co/media/dynamic/escenarios/escenarios-de-cambio-climatico-2015.pdf>
- Intergovernmental Panel of Climate Change – IPCC (2013). Resumen para responsables de políticas. En: Cambio Climático 2013: Bases físicas. Contribución del Grupo de trabajo I al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático” [Stocker, T. F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S. K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex y P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido y Nueva York, NY, Estados Unidos de América.
- Ministerio de Ambiente y Ganadería– MAGA (2000). 1a. Comunicación Nacional sobre Cambio Climático. Gobierno de El Savador, América Central.
- Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales de El Salvador – MARN (2013). 2a. Comunicación Nacional sobre Cambio Climático. Gobierno de El Savador, América Central. Disponible en <http://unfccc.int/resource/docs/natc/slvnc2.pdf>
- Tebaldi, C. and Knutti R. (2007). The use of the multi-model ensemble in probabilistic climate projections. Phil. Trans. R. Soc. A (2007) 365, 2053–2075 doi:10.1098/rsta.2007.207.