

PROYECCIONES DE CAMBIO CLIMÁTICO

EN GUATEMALA

-REDUCCIÓN DINÁMICA-

Resumen Técnico



UNIDAD DE
CAMBIO CLIMÁTICO

INSTITUTO NACIONAL DE
SISMOLOGÍA, VULCANOLOGÍA,
METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA



Proyecciones De
**Cambio
Climático**

En Guatemala
Reducción Dinámica

Resumen Técnico

Unidad de Cambio Climático

Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología

Autor

Lic. Willson Wyller García Morales
Coordinador Unidad de Cambio Climático



GOBIERNO *de*
GUATEMALA
DR. ALEJANDRO GIAMMATTEI

MINISTERIO DE COMUNICACIONES,
INFRAESTRUCTURA Y VIVIENDA

Índice general

1 Climatología histórica	1
1.1 Climatología intra-anual	2
1.1.1 Comparativo climático intra-anual	2
1.1.2 Error climático intra-anual	2
1.1.3 Error relativo climático intra-anual	3
1.1.4 Análisis intra-anual	3
1.2 Climatología inter-anual	4
1.2.1 Comparativo climático inter-anual	4
1.2.2 Error climático inter-anual	4
1.2.3 Análisis inter-anual	5
2 Proyección climática del Siglo XXI	9
2.1 Proyección intra-anual	10
2.1.1 Comportamiento climático pentadal intra-anual	10
2.1.2 Anomalía climática intra-anual	11
2.2 Proyección inter-anual	12
2.2.1 Comportamiento climático inter-anual	12
2.2.2 Anomalía climática inter-anual	13
Conclusiones	23
Bibliografía	25





1 | Climatología histórica

Los períodos estándar para representar y estudiar el clima son de 30 años, sin embargo estos períodos pueden variar según el análisis, obteniendo así rangos de décadas o lustros, los cuales son importantes para detectar algún incremento, inflexión o fluctuación dentro de la climatología estándar. La línea base de referencia de este estudio es de 35 años con el fin de tener una mayor cantidad de tiempo para validar el comportamiento de las proyecciones climáticas presentadas en el Capítulo 2; este período está comprendido entre 1982 y 2016, el cual se pretende ampliar al año actual y de ser viable extenderlo desde principios del siglo XX.

Para validar la simulación se compara con diferentes fuentes:

- EIN15 - Resultados de lluvia y temperatura media de la simulación a una resolución de 25km por el modelo RegCM con datos de reanálisis de Era Interim EIN15, estos son los datos principales, los cuales, su configuración se utilizará para las proyecciones de los escenarios de cambio climático.
- CRU - Datos de lluvia y temperatura media por medio de estaciones locales e información de satélite con una resolución de 0.5 ° es decir aproximadamente 55.5 km, procesados por la Unidad de Investigación Climática de la Universidad de Anglia del Este.
- INSI - Datos de lluvia y temperatura media de las estaciones climáticas del departamento de investigación y servicios climáticos del Instituto de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología INSIVUMEH, utilizados en el estudio Variabilidad y cambio climático en Guatemala.
- GPCP - Datos de lluvia por medio de estaciones e información de satélite con una resolución de 2.5 ° es decir aproximadamente 277.5 km, procesados por el Proyecto Global de Climatología de Precipitación establecido por el Programa Mundial de Investigación Climática.

Estas fuentes están promediadas espacialmente, es decir que más allá de sus diferentes resoluciones, tenemos un solo dato espacial para una pequeña ventana delimitada por latitud y longitud en la cual está posicionado Guatemala. Por tanto, a partir de esto, al comparar las diferentes fuentes se tomará el territorio guatemalteco como un solo punto que evoluciona en el tiempo, en un estudio posterior se hará énfasis por regiones climáticas.

Los análisis se han dividido temporalmente, teniendo 14 en total distribuidos de la siguiente manera: intra-anual, inter-anual por el año como tal y 12 inter-anales por cada mes del año. El objetivo es tener una visión clara de cómo es la climatología dentro de cada año y de año en año, pero también de saber a más detalle de cada uno de los meses, esto último es muy importante para diferentes sectores del país que son afectados ya sea por sequías o inundaciones, sobre todo cuando ambas están presentes en la misma temporada, algo que sucede con la canícula, fenómeno en el cual existe una disminución de la cantidad de acumulado de lluvia significativa dentro del período lluvioso.

El análisis más importante en este capítulo es el error climático respecto del modelo, es decir los datos del modelo menos los datos de cada fuente de datos, esto no es una anomalía climática la cual es la variación de datos respecto a la media de los mismos datos durante la misma climatología o anterior, esto ya se realizó en un estudio anterior de INSIVUMEH [1], de donde también haremos referencias a las regiones climáticas de Guatemala, recomendamos leerlo; por tanto no vamos a redundar en ese análisis. El error que utilizamos en este estudio es respecto a la reducción dinámica del modelo RegCM con datos de Era Interim que abarca todo el territorio guatemalteco, esto nos dice la variación que tiene la simulación del modelo respecto a cada una de las fuentes propuestas para comparar y determinar que tan bien simula dicha reducción las condiciones climáticas de Guatemala. Se utilizó la media ponderada de las 8 regiones climáticas, de las cuales algunas solo cuentan con una estación, por lo tanto no se tratarán 100% como datos observados.

1.1 Climatología intra-anual

1.1.1 Comparativo climático intra-anual

Todas las fuentes tienen el mismo comportamiento con diferentes magnitudes, sin embargo notamos mayor semejanza entre datos de EIN15, INSI y GPCP de acumulado de lluvia, dejando a los datos CRU como sobreestimación de la lluvia, lo cual no es concluyente puesto que la densidad de la red de estaciones de INSIVUMEH con más de 30 años es de 37 en todo el territorio y se necesita mucho más densidad en dicha red para tener un dato observado más preciso.

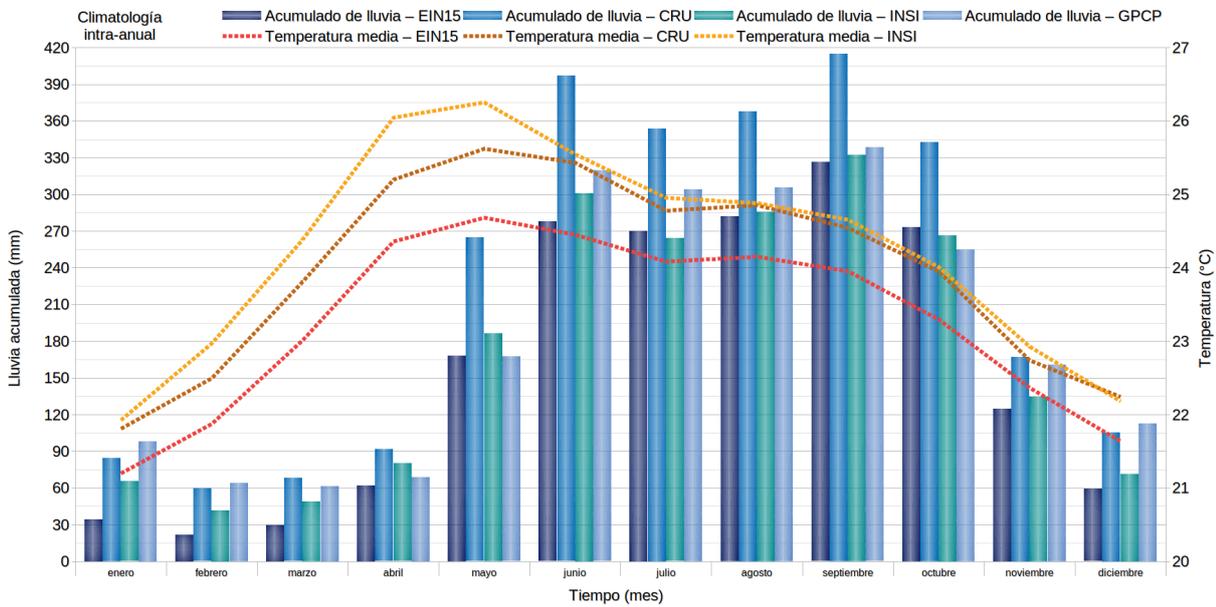


Figura 1.1: Análisis climático intra-anual de acumulado de lluvia y temperatura media de todo el territorio guatemalteco durante el período 1982-2016. Fuente: Elaboración propia.

1.1.2 Error climático intra-anual

Se muestra una variación mayor con datos de CRU, por otra parte los datos de INSIVUMEH son los de menos variación y por tanto los más semejantes a la modelación.

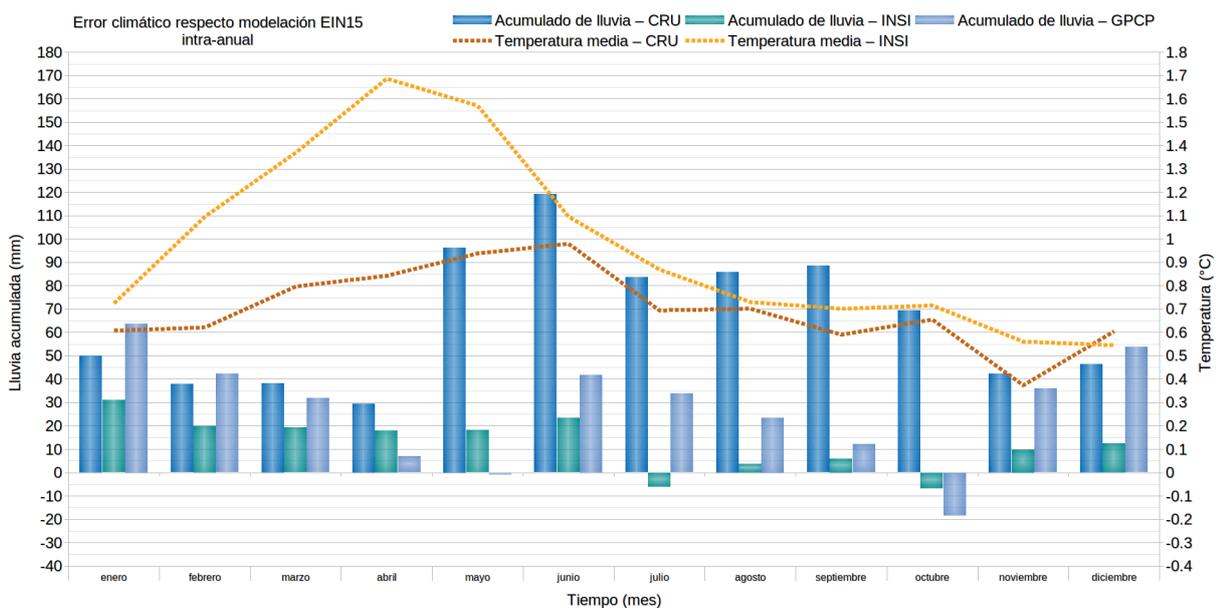


Figura 1.2: Error climático intra-anual de acumulado de lluvia y temperatura media de todo el territorio guatemalteco durante el período 1982-2016. Fuente: Elaboración propia.

1.1.3 Error relativo climático intra-anual

Mientras la gráfica anterior nos dice la variación de la cantidad de una variable climática entre un modelo y otro, esta nos dice que tan significativa es dicha variación puesto que en proporción esas cantidades pueden llegar a ser muy o poco relevantes. Notamos que los meses de enero, febrero, marzo y diciembre tienen mayor porcentaje de variación que el resto de meses, esto sucede por ser meses de poca lluvia que al tener un acumulado de lluvia bajo con una variación grande, en contraste con los meses de mucha lluvia los cuales poseen acumulados de lluvia elevados y la variación es menor respecto a dicho acumulado.

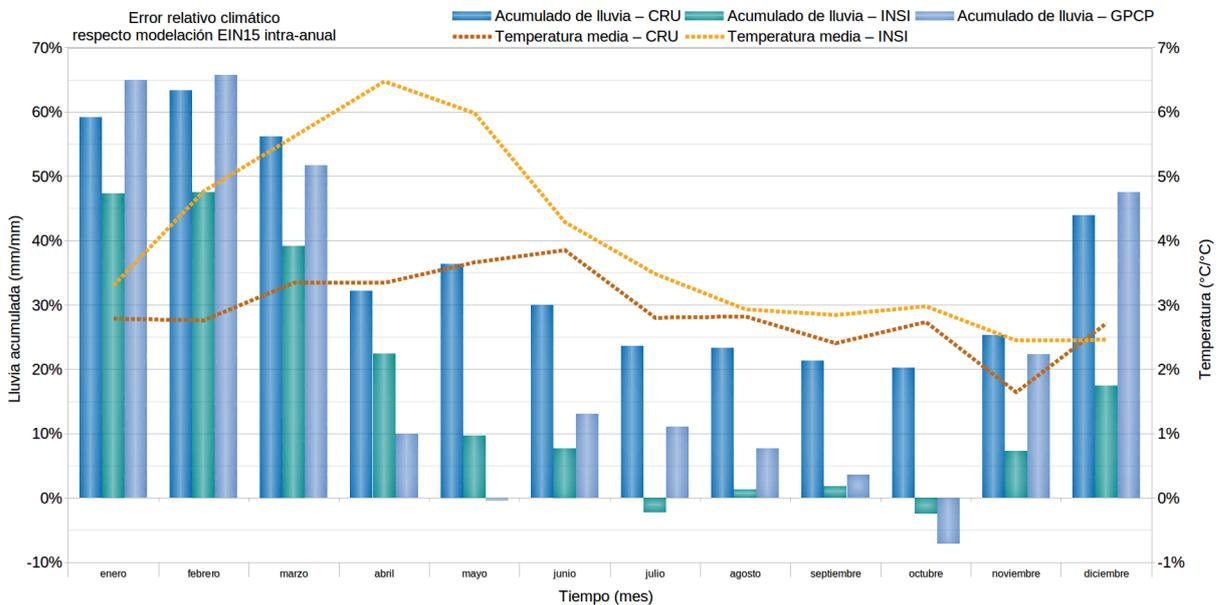


Figura 1.3: Error relativo climático intra-anual de acumulado de lluvia y temperatura media de todo el territorio guatemalteco durante el período 1982-2016. Fuente: Elaboración propia.

1.1.4 Análisis intra-anual

	Acumulado de lluvia [mm]				Temperatura media [°C]		
	EIN15	CRU	INSI	GPCP	EIN15	CRU	INSI
μ	160.8634	226.4838	173.2494	188.0777	23.2563	23.9574	24.2290
σ	118.4219	143.0556	111.3102	109.5675	1.2161	1.3320	1.4499
C_V	73.62 %	63.16 %	64.25 %	58.26 %	5.23 %	5.56 %	5.98 %
r	1	0.9936	0.9969	0.9815	1	0.9955	0.9722
RMSE	0	71.1414	16.5872	35.3800	0	0.7192	1.0422
$CV_{(RMSE)}$	0 %	44.22 %	10.31 %	21.99 %	0 %	3.09 %	4.48 %

Cuadro 1.1: Dispersión, correlación e incerteza de acumulado de lluvia y temperatura media intra-anual de resultados del modelo RegCM con datos EIN15 sobre otros datos de 1982 a 2016.

El comportamiento intra-anual lo simula bastante bien con una correlación r entre 0.98 y 0.99 para el acumulado de lluvia, de entre 0.97 y 0.99, como se muestra en el cuadro 1.1, esto se debe a que la región se caracteriza por tener este comportamiento en la lluvia, por tal motivo se realizaron análisis inter-anales para tener otra perspectiva. Otro dato a analizar es RMSE entre 16 y 71 mm, siendo los datos de INSI los que menor error tienen, con un RMSE de 16.5872 mm. Con esto podemos concluir que la simulación en escala temporal intra-anual tiene más similitud con los datos de INSIVUMEH.

1.2 Climatología inter-anual

1.2.1 Comparativo climático inter-anual

Podemos apreciar los diferentes comportamientos de los cuales los más variantes entre sí es la lluvia, ya que la temperatura media es más constante y la variación no es tan grande. Los acumulados de lluvia más elevados son de CRU, a partir del año 2000 se marca un aumento de temperatura sobre todo con datos de INSI.

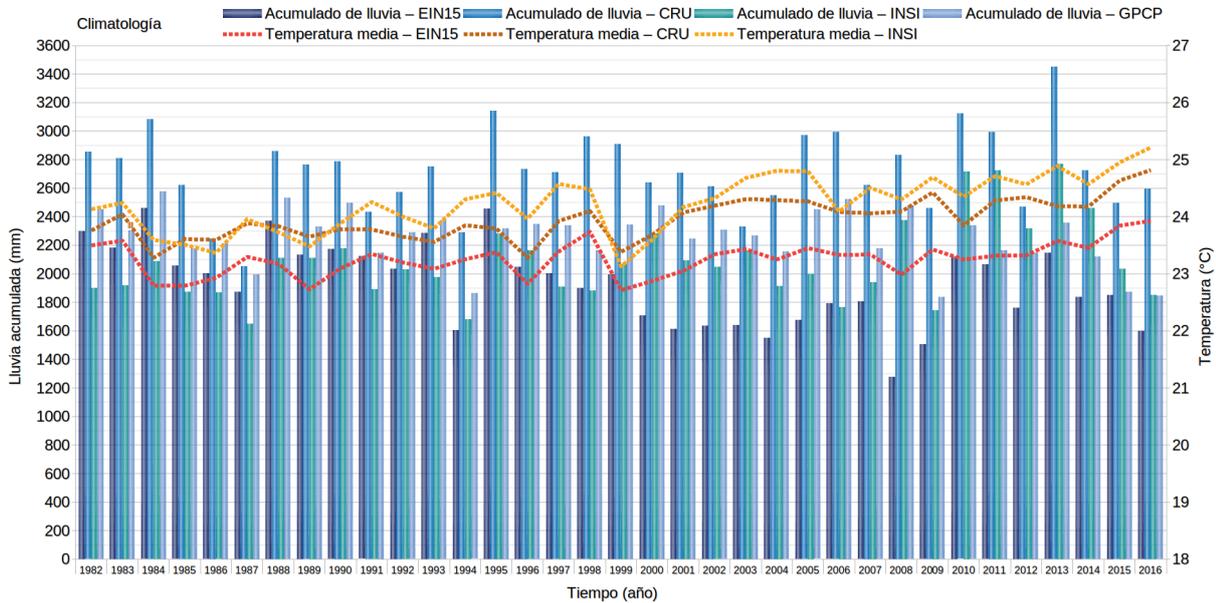


Figura 1.4: Análisis climático inter-anual de acumulado de lluvia y temperatura media de todo el territorio guatemalteco durante el período 1982-2016. Fuente: Elaboración propia.

1.2.2 Error climático inter-anual

Como vemos en la figura 1.5 los valores positivos representan que el modelo climático está subestimando los resultados respecto a cada fuente de datos, los valores negativos representan una sobreestimación del modelo. En lluvia llegamos a obtener hasta más de 1500 mm de subestimación.

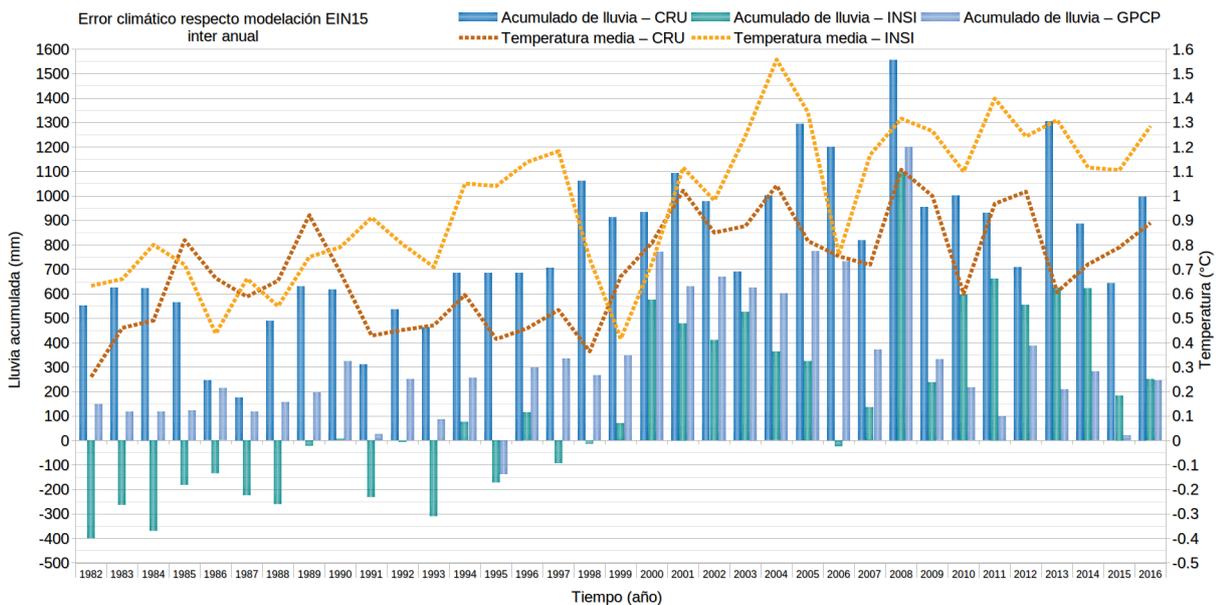


Figura 1.5: Error climático inter-anual de acumulado de lluvia y temperatura media de todo el territorio guatemalteco durante el período 1982-2016. Fuente: Elaboración propia.

1.2.3 Análisis inter-anual

	Acumulado de lluvia [mm]				Temperatura media [°C]		
	EIN15	CRU	INSI	GPCP	EIN15	CRU	INSI
μ	1930.3604	2717.8057	2078.9933	2256.9322	23.2563	23.9574	24.2290
σ	287.2767	284.2310	277.9610	199.2846	0.3031	0.3569	0.4971
C_V	14.88 %	10.46 %	13.37 %	8.83 %	1.30 %	1.49 %	2.05 %
r	1	0.4308	0.1747	0.4188	1	0.7895	0.8379
RMSE	0	842.8413	387.5817	422.8640	0	0.7339	1.0149
$CV_{(RMSE)}$	0 %	43.66 %	20.08 %	21.91 %	0 %	3.16 %	4.36 %

Cuadro 1.2: Dispersión, correlación e incerteza de acumulado de lluvia y temperatura media inter-anual de resultados del modelo RegCM con datos EIN15 sobre otros datos de 1982 a 2016.

Por otra parte, con este análisis que toma cada año como un solo elemento se notan varios cambios significativos comparados con el análisis intra-anual, uno de ellos es la correlación entre 0.17 y 0.43 de acumulado de lluvia y entre 0.78 y 0.83 de temperatura media, esto nos dice que tanto la simulación se comporta respecto a las fuentes tras el paso de los años. Cuando hablamos de comportamiento inter-anual queda claro que es más complicado poder simular el acumulado de lluvia a diferencia de la temperatura que a pesar de haber disminuido su correlación sigue estando considerado como un buen dato. El RMSE nos dice que su acumulado de lluvia anual tiene una desviación de 387.5817 mm con fuente de INSI lo que representa según el $CV_{(RMSE)}$ un 20.08 % de error. Podemos decir que la simulación es aceptable a escala temporal inter-anual.

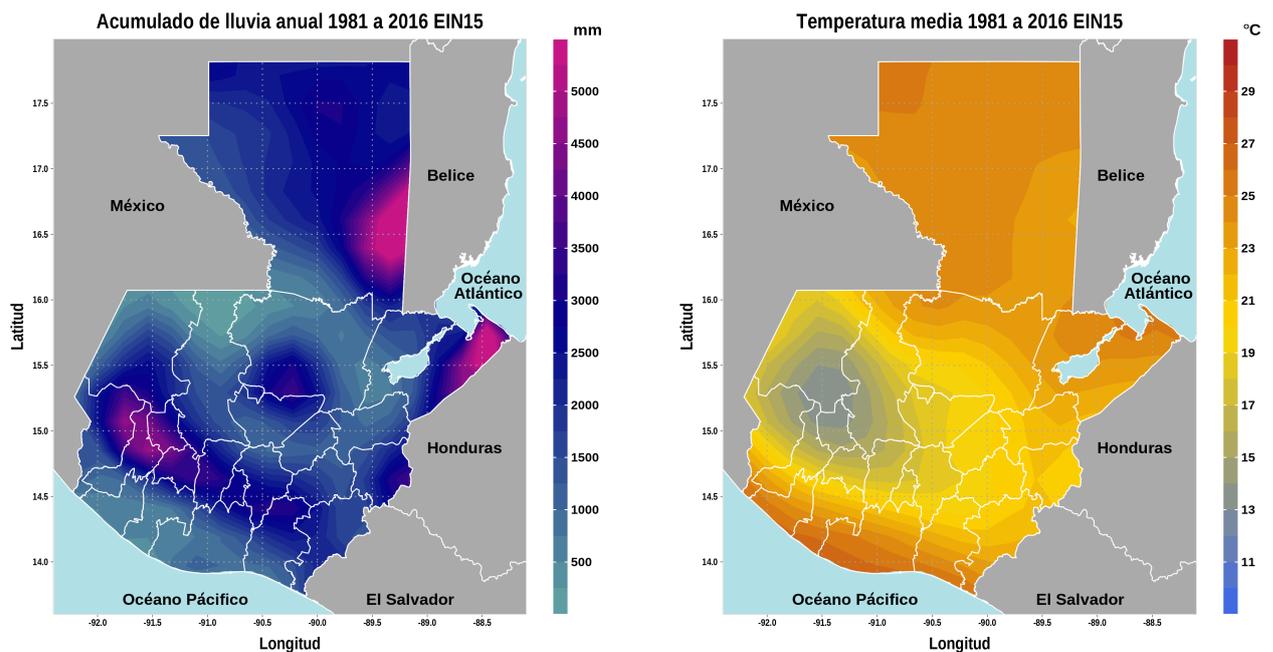


Figura 1.6: Climatología inter-anual de acumulado de lluvia y temperatura media con datos EIN15 durante el período de 1982 a 2016 a una resolución de 25 km. Fuente: Elaboración propia.

En este estudio nos centraremos en el sesgo temporal de la simulación, sin embargo el sesgo espacial presenta una variación en la distribución de lluvia en el país, subiendo en latitud cierta cantidad de acumulado de lluvia, sobre todo en Bocacosta y Nor-Occidente, la distribución de temperatura media es más consistente en toda la región guatemalteca. El cálculo de la dispersión espacial se profundizará en un estudio posterior. Las regiones con máximo de acumulado de lluvia de entre 5000 y 6000 mm son el Este del Caribe, Sur de Occidente, norte de Bocacosta y Sur-Este de Petén, mientras que la temperatura media máxima de 27 °C se concentra en toda la costa del Pacífico y el Norte del Caribe así como gran parte del Norte de Petén; temperatura media mínima alrededor de 12 °C en la región de Occidente.

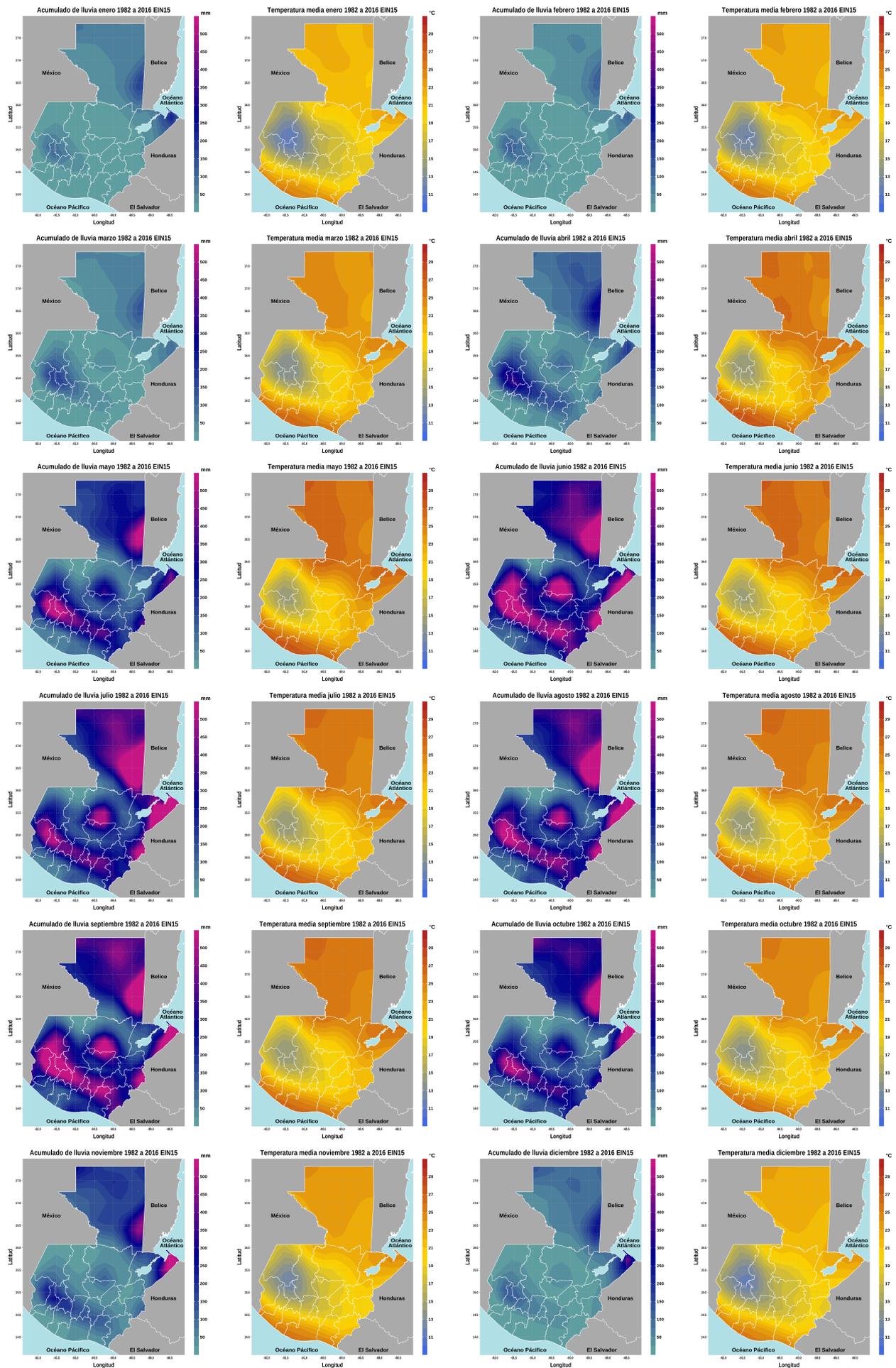


Figura 1.7: Climatología de enero a diciembre (izquierda a derecha) con datos EIN15 período de 1982 a 2016 a una resolución de 25 km. Fuente: Elaboración propia.



Figura 1.8: Análisis climático de enero a diciembre (izquierda a derecha) período 1982-2016. Fuente: Elaboración propia.



2 | Proyección climática del Siglo XXI

Las proyecciones climáticas se utilizan para establecer posibles dinámicas atmosféricas basándose en ciertas condiciones iniciales, dichas proyecciones no son un pronóstico, más bien son posibles escenarios bajo ciertas circunstancias las cuales son determinadas por las condiciones iniciales, si la realidad cumple esas condiciones durante todo el tiempo entonces la realidad será muy parecida o igual a las proyecciones en un caso ideal, claro que con ciertas incertezas debido al método utilizado. Para proyectar el clima utilizamos las rutas de concentración representativas por sus siglas en inglés RCP (Representative Concentration Pathway), que propone diferentes niveles de forzamiento radiativo 2.6, 4.5 y 8.5 W/m^2 dando así origen a sus nombres RCP2.6, RCP4.5 y RCP8.5, estas cantidades de radiación son correspondientes a la concentración de gases de efecto invernadero, ocasionando así el efecto invernadero.

Se utilizaron los datos del modelo HadGEM2-es de Met Office Hadley Center como fuente para el modelo RegCM, reduciéndolos así a 25 km para el territorio guatemalteco con un paso temporal de 6 horas durante casi todo el siglo XXI (exactamente de 2006 a 2099).

En esencia presentamos tres análisis de dichas proyecciones con el fin de tener una idea clara del comportamiento, variación y posible tendencia de nuestro clima actual hacia las proyecciones.

- Comportamiento climático: Se compara la climatología proyectada de cada escenario de cambio climático en grupos de 30 años o por décadas, en forma intra-anual, inter-anual o por mes inter-anual, esto para determinar la similitud o diferencia de las variables climáticas en cada escenario.
- Anomalía climática: El valor de cada escenario en grupos de 30 años o por década, en forma intra-anual, inter-anual o por mes inter-anual, menos la climatología generada por el modelo RegCM con datos de Era Interim del año 1982 a 2016.
- Tendencia: Se compara en forma intra-anual, inter-anual o por mes inter-anual, de la simulación histórica con las proyecciones del período 2006 al 2016, puesto que esa fracción de tiempo está simulada para ambos. Se muestra comparativa con su respectivo error y valores estadísticos, sobre todo el RMSE o el $CV_{(RMSE)}$ y la correlación r , todo esto para analizar hacia qué escenario de cambio climático nos estamos adentrando.

Es difícil determinar de forma exacta hacia qué escenario nos dirigimos puesto que esta tendencia puede variar cada año, incluso cada mes por diversos factores ya sean antropogénicos o bien naturales, sin embargo se puede hacer una estimación hacia qué escenario tenemos tendencia. Estas proyecciones son posibles caminos para el resto del siglo XXI, los cuales pueden ser muy útiles para la planificación así mismo como para la adaptación y mitigación del cambio climático.

2.1 Proyección intra-anual

2.1.1 Comportamiento climático pentadal intra-anual

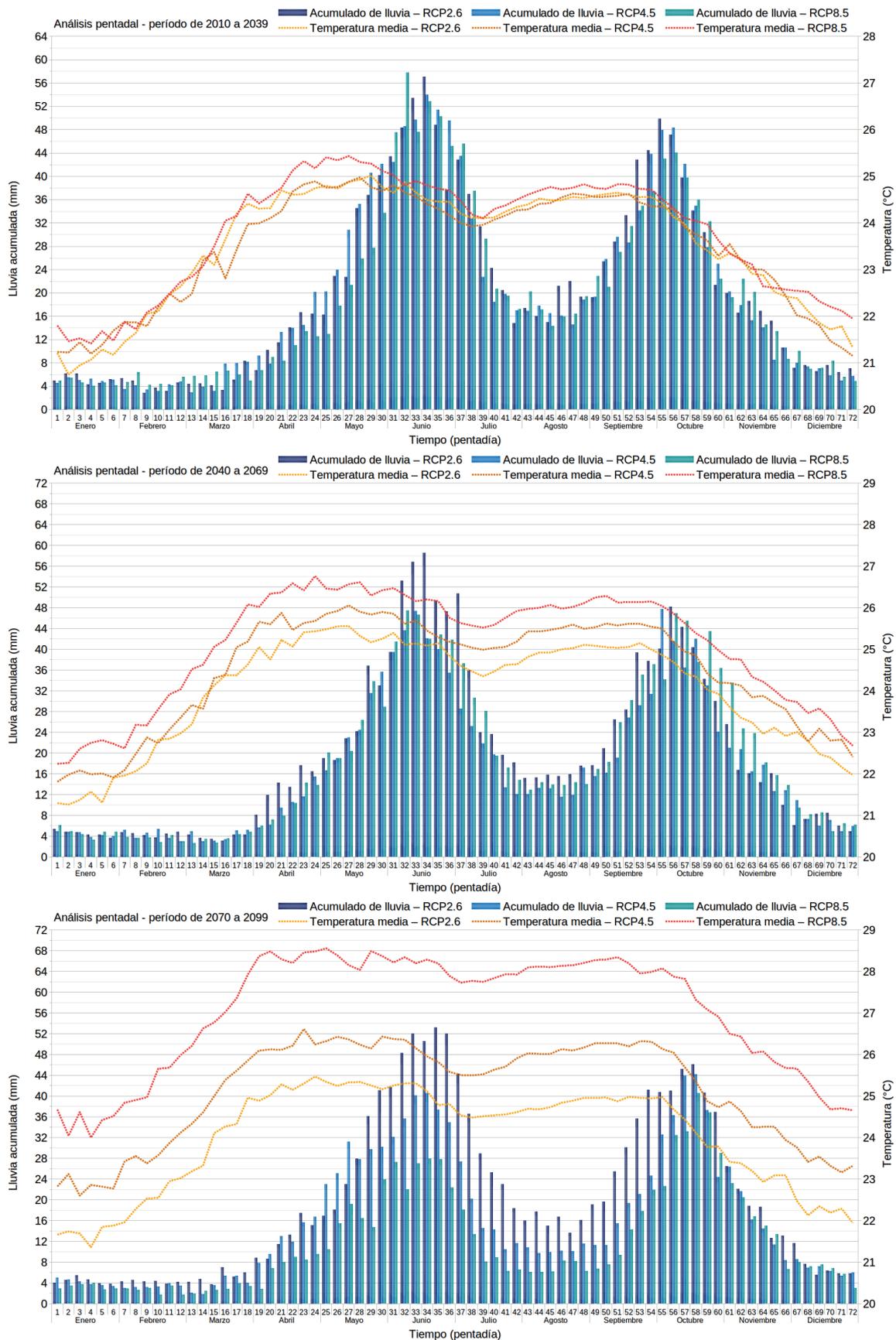


Figura 2.1: Análisis pentadal proyección climática intra-anual de acumulado de lluvia y temperatura media de los escenarios RCP de todo el territorio guatemalteco del siglo XXI. Fuente: Elaboración propia.

2.1.2 Anomalía climática intra-anual

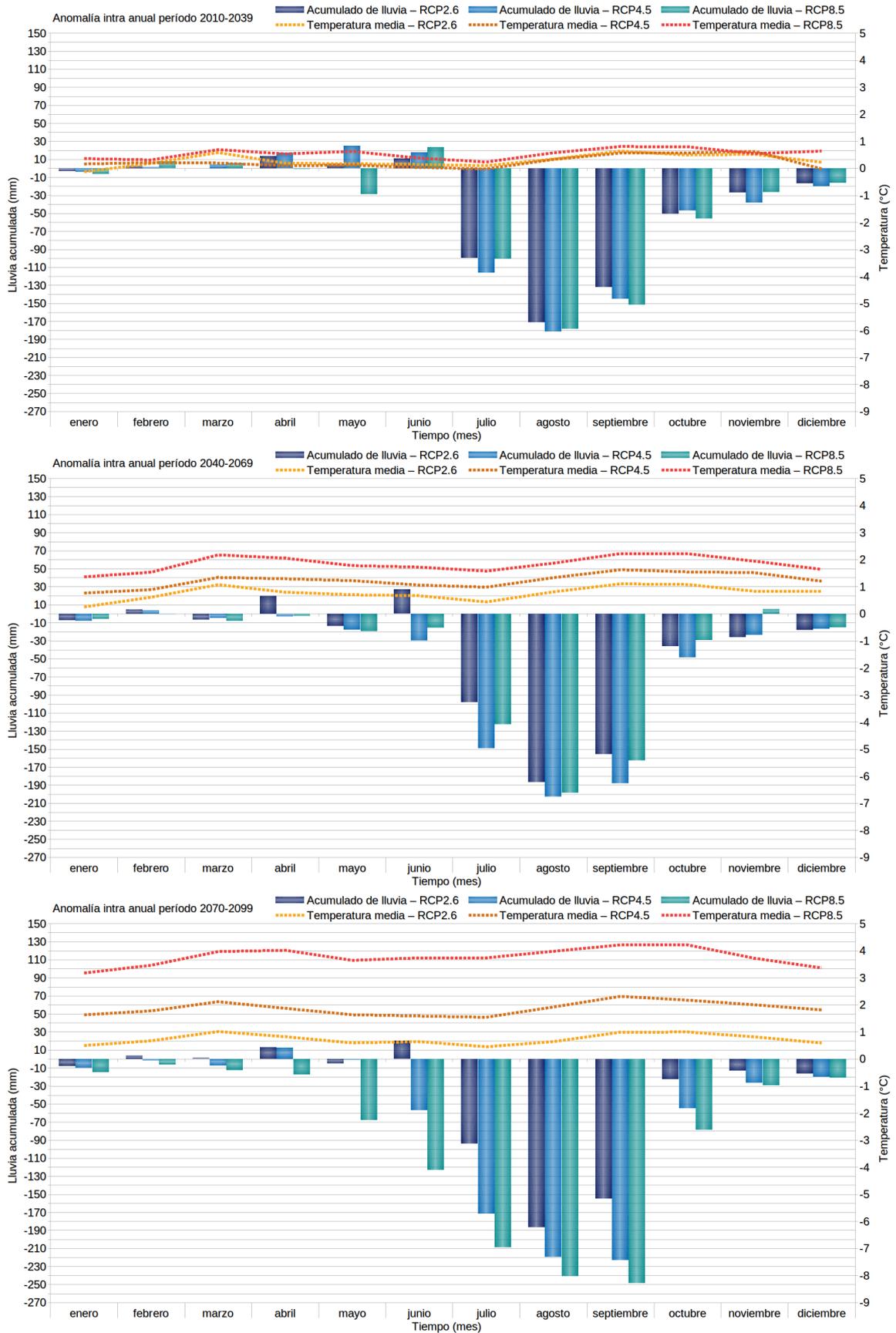


Figura 2.2: Anomalía proyección climática intra-anual de acumulado de lluvia y temperatura media de los escenarios RCP de todo el territorio guatemalteco del siglo XXI. Fuente: Elaboración propia.

2.2 Proyección inter-anual

La tendencia de acumulado de lluvia podría ser hacia el escenario RCP2.6 con correlación de 0.1292 y $CV_{(RMSE)}$ de 24.67%, sin embargo es bastante impreciso así que analizaremos el comportamiento inter-anual mes a mes en las siguientes secciones. Temperatura media es hacia RCP8.5 con correlación de 0.5811 y $CV_{(RMSE)}$ de 1.22%, como se muestra en el cuadro ??.

2.2.1 Comportamiento climático inter-anual

Para un amplio entendimiento de las proyecciones de los escenarios RCP continuaremos analizando el comportamiento de todo el siglo XXI tanto por tridécada como por década, como se muestra en 2.3 en la primera climatología comprendida de la primera tri-década, existe una poca variabilidad en comparación con las otras dos climatologías donde se ve más marcada la variabilidad de acumulado de lluvia y temperatura media.

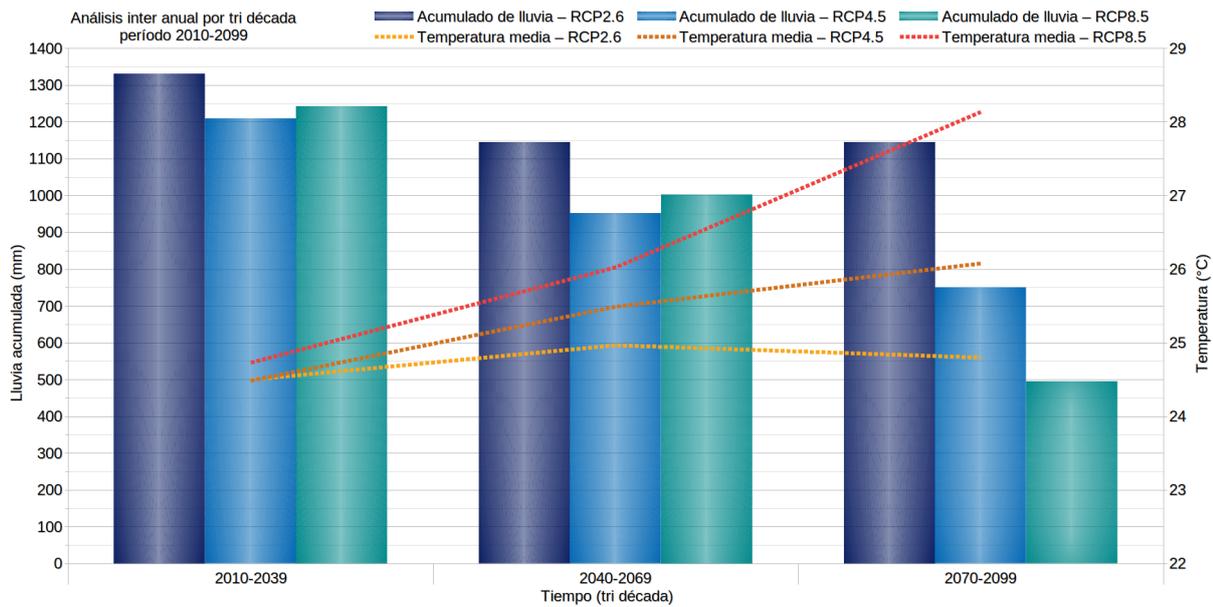


Figura 2.3: Análisis proyección climática inter-anual por tri-década de acumulado de lluvia y temperatura media de los escenarios RCP de todo el territorio guatemalteco del siglo XXI. Fuente: Elaboración propia.

En esta gráfica podemos ver un desglose por década de cada una de las tri-décadas o climatologías mostradas anteriormente, podemos apreciar que el comportamiento de la tri-década es un estimado y que entre cada década existe variabilidad, esto mismo sucede entre cada año.

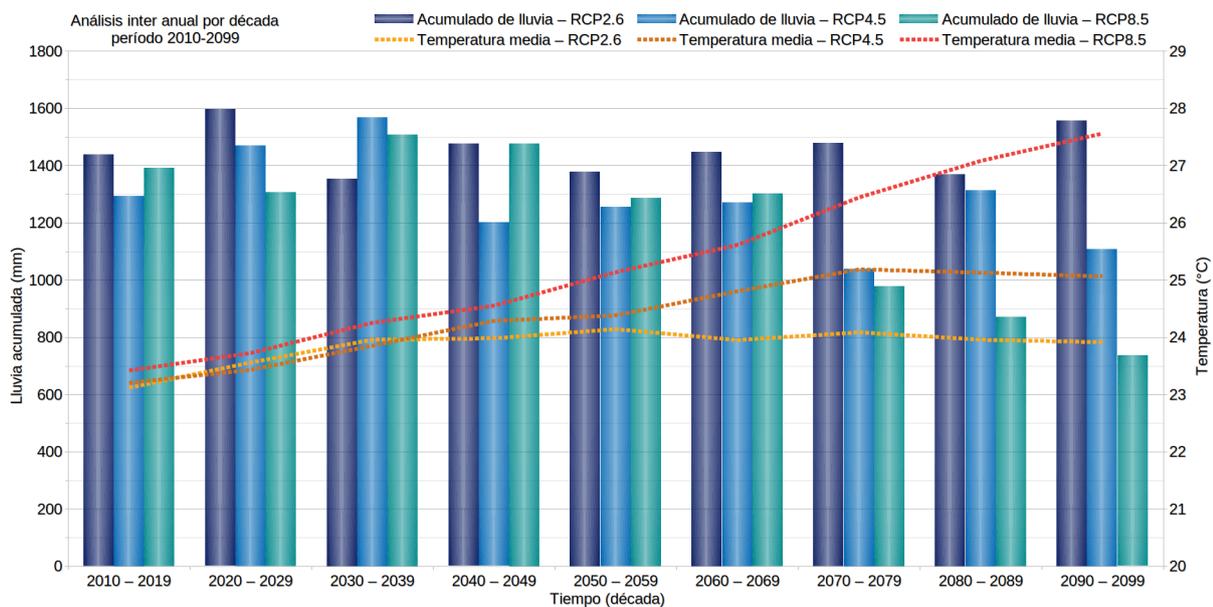


Figura 2.4: Análisis proyección climática inter-anual por década de acumulado de lluvia y temperatura media de los escenarios RCP de todo el territorio guatemalteco del siglo XXI. Fuente: Elaboración propia.

2.2.2 Anomalía climática inter-anual

En grupos de tri-décadas es más fácil apreciar la disminución del acumulado de lluvia a través del siglo XXI, el escenario RCP2.6 no presenta una disminución superior a los 500 mm anuales siendo así el escenario más estable de los RCP, a diferencia del RCP4.5 con una disminución de hasta casi 800 mm y el RCP8.5 de hasta casi 1100 mm para finales de siglo. Lo mismo sucede con la temperatura media, el escenario RCP2.6 es bastante estable, con un aumento de solo 1 °C para las próximas dos tri-décadas, el escenario RCP4.5 tiene aumento de hasta 2 °C y el escenario RCP8.5 de hasta 4 °C para la última tri-década.

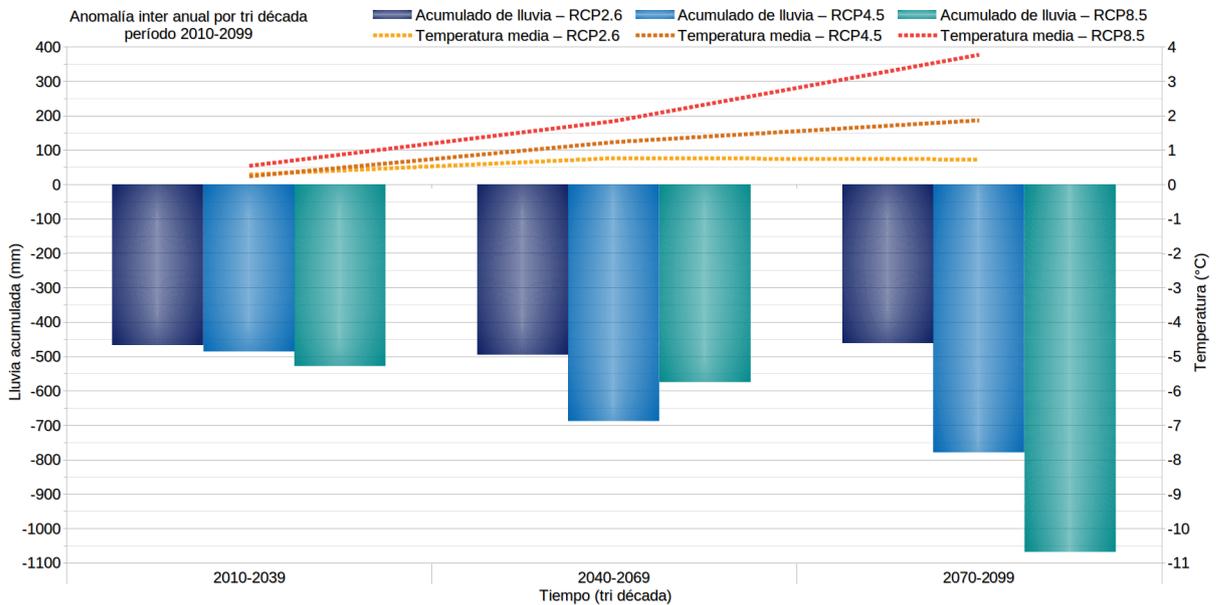


Figura 2.5: Anomalia proyección climática inter-anual por tri-década de acumulado de lluvia y temperatura media de los escenarios RCP de todo el territorio guatemalteco del siglo XXI. Fuente: Elaboración propia.

Por década observamos la misma tendencia de disminución y a su vez una variación entre década y década la cual no todas denotan disminución progresiva si se analizan en grupo de tres décadas, esto como ya se mencionó es por la variación que se puede notar al aumentar el paso temporal, mientras más nos acerquemos a períodos anuales para analizar la climatología inter-anual más variación observaremos, es necesario presentar un ejemplo de análisis por año como en la figura 2.7.

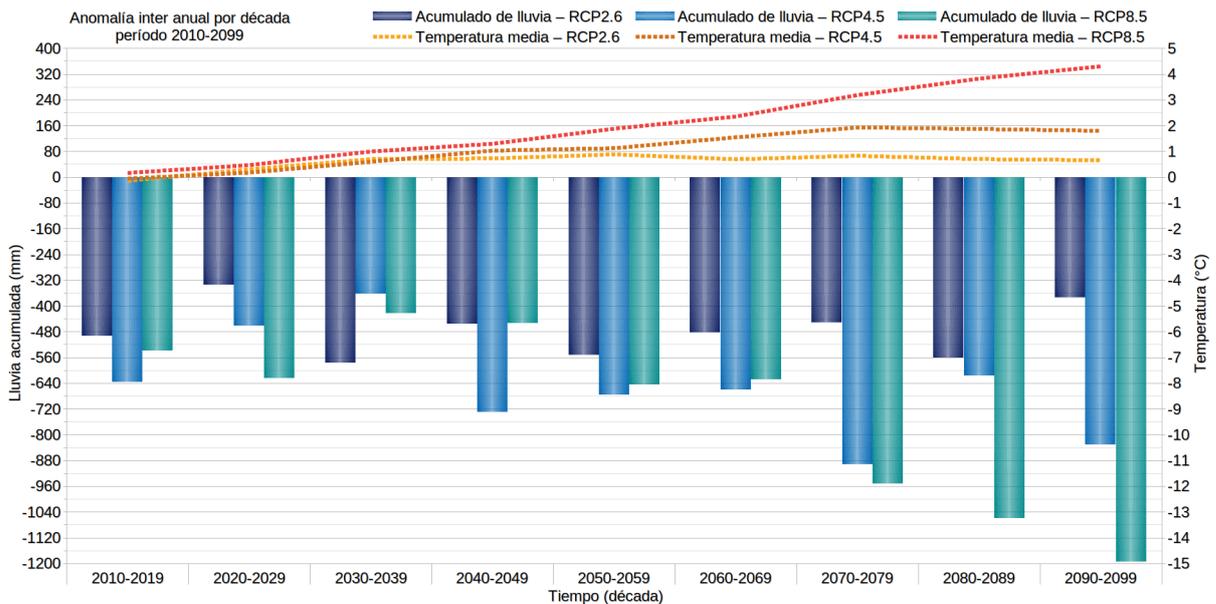


Figura 2.6: Anomalia proyección climática inter-anual por década de acumulado de lluvia y temperatura media de los escenarios RCP de todo el territorio guatemalteco del siglo XXI. Fuente: Elaboración propia.

La variabilidad de las proyecciones a través de los años es bastante amplia, como podemos notar en el análisis inter-anual por año existen acumulados de lluvia elevados seguidos por otros reducidos, esto se presente debido a que la lluvia se comporta de esta forma tras el paso de los años, no existe una tendencia determinada entre un año y otro, sin embargo por este motivo cuando hablamos de clima debemos realizar análisis que abarquen períodos de tiempo mayores, no porque estos análisis no sean válidos sino porque tienen mayor incerteza y cuando hablamos de períodos de décadas o tri-décadas estamos dando un estimado medio del comportamiento de la variable climática durante dicho período sin embargo esto no quiere decir que los años que lo conforman sean todos iguales, como lo describe la gráfica 2.7, donde si se puede notar la tendencia del acumulado de lluvia a disminuir y de la temperatura media a aumentar, esto con variaciones entre año y año. Se presenta este análisis para determinar el uso correcto las proyecciones climáticas, se puede determinar cierta tendencia en períodos de un año, pero es más descriptivo utilizar períodos más grandes ya que por incerteza del modelo y de la misma naturaleza de la atmósfera los valores de algunos años pudieran correrse hacia otros.

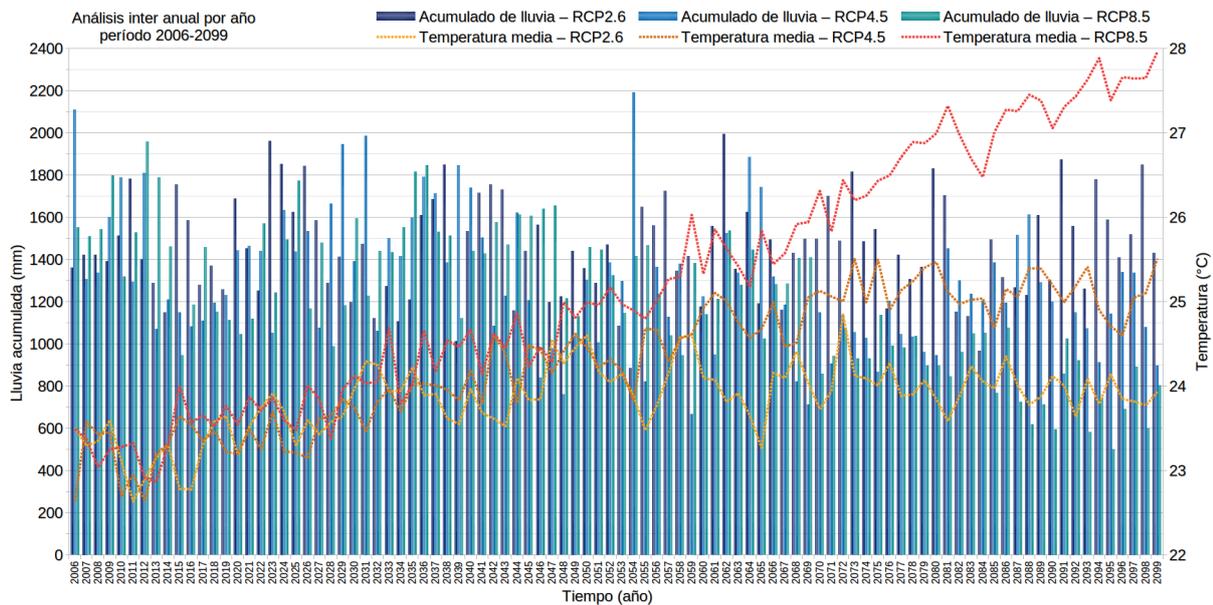


Figura 2.7: Análisis proyección climática inter-anual por año de acumulado de lluvia y temperatura media de los escenarios RCP de todo el territorio guatemalteco del siglo XXI. Fuente: Elaboración propia.

En el capítulo anterior también se presentó una climatología por año, esto debido al corto período de 35 años utilizado para los análisis, partiendo de 1982 a 2016 y por la necesidad de hacer una comparativa año con año, entre la reducción dinámica y los datos de diferentes fuentes climáticas, ya que era imperativo determinar la fiabilidad de dicha reducción. En las proyecciones podemos analizarlas de diversas maneras, sin embargo hacemos más uso de los análisis por tri-década o por década para tener un estimado del comportamiento de las variables. Debemos tener en mente que dentro de los estimados por década o por tri-década existen variaciones año tras año, por ese motivo también se presentan análisis intra-anual, inter-anual y por mes de la siguiente década(2020-2029).

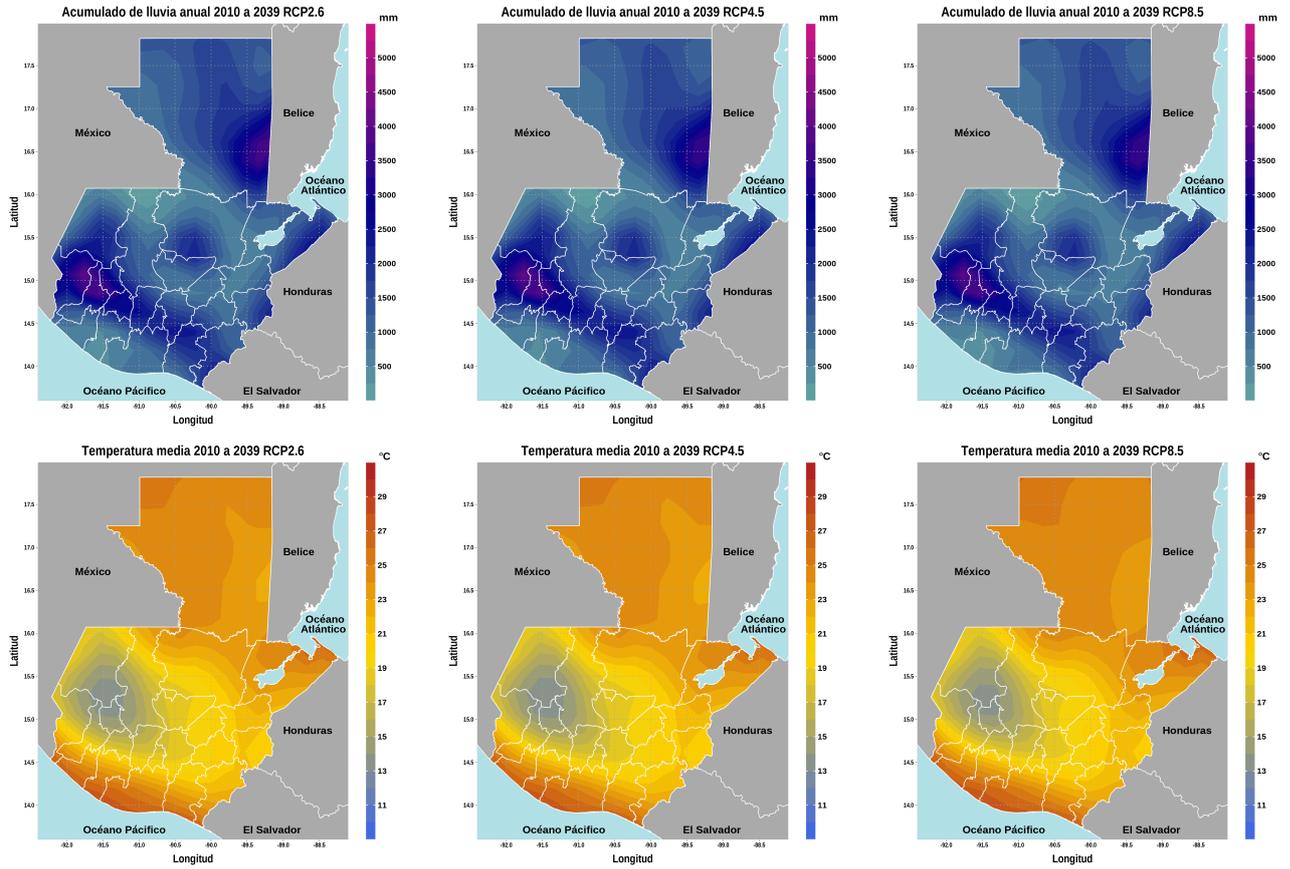


Figura 2.8: Proyección climática de acumulado de lluvia y temperatura media de los escenarios RCP durante el período de 2010 a 2039. Fuente: Elaboración propia.

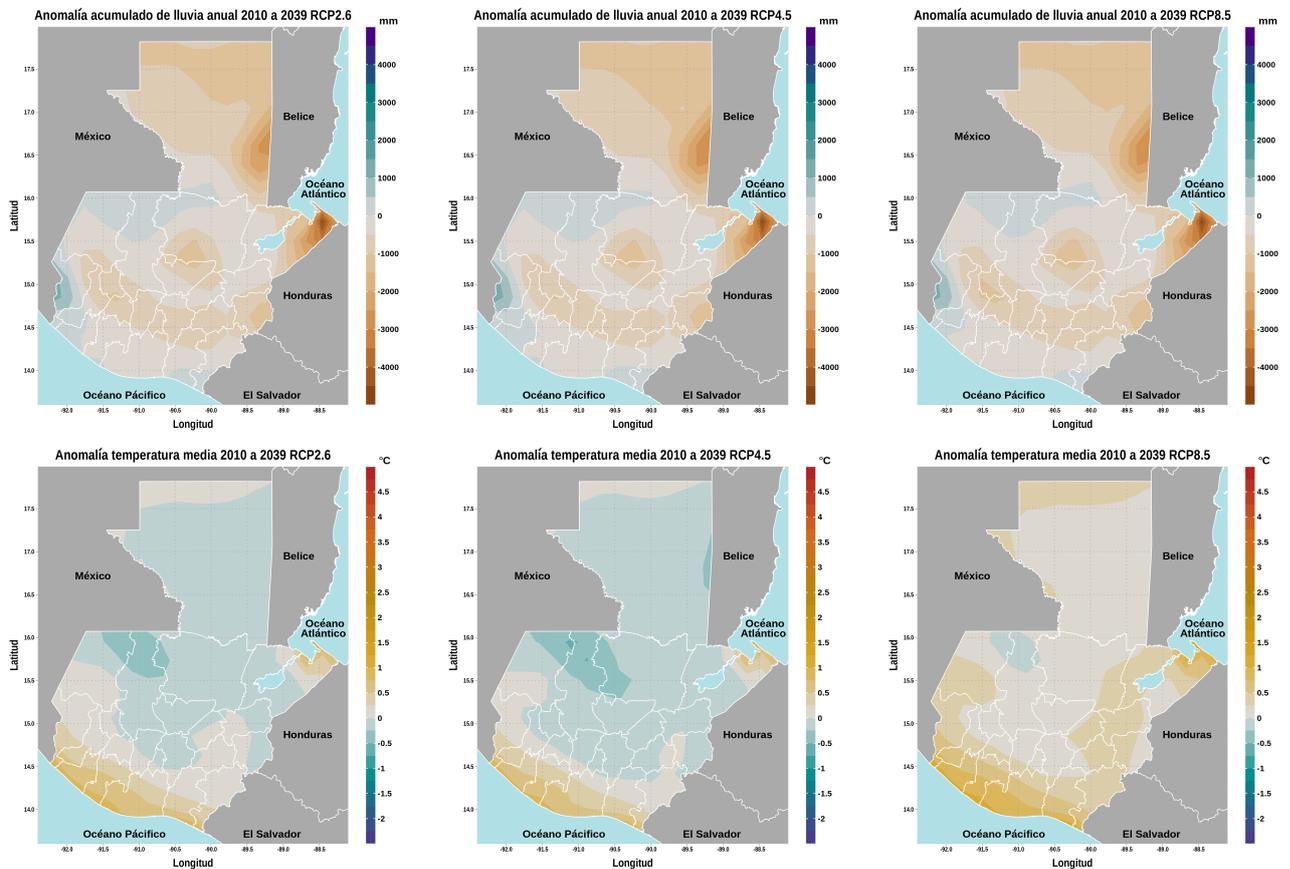


Figura 2.9: Proyección de anomalía climática de acumulado de lluvia y temperatura media de los escenarios RCP durante el período de 2010 a 2039. Fuente: Elaboración propia.

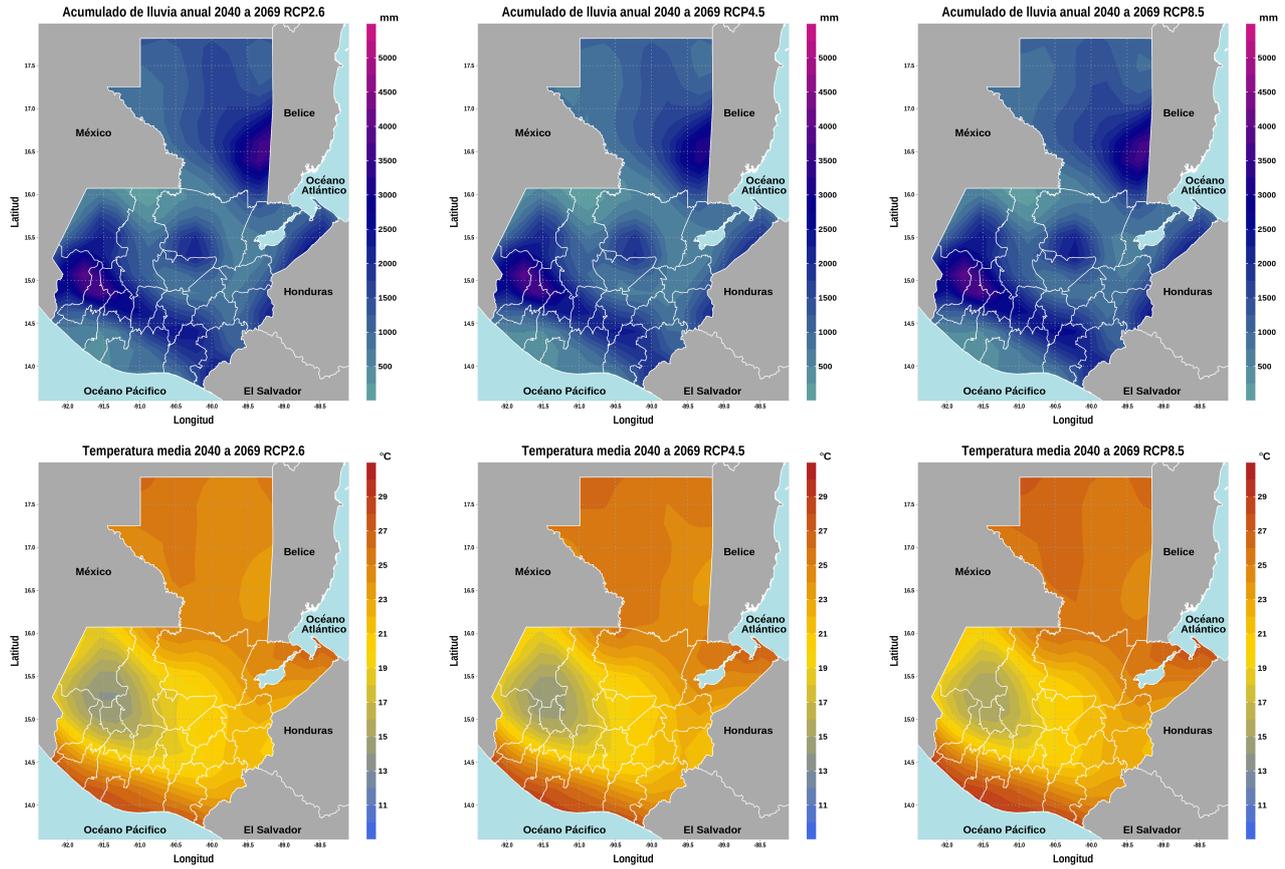


Figura 2.10: Proyección climática de acumulado de lluvia y temperatura media del escenario RCP durante el período de 2040 a 2069. Fuente: Elaboración propia.

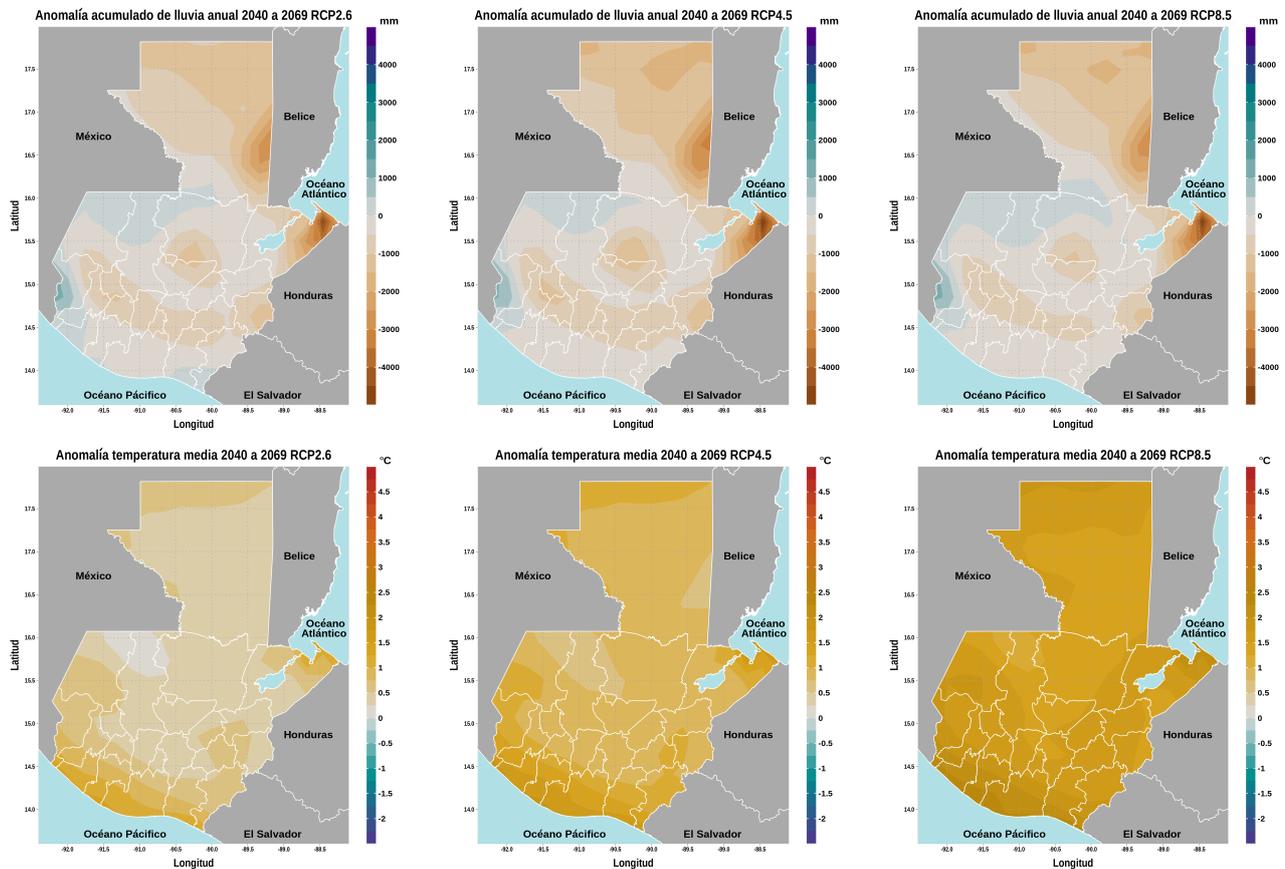


Figura 2.11: Proyección de anomalía climática de acumulado de lluvia y temperatura media de los escenarios RCP durante el período de 2040 a 2069. Fuente: Elaboración propia.

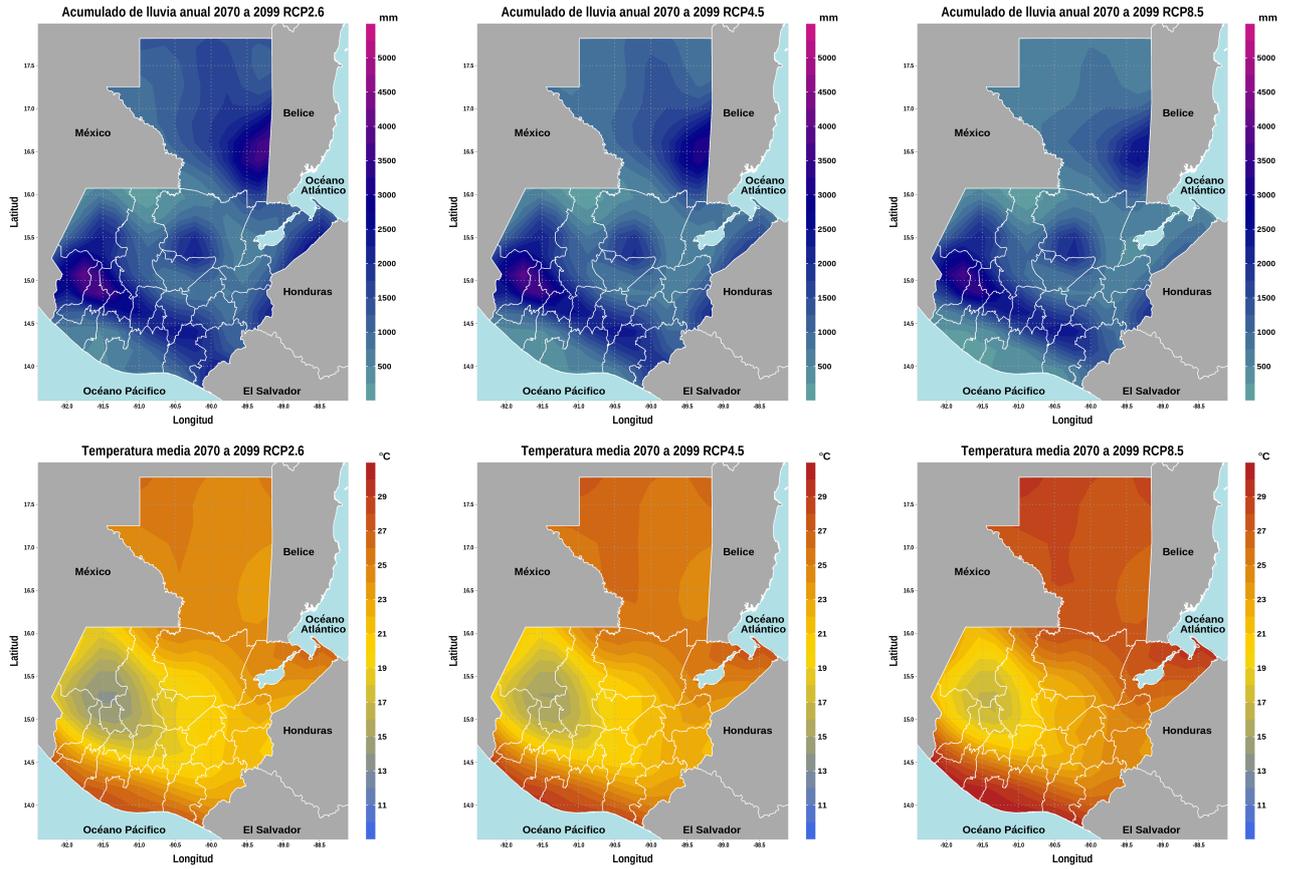


Figura 2.12: Proyección climática de acumulado de lluvia y temperatura media de los escenarios RCP durante el período 2070 al 2099. Fuente: Elaboración propia.

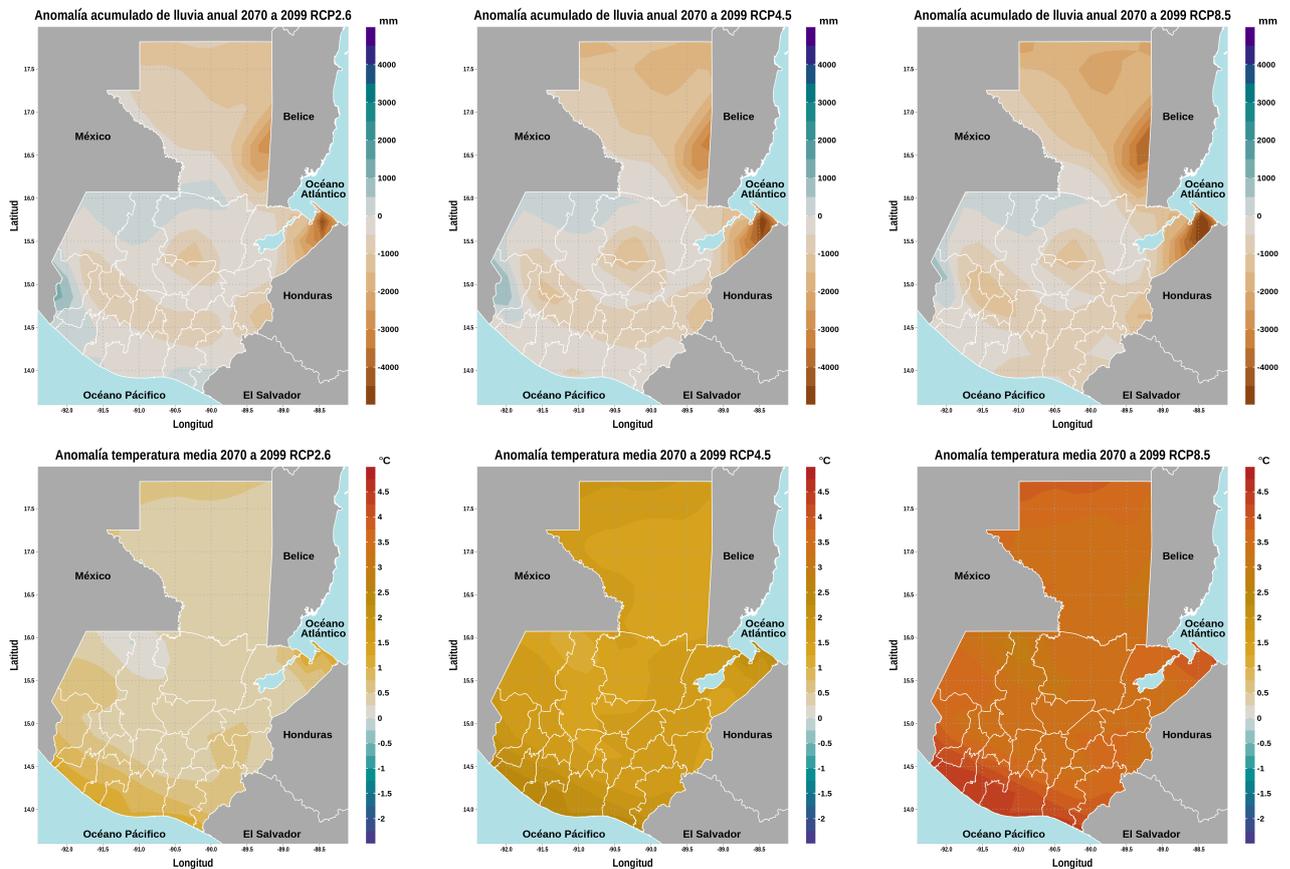


Figura 2.13: Proyección de anomalía climática de acumulado de lluvia y temperatura media de los escenarios RCP durante el período de 2070 a 2099. Fuente: Elaboración propia.

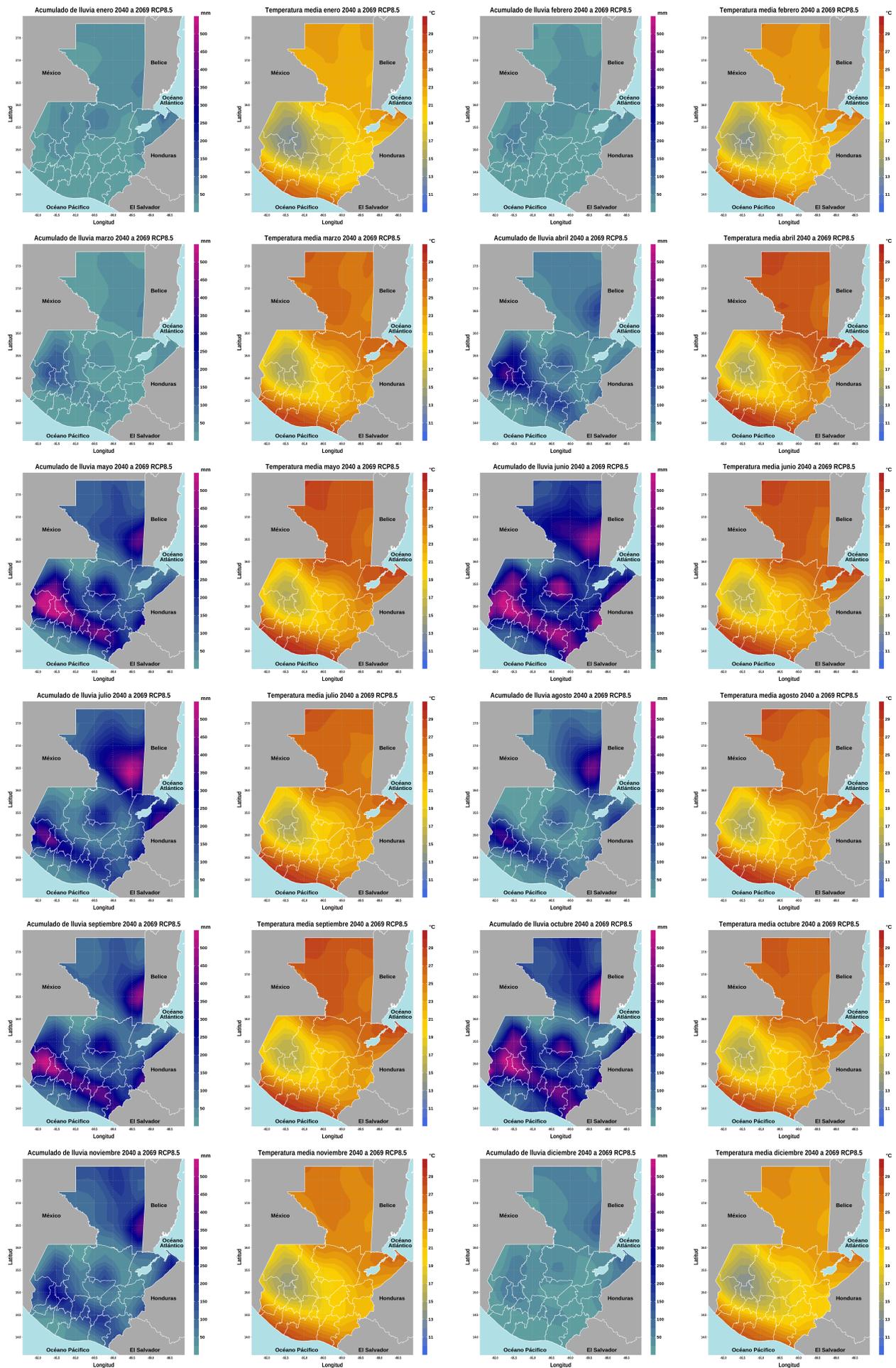


Figura 2.14: Proyección climática de enero a diciembre (izquierda a derecha) del escenario RCP8.8 periodo de 2040 a 2069. Fuente: Elaboración propia.

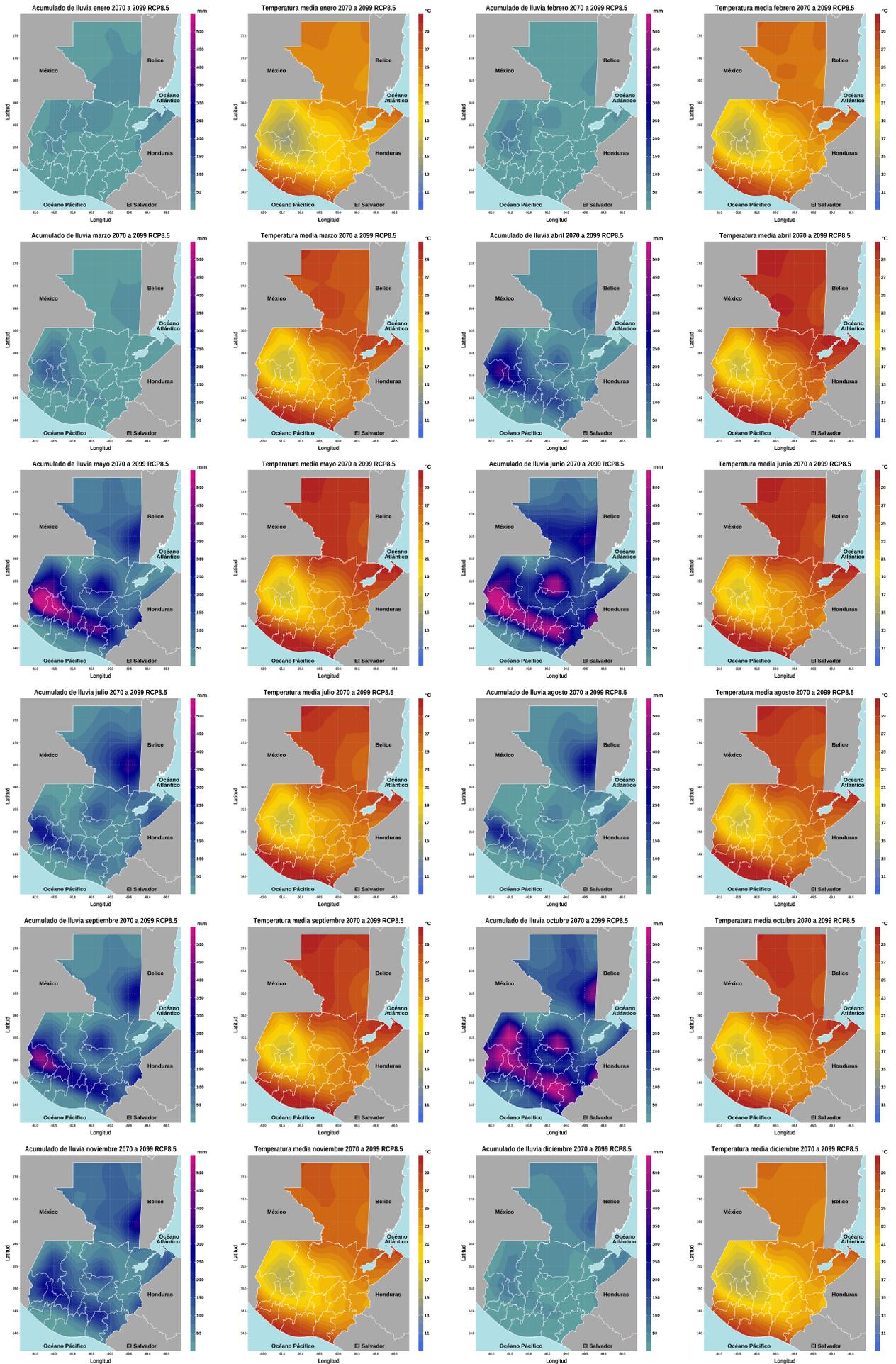


Figura 2.15: Proyección climática de enero a diciembre (izquierda a derecha) del escenario RCP8.5 período de 2070 a 2099. Fuente: Elaboración propia.



Figura 2.16: Análisis proyección climática de enero a diciembre (izquierda a derecha) de escenarios RCP del siglo XXI. Fuente: Elaboración propia.

2.2. PROYECCIÓN INTER-ANUAL



Figura 2.17: Anomalia proyección climática de enero a diciembre (izquierda a derecha) de escenarios RCP del siglo XXI. Fuente: Elaboración propia.



Conclusiones

Las proyecciones climáticas brindan un abanico de posibilidades con tendencias predominantes hacia el escenario RCP8.5 tanto en acumulado de lluvia como en temperatura media, este escenario se caracteriza principalmente por el alto incremento de temperatura y la escasez de lluvia, aunque esto último es fluctuante ya que a pesar que la tendencia climática es de disminuir, existen ciertos períodos de tiempo en los cuales puede haber un aumento de lluvia, para ser más claros, tiende a una escasez de lluvia a largo plazo con pequeños intervalos donde la lluvia estará concentrada en tiempos más cortos, creando así lluvias intensas, esto no es un escenario bueno para la mayoría de sectores, puesto que estamos propensos a sufrir inundaciones seguidas de sequías, ambas considerablemente fuertes.

Las proyecciones intra-anales e inter-anales resultaron muy satisfactorias, sin embargo es más importante analizar el comportamiento mes a mes a lo largo del siglo.

	Acumulado de lluvia	Temperatura media
Enero	RCP4.5	RCP8.5
Febrero	RCP4.5	RCP2.6
Marzo	RCP8.5	RCP8.5
Abril	RCP8.5	RCP8.5
Mayo	RCP8.5	RCP4.5
Junio	RCP4.5	RCP8.5
Julio	RCP8.5	RCP8.5
Agosto	RCP2.6	RCP8.5
Septiembre	RCP4.5	RCP8.5
Octubre	RCP8.5	RCP4.5
Noviembre	RCP2.6	RCP8.5
Diciembre	RCP2.6	RCP8.5

Cuadro 2.1: Resumen de tendencias de proyecciones climáticas con escenarios RCP

Los meses considerados lluviosos con nuestro clima actual son junio, julio, agosto, septiembre y octubre, los escenarios proyectan que dichos meses tendrán una disminución de lluvia considerable, entre 100 y 200 mm, a excepción de junio, entre 40 y 80 mm, el cual no proyecta una variación significativa, este dato es de vital importancia para la planificación del país y así poder aprovechar el agua proveído por la lluvia de junio. Cabe recordar que, aunque estos meses presenten disminución, se proyectan lluvias con más intensidad, es decir determinada cantidad de lluvia en menor tiempo. Con respecto a la temperatura media es razonable concluir un incremento de 2 a 4 °C, esta variable es más confiable al proyectar debido a su comportamiento.



Bibliografía

- [1] Walter Arnaldo Bardales, Leonel Campos, Rosario Gómez, Saturnino Ordóñez y Nora Machuca. *Variabilidad y cambio climático en Guatemala*. Departamento de Investigación y Servicios Climáticos, Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología -INSIVUMEH-, 2018.
- [2] CDKN. *El Quinto Reporte de Evaluación del IPCC, ¿Qué implica para Latinoamérica?*. Alianza Clima y Desarrollo, 2014.
- [3] INSIVUMEH. *Datos diarios de la red de estaciones para el período 1982 a 2016*. Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología, formato digital, Guatemala.
- [4] IPCC. *Quinto Informe de evaluación*. Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático, 2014.
- [5] IPCC. *Cambio Climático 2014. Informe de síntesis*. Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático, 2014.
- [6] Carlos Mansilla. *Primera Comunicación Nacional sobre Cambio Climático*. Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, Guatemala, 2001.
- [7] MARN. *Segunda Comunicación Nacional sobre Cambio Climático*. Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, Guatemala, 2015.
- [8] John Marshall and R. Alan Plumb. *Atmosphere, ocean and climate dynamics: An introductory text*. Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, Massachusetts, 2008.
- [9] Robert Oglesby and Clinton Rowe. *Informe Final Impactos climáticos para Guatemala: Resultados preliminares de los modelos climáticos regionales y globales IPCC AR5*. University of Nebraska, Lincoln.



PROYECCIONES DE
**CAMBIO
CLIMÁTICO**
EN GUATEMALA
-REDUCCIÓN DINÁMICA-

Resumen Técnico

**UNIDAD DE
CAMBIO CLIMÁTICO**

INSTITUTO NACIONAL DE
SISMOLOGÍA, VULCANOLOGÍA,
METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA

DICIEMBRE 2019