

Riesgo climático y estrategias financieras para su mitigación en el sector agua y saneamiento en ALC

Escenarios climáticos: Identificación de escenarios y recopilación de acuerdos para su mitigación

María Isabel Rojas Polanco
Jesús Andrades
José Rafael Córdoba
Yobany Quintero
Jesús Mejías

División de Agua y Saneamiento

NOTA TÉCNICA N°
IDB-TN-01901

Riesgo climático y estrategias financieras para su mitigación en el sector agua y saneamiento en ALC

Escenarios climáticos: Identificación de escenarios y recopilación de acuerdos para su mitigación

María Isabel Rojas Polanco
Jesús Andrades
José Rafael Córdoba
Yobany Quintero
Jesús Mejías

Abril 2020

Catalogación en la fuente proporcionada por la
Biblioteca Felipe Herrera del
Banco Interamericano de Desarrollo
Riesgo climático y estrategias financieras para su mitigación en el sector agua y
saneamiento en ALC: escenarios climáticos: identificación de escenarios y recopilación
de acuerdos para su mitigación / María Isabel Rojas Polanco, Jesús Andrades, José
Rafael Córdoba, Yobany Quintero, Jesús Mejías; editores, Mauro Nalesso, Alejandro
Liñayo.

p. cm. — (Nota técnica del BID ; 1901)

Incluye referencias bibliográficas.

1. Water-supply-Environmental aspects-Latin America. 2. Water-supply-Environmental
aspects-Caribbean Area. 3. Climatic changes-Risk management-Latin America. 4.
Climatic changes-Risk management-Caribbean. 5. Climate change mitigation-
Economic aspects-Latin America. 6. Climate change mitigation-Economic aspects-
Caribbean Area. I. Rojas Polanco, María Isabel. II. Andrades, Jesús. III. Córdoba,
José Rafael. IV. Quintero, Yobany. V. Mejías, Jesús. VI. Nalesso, Mauro, editor. VII.
Liñayo R., Alejandro, editor. VIII. Banco Interamericano de Desarrollo. División de
Agua y Saneamiento. IX. Serie.

IDB-TN-1901

Códigos JEL: Q25, Q28, Q51, Q54.

Palabras clave: Riesgo climático, estrategias financieras, agua y saneamiento,
escenarios climáticos.

Editores:

Mauro Nalesso

Alejandro Liñayo

<http://www.iadb.org>

Copyright © 2020 Banco Interamericano de Desarrollo. Esta obra se encuentra sujeta a una licencia Creative Commons IGO 3.0 Reconocimiento-NoComercial-SinObrasDerivadas (CC-IGO 3.0 BY-NC-ND) (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/igo/legalcode>) y puede ser reproducida para cualquier uso no-comercial otorgando el reconocimiento respectivo al BID. No se permiten obras derivadas.

Cualquier disputa relacionada con el uso de las obras del BID que no pueda resolverse amistosamente se someterá a arbitraje de conformidad con las reglas de la CNUDMI (UNCITRAL). El uso del nombre del BID para cualquier fin distinto al reconocimiento respectivo y el uso del logotipo del BID, no están autorizados por esta licencia CC-IGO y requieren de un acuerdo de licencia adicional.

Note que el enlace URL incluye términos y condiciones adicionales de esta licencia.

Las opiniones expresadas en esta publicación son de los autores y no necesariamente reflejan el punto de vista del Banco Interamericano de Desarrollo, de su Directorio Ejecutivo ni de los países que representa.



Riesgo climático y estrategias financieras para su mitigación en el sector agua y saneamiento en ALC

Escenarios climáticos:
Identificación de escenarios y recopilación de acuerdos para su mitigación



BID

Banco Interamericano
de Desarrollo

TABLA DE CONTENIDO

| | | |
|----------|--|----|
| I | Indice de figuras | 4 |
| | Indice de tablas | 6 |
| | Introducción | 7 |
| 1 | 1. Análisis exploratorio espacio temporal | 8 |
| | 1.1. Generalidades | 10 |
| | 1.2. Metodología | 13 |
| | 1.3. Resultados | 17 |
| | 2. Análisis exploratorio documental | 42 |
| | 2.1. Resultados del análisis exploratorio documental | 44 |
| | 2.1.1. Estatus actual de los (I)NDCs | 46 |
| | 2.1.2. Alcance de los compromisos mundiales | 46 |
| | 2.1.3. Alcance de los compromisos en la Región ALC | 46 |
| | 2.1.4. Alcance de los compromisos en las regiones Centro y Suramérica | 50 |
| 2 | 2.2. Síntesis de los (I)NDCs de los países de América Latina y el Caribe (ALC) | 51 |
| | 2.2.1. Caracterización de los GEI | 51 |
| | 2.2.2. Prioridades de mitigación del cambio climático | 52 |
| | 2.2.3. Prioridades de adaptación al cambio climático | 52 |
| | 2.2.4. Importancia de la vulnerabilidad | 52 |
| | 2.2.5. Consideración de pérdidas y daños (<i>L&D</i> , siglas en inglés) | 53 |
| | 2.3. Presupuesto para la implementación de los (I)NDCs | 54 |
| | 2.4. Necesidades de financiamiento de los (I)NDCs | 55 |

TABLA DE CONTENIDO

| | | |
|----------|--|-----------|
| 3 | 3. Análisis de compromiso país frente al cambio climático | 58 |
| | 3.1. Establecimiento de un índice de valoración | 59 |
| | 3.2. Valoración del índice de condiciones de impacto país frente al cambio Climático (CONIPAFCC) | 63 |
| C | Conclusiones | 65 |
| | Recomendaciones | 67 |
| | Referencias bibliográficas | 68 |
| A | Anexo I Metodología utilizada para la obtención de las regiones climáticas propuestas y evaluación de su comportamiento | 70 |
| D | Anexo II. Definición, estructura y metodología de análisis de la matriz de compromiso país al cambio climático | 79 |
| | Referencias bibliográficas | 91 |

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1

Componentes de una serie de tiempo. Fuente: Brun (2005)

14

FIGURA 2

Diagramas de Hovmöller para la precipitación y temperatura mensual

17

FIGURA 3

Resultados de los ACP: (a) precipitación mensual modo S y (b) temperatura mensual modo S

18

FIGURA 4

Serie de tiempo tipo de cada componente RCP de precipitación mensual, modo S

20

FIGURA 5

Serie de tiempo tipo de cada componente RCP de temperatura mensual, modo S

21

FIGURA 6

Componentes de precipitación, modo S

22

FIGURA 7

Componentes de temperatura, modo S

23

FIGURA 8

Estadístico de Mann-Kendall de la precipitación mensual

24

FIGURA 9

Estadístico de Mann-Kendall de la precipitación mensual con corrección por anomalías

24

FIGURA 10

Estadístico de Mann-Kendall de la temperatura mensual con corrección por anomalías

25

FIGURA 11

Estadístico de Mann-Kendall de la temperatura mensual con corrección por anomalías

25

FIGURA 12

Sectores homogéneos de variación por cambio climático

25

FIGURA 13

Variación de la estacionalidad de la precipitación mensual por sector climático

27

FIGURA 14

Variación de la estacionalidad de la temperatura mensual por sector climático

28

FIGURA 15

Precipitación RCP6.0

- (a) diferencia media 2011-2040
- (b) diferencia media 2041-2070
- (c) diferencia media 2071-2100
- (d) diferencia media 2011-2020
- (e) diferencia media 2011-2030
- (f) diferencia media 2011-2050

31

FIGURA 16

Temperatura RCP2.6.

- (a) diferencia media 2011-2040
- (b) diferencia media 2041-2070
- (c) diferencia media 2071-2100
- (d) diferencia media 2011-2020
- (e) diferencia media 2011-2030
- (f) diferencia media 2011-2050

34

FIGURA 17

Temperatura RCP4.5:

- (a) diferencia media 2011-2040
- (b) diferencia media 2041-2070
- (c) diferencia media 2071-2100
- (d) diferencia media 2011-2020
- (e) diferencia media 2011-2030
- (f) diferencia media 2011-2050

34

FIGURA 18

Temperatura RCP6.0:

- (a) diferencia media 2011-2040
- (b) diferencia media 2041-2070
- (c) diferencia media 2071-2100
- (d) diferencia media 2011-2020
- (e) diferencia media 2011-2030
- (f) diferencia media 2011-2050

35

FIGURA 19

Temperatura RCP8.5:

- (a) diferencia media 2011-2040
- (b) diferencia media 2041-2070
- (c) diferencia media 2071-2100
- (d) diferencia media 2011-2020
- (e) diferencia media 2011-2030
- (f) diferencia media 2011-2050

36

FIGURA 20

Número y año de publicación de las comunicación nacional de cambio climático

45

FIGURA 21

Compromiso de los países estudiados

61

FIGURA 22

Compromiso de los países estudiados

62

FIGURA 23

Índice CONIPAFCC para los países de ALC

63

FIGURA 24

Índice CONIPAFCC para el escenario RCP6.0

64

FIGURA 25

Índice CONIPAFCC para el escenario RCP8.5

64

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1

Interpretación de los diferentes componentes de precipitación y temperatura 19

TABLA 2

Resumen de tendencia estacional de la precipitación (color: ladrillo, disminuye precipitación; azul, aumenta precipitación) 29

TABLA 3

Tendencia de la precipitación mensual (mm/día) RCP6.0 y RCP8.527 30

TABLA 4

Tendencia de la temperatura (°C) RCP2.6 y RCP4.5 32

TABLA 5

Tendencia de la temperatura (°C) RCP6 y RCP8.5 33

TABLA 6

Resumen del comportamiento tendencial lineal de las regiones climáticas, en los escenarios. RCP6.0 y RCP8.0, en función de la precipitación (mm/día) y temperatura °C, cada diez años. 37

TABLA 7

Estatus del acuerdo de París 47

TABLA 8

Compromisos climáticos de los países de la región ALC en los (i)NDCs 48

TABLA 9

Prioridades de actuación en mitigación en los (i)NDCs 49

TABLA 10

Prioridades de actuación en adaptación en los (i)NDCs 50

TABLA 11

Tipo de gases efecto de invernadero e importancia de la vulnerabilidad en los (i)NDCs 51

TABLA 12

Consideración de pérdidas y daños como consecuencia de los impactos del clima en los (i)NDCs 53

TABLA 13

Costos estimados para la implementación de las medidas de mitigación y adaptación en los (i)NDCs 54

TABLA 14

Necesidades de apoyo financiero y técnico en los (i)NDCs 56

TABLA 15

Atributos de actuación-compromiso país por cada criterio 60

TABLA 16

Ponderación de criterios 60

TABLA 17

Prueba de SAATY 61

INTRODUCCIÓN

La identificación de los impactos del cambio climático y su incorporación a los procesos de planeación, diseño, construcción, operación y mantenimiento de infraestructura es un elemento clave para una mayor resiliencia (IADB, 2015). La evidencia indica que la consideración de los impactos del cambio climático en la construcción o reconstrucción de infraestructura reduce su vulnerabilidad e incrementa su vida útil, con costos adicionales que son generalmente inferiores a los costos necesarios para reparar o reconstruir (ADB, 2013a and 2013b).

Chisari and Galiani (2010) recomiendan medidas tipo costo-beneficio para reducir el riesgo climático en el sector de agua y saneamiento en Latinoamérica y el Caribe (ALC), incluyendo sistemas de alerta temprana para eventos climáticos extremos, o normas para edificaciones e infraestructuras para mejorar la eficiencia en el uso de agua. Pero resaltan la falta de investigaciones sobre posibles acciones con suficiente información sobre los costos relacionados con las diferentes opciones de adaptación, considerando los diferentes niveles de riesgo y los beneficios para los individuos y para la sociedad.

Estimaciones generales del costo económico del cambio climáticos en ALC varían considerablemente. Algunos estudios estiman el daño o pérdida anual de infraestructura, tierra y ecosistemas en costo monetario total (Toba 2009, Curry et al. 2009), otros lo calculan en términos de pérdida de PIB (Dasgupta et al. 2007), y otros en términos de daño físico como km de vías perdidos, etc. (CEPAL 2011). Específicamente para estimar impacto del cambio climático y los costos relacionados para el sector de agua y saneamiento se tiene muy poca información disponible. Algunos operadores en ALC han desarrollado un esquema para inversiones relacionadas con protección climática (protección de fuentes de agua e infraestructura relacionada). Pero en líneas generales se ha prestado poca atención a sistematizar el análisis de las necesidades y del costo relacionado a la adaptación climática del sector.

El objetivo de este estudio fue, en primer lugar, el de definir el significado de riesgo climático y financiación climática para el sector de agua y saneamiento en ALC. Dicha definición se enfocó en 3 ámbitos: Agua y Saneamiento, desechos sólidos y aludes torrenciales e inundaciones.

El estudio se presenta en 3 componentes:

- Escenarios climáticos
- Análisis sectorial
- Metodológica para estimar los beneficios y costos económicos de adaptación y mitigación al cambio climático en el sector de agua y saneamiento; que permita priorizar y dimensionar las inversiones climáticas en estos sectores y orientar las NDCs

El análisis sectorial presenta los siguientes análisis:

- Visión general del sector en América Latina y el Caribe, ante el cambio climático
- Implicaciones de los acuerdos de París (NDC's) en la gestión integral del sector de agua y saneamiento, ante el cambio climático
- Aportes para la estimación de inversiones de adaptación en el sector de agua y saneamiento

El componente 1 se encuentra integrado por 2 informes

- Identificación de escenarios previstos de cambio climático en América Latina y el Caribe, recopilación de acuerdos para su mitigación y visión del sector de agua y saneamiento.
- Efecto del cambio climático sobre las variables que pueden modificar el riesgo de ocurrencia de inundaciones y/o aludes torrenciales

El componente 2 se encuentra integrado por 3 informes

- Agua y saneamiento
- Residuos sólidos
- Inundaciones y aludes torrenciales

El presente documento corresponde al COMPONENTE 1:

Escenarios climáticos y presenta la identificación de escenarios previstos de cambio climático en América Latina y el Caribe, recopilación de acuerdos para su mitigación y visión del sector de agua y saneamiento, en el mismo se hace la Identificación de escenarios previstos de cambio climático en América Latina y El Caribe, fundamentada en un diagnóstico del riesgo climático potencial por cambio climático, para lo cual se realizó un análisis exploratorio estadístico espacio temporal (AEDT), a partir de la data media de los Modelos Globales de Circulación Atmosférica para cada uno de los escenarios de forzamiento radiativo (RCP2.6; RCP4.5; RCP6.0 y RCP8.5) de las variables precipitación y temperatura media mensual, en el periodo 1985-2100; y posteriormente se realizó un análisis documental del posible impacto del Cambio Climático, a partir de la revisión de las Comunicaciones Nacionales emitidas por los países adscritos al BID en América Latina y El Caribe, conformando una matriz de información, que sirvió para la estimación de la del compromiso de los países y la condición de impacto frente al Cambio Climático. El documento busca presentar una breve visión del sector de las diferentes regiones de LAC a saber: Centroamérica, Suramérica y el Caribe, para luego destacar los aspecto más importantes a los fines que persigue el presente ámbito al CC, seguidamente se hace una revisión del estado del arte de las metas alcanzadas por cada país con respecto al objetivos del milenio, aspecto considerado como línea base para referir los pasivos o compromisos básicos que han alcanzado cada país en la resolución de sus necesidades con respecto al Convenio Marco de las Naciones Unidas.

The background features abstract, overlapping shapes in light blue and light green. Two stylized green leaves are positioned in the top right and bottom left corners. A horizontal white band is centered across the page, containing the main title.

1. ANÁLISIS EXPLORATORIO ESPACIO TEMPORAL

1.1. GENERALIDADES

En el presente documento no existe duda que el calentamiento del sistema climático es inequívoco e irreversible, y se ha observado desde 1950, con un incremento de temperatura en la atmósfera y los océanos, cuyo efecto principal ha sido controlar o modificar a la variabilidad climática natural, con cambios en los patrones de temperatura, presión, viento, y precipitación; la ocurrencia e intensidad de ciclones tropicales y eventos extremos a nivel global.

Otra consecuencia de este calentamiento es la disminución de la cantidad y extensión de las masas de hielo y nieve, con un retroceso evidente en los glaciares que reducen la disponibilidad de agua, particularmente en las regiones dependientes del derretimiento proveniente de sistemas montañosos.

Así mismo, otro efecto de manera global es el nivel del mar que ha subido y, de manera prominente las concentraciones de gases de efecto invernadero han aumentado, modificando el forzamiento radiativo en el balance energético de la Tierra y una mayor acidificación oceánica.

De acuerdo con el IPCC (2013), el calentamiento continuará mostrando una variabilidad entre interanual y decadal, y no será uniforme entre las regiones y en relación con los cambios que se pueden producir en el ciclo global del agua, en respuesta al calentamiento durante este siglo, también serán diferentes. Se tiene la premisa que se acentuará el contraste en las precipitaciones entre las regiones húmedas y secas, con excepciones regionales, con una incidencia directa, no solo en la disponibilidad del recurso agua, sino también en su manejo y posibles impactos por eventos extremos (veranillos, sequías más intensas e inundaciones). Así mismo, el IPCC informa que en la mayoría de las regiones habrá más episodios relacionados con extremos de altas temperaturas y menos relacionados con extremos de bajas temperaturas, además de una alta probabilidad de que las olas de calor y fríos invernales sean más frecuentes y tengan mayor duración.

De manera específica en la región de El Caribe, el cambio climático ha controlado la variabilidad climática, la cual es regulada por varios fenómenos o patrones climáticos, incluyendo la Zona de Convergencia Inter Tropical (ZITC), el Monzón de Norteamérica (NAMS, siglas en inglés), el ciclo anual resultante de la interacción atmósfera-océano y la Alberca de Agua Caliente en el Pacífico Tropical (WHWP), por ejemplo. También, el Jet de niveles bajos (LLJ, siglas en inglés) es un elemento clave para el verano, el cual es controlado por el tamaño y la intensidad de la WHWP. De igual forma, el fenómeno El Niño/Oscilación del Sur (ENOS) es el principal regulador de la variabilidad climática, el cual se asocia a condiciones secas y La Niña hacia condiciones húmedas. Por otra parte, se resalta que las zonas subtropicales marcan una tendencia a condiciones más secas, acorde al calentamiento global; sin embargo, en la región de Centro América y El Caribe es donde más se agudiza esa situación. Se estima que esa posible condición se relacione a un fortalecimiento del Jet de Niveles Bajos en El Caribe, así como a la subsidencia sobre la región de El Caribe asociada a un mayor calentamiento de las

temperaturas superficiales del mar en el Atlántico y Pacífico Tropicales. Un ensamble de simulaciones globales de alta resolución usando condiciones de frontera de modelos regionalizados confirma que la circulación en los mares intra americanos se debilitará y pudiera causar que el Golfo de México se caliente menos que otros mares.

También, los experimentos de reducción de escala muestran un calentamiento de entre 2°C y 3°C. En cuanto a la precipitación se encuentra que decrece sobre toda la región de El Caribe, siendo consistente con la señal de Cambio Climático a nivel global. Sin embargo, se destaca que solo pocos estudios de reducción de escala toman en cuenta elementos clave del clima regional, tales como, la actividad de las ondas del este o los mecanismos de variabilidad climática relacionados al ENOS. En ese sentido, la región seguirá fuertemente influenciada por los cambios de dicho fenómeno, pero sus cambios en el futuro en términos de intensidad y duración siguen siendo inciertos.

En el caso de Sudamérica, en general, el 4AR ya indicaba que las proyecciones de América del Sur muestran un aumento progresivo de la media de temperatura entre 1°C y 4°C en el escenario de emisiones más bajas o B2, y de entre 2°C y 6°C en el escenario de emisiones más altas o A2. Así también, las proyecciones climáticas muestran un persistente aumento de eventos climáticos extremos. Se espera una intensificación de las lluvias en las regiones tropicales y el sureste de América del Sur, donde el promedio de las cifras que arrojan los modelos climáticos indican un aumento de la precipitación del 10% con una tendencia creciente en el noroeste del Ecuador, el Perú, el sureste de América del Sur y reducciones en el este de la Amazonia y el noreste del Brasil y el centro norte de Chile, entre otras regiones.

Para el 5AR, establece que Sudamérica es afectada por diversos fenómenos de la variabilidad climática, entre ellos el más importante, el Fenómeno de El Niño. También el Sistema Monzónico de América del Sur (SAMS, por siglas en inglés) responsable de las lluvias en una gran extensión. Mientras que la Zona de Convergencia de Sudamérica (SACZ) y la ZITC son las que afectan directamente a la precipitación, existen otras teleconexiones globales que ejercen influencia sobre la variabilidad del clima regional, como las referidas anteriormente.

En términos generales, el 5AR también indica que existe una tendencia positiva en los valores mínimos de la temperatura para Sudamérica, así como una retracción de los hielos glaciares en la zona tropical de los Andes en las últimas 3 décadas. Se destaca en contraste al calentamiento sobre la parte continental, se ha detectado por 30 a 50 años un enfriamiento en las zonas costeras que va desde la parte central del Perú al norte y centro de Chile. En términos de la precipitación, incluyen un significativo incremento durante el siglo presente y sobre el sector sur y sureste de Sudamérica, como una tendencia negativa en la región continental de la SACZ, así como una bipolaridad en el territorio chileno.

Sin duda, algo a mencionar de acuerdo al 5AR existe un nivel de confianza alto en cuanto a que el fenómeno El Niño/Oscilación del Sur (ENOS), seguirá siendo el modo dominante de variabilidad interanual en el Pacífico tropical, con efectos que se sentirán a nivel mundial en el siglo XXI. En razón del aumento de humedad existente, es probable que a escalas regionales se intensifique la variabilidad en la precipitación conexas al fenómeno ENOS. Las variaciones

naturales de la amplitud y el patrón espacial de ese fenómeno son grandes y, por lo tanto, persiste un nivel de confianza bajo en cualquier cambio proyectado concreto para el siglo XXI, en relación con el fenómeno ENOS y con los fenómenos regionales conexos.

La Región de América Latina y el Caribe, según expresa CEPAL (2009), es una de las más ricas y variadas del planeta en muchos aspectos, siendo una región mega biodiversa, con la mayor reserva hidrológica del planeta y un inmenso mosaico cultural. Pero también enfrenta problemas sociales muy serios en relación con la desigualdad y la pobreza y son muchas las dificultades para encontrar, en esta época de rápida globalización, sin embargo, existen pautas de desarrollo que conducen a una sostenibilidad capaz de responder a los retos sociales y ambientales del presente y para las generaciones futuras.

Bajo estas condiciones, sin duda alguna, el riesgo climático es una barrera para el desarrollo en términos de los recursos que se perderán o deberán reasignarse para adaptarse a sus efectos negativos. Sin embargo, también representa una oportunidad para buscar un desarrollo de mejor calidad, con más inversiones en medidas estructurales y no estructurales que puedan mitigar algunas externalidades ambientales negativas del proceso de desarrollo.

En este sentido, la evaluación de los riesgos climáticos futuros en el sector de provisión de agua y saneamiento, protección contra inundaciones, manejo integrado de desechos y residuos sólidos, en la Región de América Latina y El Caribe, se puede fundamentar en el uso de la información generada a partir de los estudios de país, reportes básicos, anexos técnicos del IPCC (2013-2014), evaluaciones del cambio climático realizados por CEPAL y particularmente generado por las Comunicaciones Nacionales a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), bajo un enfoque combinado de amenazas y vulnerabilidades, en donde la sensibilidad del sistema al Cambio Climático sea comprendida a nivel regional con horizontes de planificación comunes, estimando las incertidumbres futuras a ser manejadas con escenarios climáticos y socioeconómicos que permitan medir el impacto y asignar prioridades de adaptación.

El presente informe está enmarcado en la actividad del El Estado del Arte, el cual se realizó a través de un estudio exploratorio, que conducirá a una regionalización preliminar del comportamiento climático determinado a través de un análisis estadístico que incluye las dimensiones espaciales y temporales, en el análisis de los datos climáticos de precipitación y temperatura, enmarcados en los *Representative Concentration Pathways* (RCPs). Estos representan cuatro escenarios de concentración de gases de efecto invernadero (no emisiones) adoptadas por el IPCC para su quinto informe de evaluación (5AR) en 2014.

Los escenarios se utilizan para el modelado e investigación de datos climáticos y describen cuatro posibles futuros climáticos, los cuales se consideran viables dependiendo de la cantidad de gases de efecto invernadero que se emitan en los próximos años. Los cuatro RCP: RCP2.6, RCP4.5, RCP6.0 y RCP8.5, reciben el nombre de un posible rango de valores de forzamiento radiativo en el año 2100, con respecto a valores preindustriales (+2.6, +4.5, +6.0 y +8.5). Por lo que En consecuencia se requiere analizar el comportamiento de los distintos RCP para las variables precipitación y temperatura mensual en el espacio-tiempo.

1.2. METODOLOGÍA

Se procedió realizar un Análisis Exploratorio Espacio de Datos Temporal (AEDT), a partir de la obtención de la data media de los Modelos Globales de Circulación Atmosférica: BCC-CSM1-1; BCC-CSM1-1; M BNU-ESM; CANESM2; CCSM4; CESM1-CAM5; CNRM-CM5; CSIRO-MK3-6-0; EC-EARTH; FGOALS-G2; FIO-ESM; GFDL-CM3; GFDL-ESM2G; GFDL-ESM2M; GISS-E2-H; GISS-E2-H; GISS-E2-H; GISS-E2-R; GISS-E2-R; GISS-E2-R; HADGEM2-AO; HADGEM2-ES; IPSL-CM5A-LR; IPSL-CM5A-MR; MIROC5; MIROC-ESM; MIROC-ESM-CHEM; MPI-ESM-LR; MPI-ESM-MR; MRI-CGCM3; NORESM1-M; NORESM1-ME; para cada uno de los escenarios de cambio climático (RCP2.6; RCP4.5; RCP6.0 y RCP8.5) de las variables precipitación media mensual y temperatura media mensual disponibles en: <https://climexp.knmi.nl/> la cual corresponde con un servidor de descarga de los datos oficiales provenientes del IPCC, los mismos disponen de dos servicios:

- I. Producto comparativo entre las medias del atlas climatológico del IPCC cada 20 años para la variable de análisis y escenario de cambio climático (Diferencias media histórica 1985-2005, por escenario de cambio climático para diferentes períodos), ajustada a la lista de las áreas predefinidas del IPCC WG1, con cobertura mundial, continentes y las áreas utilizadas en el IPCC WG1 AR5, contenidas en el Anexo I "Atlas" (que incluye todas las coordenadas).
- II. Producto definido por los distintos escenarios de ambas variables evaluadas para el cambio climático y sus proyecciones históricas del periodo 1860-2100 en formato Grid NTCDF, en este caso a partir del año 1985, se consideró el periodo de trabajo como 1985-2100 para cada uno de los RCP, de las variables precipitación y temperatura media mensual.

Se aplicó el AEDT asumiendo una tipología de datos de panel univariantes, definidos como una combinatoria de la dimensión temporal propia de la serie de tiempo y otra de corte transversal del tipo espacial (Gujarati y Porter, 2010). Para realizar este análisis, se parte de los cuatro componentes fundamentales definidos en una serie de tiempo: 1) Tendencia, 2) Estacionalidad, 3) Ciclos y 4) Componente Irregular (Figura 1), aunado a los procesos estocásticos que se involucran en la dimensión temporal. Para realizar inferencias estadísticas se deben hacer algunas suposiciones simplificadoras (y presumiblemente razonables), en la estructura del proceso.

El supuesto más importante es el de estacionariedad, se asume que el comportamiento del proceso no cambia con el tiempo. En cierto sentido, según Cryer y Chan (2008), se tiene el proceso en equilibrio estadístico de la estacionariedad débil ó en segundo orden en series temporales (medias constantes $E(y_t) = \mu$ varianzas constantes $Var(y_t) = \sigma^2$ y, que la covarianza

entre las observaciones disminuye conforme aumenta el retardo temporal), así como el fenómeno de autocorrelación espacial (covarianza espacial) y heterogeneidad espacial.

Se realizó un Análisis de Componentes Principales (PCA, por sus siglas en inglés), en la búsqueda de patrones recurrentes de variabilidad en una serie de tiempo o entre un grupo de series, esto con el fin de identificar variabilidad en el tiempo en cada una de las variables climáticas y, determinar regiones homogéneas en cada escenario RCP. Se trabajó en el modo S, donde cada píxel se considera una variable y el análisis busca patrones temporales recurrentes sobre el espacio. En este caso se planteó realizar los PCA sin el proceso de corrección estacional, ya que pueden existir patrones espaciales y temporales bien diferenciados (Cressie y Wikle, 2015).

Los PCA son una técnica utilizada para reducir la dimensionalidad de un conjunto de datos (Shlens, 2014), la misma ha sido aplicada por Hurtado y Mesa (2015) para la variable precipitación, utilizado en el análisis de la variabilidad y cambio climático espacio temporal en la geografía colombiana.

Posteriormente, se realizó un análisis de la estructura de la tendencia y un análisis estacional de la tendencia temporal (Figura 1), con la finalidad de evaluar si la precipitación y la temperatura, como se mencionó anteriormente, están sujetas a un proceso de tendencia, utilizando para ello lo siguiente:

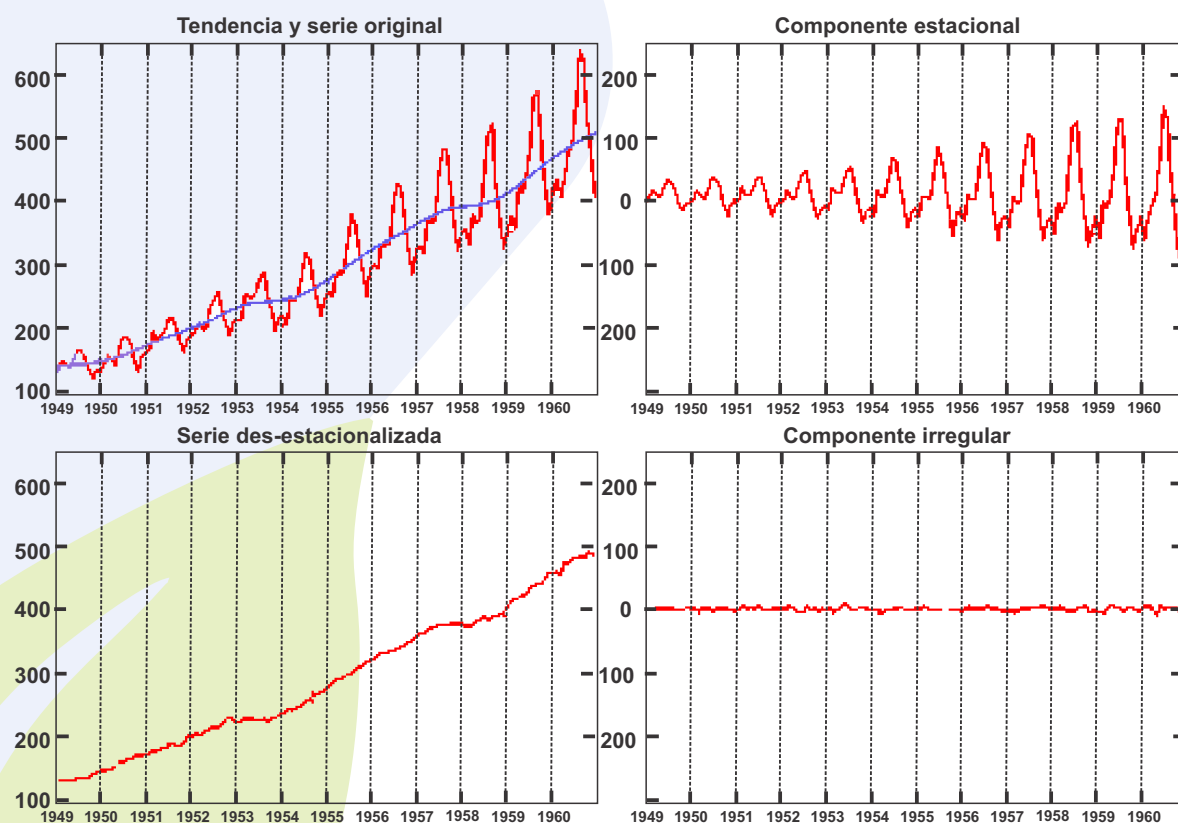


Figura 1. Componentes de una serie de tiempo. Fuente: Brun (2005)

a. Análisis de la tendencia en el tiempo: Se partió de la evaluación del comportamiento de la media en el tiempo para cada uno de los escenarios, a fin de evaluar la estacionariedad en segundo orden por media, esto $E(y)=\mu$ es decir, se está evaluando si la variable de interés tiene tendencia en el tiempo (Cryer y Chan, 2008). La pregunta en este caso es si los datos de precipitación y temperatura para cada uno de los escenarios poseen tendencia en el tiempo y su estructura espacial del dato Panel, es decir, el dato medido en cada píxel en el tiempo presenta media no constante y están inmersos en un proceso de aumento o disminución de la variable.

Para constatar esta hipótesis se usó el estimador de tendencia de Mann-Kendall, este proporciona un indicador de tendencia no paramétrico (este es un indicador flexible que tiene la capacidad de incluir tendencia lineal o no lineal) que mide el grado en que una tendencia está constantemente aumentando o disminuyendo. Tiene un rango de -1 a $+1$. Un valor de S igual a $+1$ indica una tendencia que aumenta y nunca disminuye continuamente. Lo contrario es cierto cuando tiene un valor de -1 . Un valor de 0 indica que no hay una tendencia coherente (Hipel y McLeod, 1994; Drápela y Drápelová, 2011). La estimación se realiza por la Ecuación 1.

$$(x_j - x_k) \begin{cases} 1 \text{ si } (x_j - x_k) > 0 \\ 0 \text{ si } (x_j - x_k) = 0 \\ -1 \text{ si } (x_j - x_k) < 0 \end{cases} ; S = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=k+1}^n \text{signo} (x_j - x_k) \quad (1)$$

Es importante destacar que el análisis de la tendencia utilizando el indicador de Mann- Kendall se realizó, tanto para los datos de precipitación y temperatura media mensual de cada escenario con el efecto de la estacionalidad propia de la variable, como para una corrección de la estacionalidad utilizando un análisis de las anomalías, definidas como la diferencia entre los valores observados y la media cada 30 años (esta corrección se realizó bajo el supuesto de que la estacionalidad podría estar enmascarando la tendencia en el proceso estocástico y las pruebas sean sensibles a tal situación, que necesiten una corrección de la estacionariedad de segundo orden, pero en este caso para convertir las varianzas en un proceso constante). Se utilizó como periodo de trabajo, 1985 a 2100.

b. Análisis de la tendencia estacional en el tiempo: Es decir, el cálculo de las tendencias en los parámetros estacionales para evaluar cambios de la forma a través del modelado de la curva estacional de cada año y analizar las tendencias en el parámetro anual medio, los parámetros estacionales y el momento del evento. Este análisis permite detectar alteraciones de varianza y con ello descubrir extremos espacio temporales.

El análisis se realizó utilizando técnicas de regresión armónica o análisis de amplitud estacional, cuyo procedimiento se basa en una etapa inicial de análisis armónico de cada año en la serie para extraer los armónicos anuales y semianuales (Figura 1). Las tendencias en los parámetros de estos armónicos a lo largo de los años se analizan mediante un procedimiento robusto de pendiente mediana, aplicando el estadístico de Mann-Kendall Contextual (CMK) para evaluar tendencias significativas. Esta prueba utiliza el principio de autocorrelación espacial para caracterizar fenómenos geográficos, según el cual no se esperaría que un píxel exhibiera una tendencia radicalmente diferente de los píxeles vecinos, en este caso se hace uso de la estructura panel de los datos. Por último, las imágenes de estas tendencias se utilizan para crear composiciones de color destacando las amplitudes y fases de las tendencias estacionales (Eastman, et al. 2009; Neeti y Eastman, 2011).

Para la estimación del PCA en modo S, el estimador de tendencia de Mann-Kendall y el Análisis de la tendencia estacional en el tiempo, se utilizó el software Idrisi Selva y el conjunto de herramientas disponibles dentro de este software llamadas Earth Trends Modeler. Este se encuentra diseñado para el análisis de Cambio Climático, es una herramienta para el análisis de series temporales de imágenes de satélite que permitela observación de tendencias y patrones espacio-temporales en variables estructurales de los sistemas terrestres, como la temperatura atmosférica y las precipitaciones. Este conjunto de herramientas ha sido recomendado para su uso por diversos autores, tales como: Eastman, et al. (2013); Liu, et al. (2003); Thenkabail (2015); Blanco (2015).

En vista que el estadístico de Mann-Kendall no estima ningún parámetro, ya que es una prueba no paramétrica, y que existe la necesidad de estimar un parámetro de crecimiento o decrecimiento de la variable en el tiempo, así como su magnitud. Se evaluó el comportamiento de la media en el tiempo, mediante la aplicación de un modelo lineal de forma: $Y_{i,j} = A + \beta_i X + \varepsilon$, utilizando como variable dependiente, tanto la precipitación mensual (mm/día) como la temperatura (°C) y; como variable independiente, el tiempo.

El modelo fue estimado por el método de los Mínimos Cuadrados Generalizados (GML), el cual permite ser un poco más flexible ante la presencia de alguna violación de los supuestos del modelo de regresión lineal tradicional para cada zona (Gujarati y Porter, 2010), en donde se totalizaron aquellos modelos donde el parámetro β_i fue significativo a un nivel de significancia del 5%, ya que este es el indicador del comportamiento lineal de la tendencia dentro de cada uno de las regiones caracterizadas previamente. Finalmente, se estimaron únicamente para las pendientes significativas los incrementos y decrementos de cada región y cada variable, para los siguientes periodos: 2011-2040, 2041-2070 y 2071-2100, y años especiales para la toma de decisiones: 2020, 2030, 2050, tomando como año de referencia, para estos últimos, el 2011. Para ello se utilizó el lenguaje programación R.

1.3. RESULTADOS

Se presentan en la Figura 2, los diagramas de Hovmöller (1949) de precipitación y temperatura mensual, estos diagramas se realizaron utilizando el software Idrisi Selva, a través del conjunto de herramientas del Earth Trends Modeler. El diagrama de Hovmöller es una forma comúnmente utilizada para trazar datos meteorológicos y resaltar el papel de las ondas. Los ejes de un diagrama de Hovmöller son típicamente longitud o latitud (abscisa o eje x) y tiempo (ordenada o eje y), con el valor de algún campo representado a través de color o sombreado. La versión que se representa en la Figura 2, es una forma comúnmente utilizada para representar datos climáticos en el espacio-tiempo; en este caso se representa como un cubo espacio temporal, que diagrama la estructura panel en el espacio-tiempo por cada RCP.

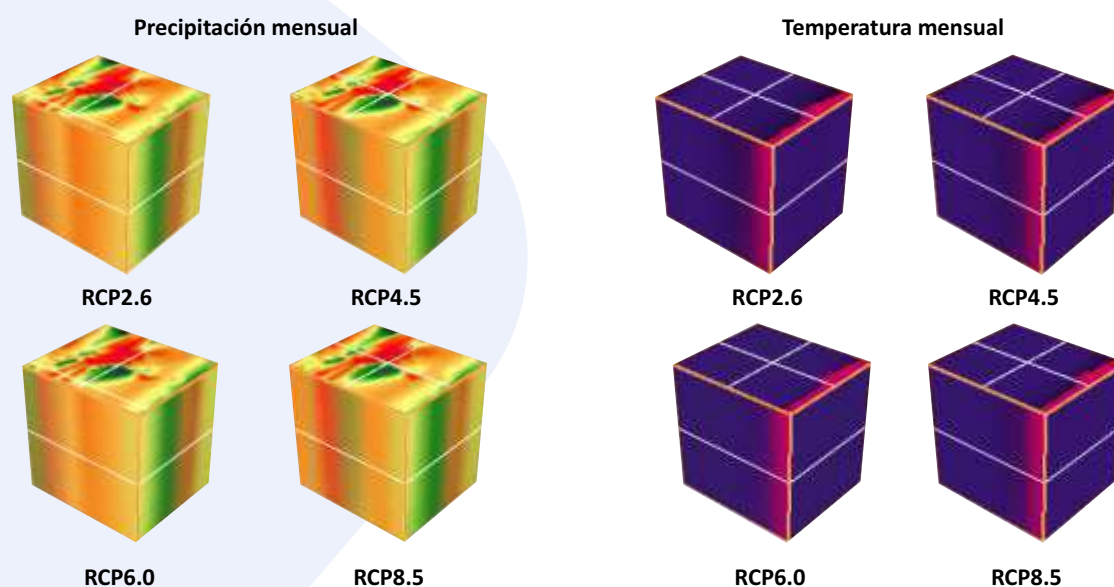
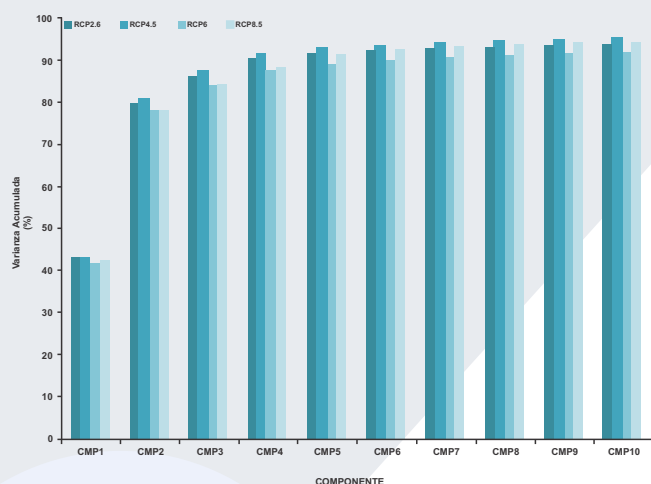
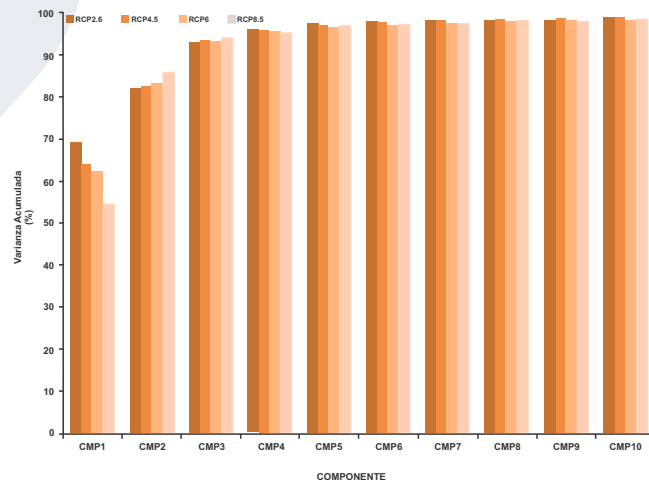


Figura 2. Diagramas de Hovmöller para la precipitación y temperatura mensual

Los resultados del PCA de la precipitación y temperatura mensual para el Modo S indican, que la variación temporal se puede sintetizar en los cuatro primeros componentes, estos sintetizan los patrones temporales entre 87 y 95% de la varianza de los distintos RCP, en los primeros cuatro componentes (Figura 3). Por ello se seleccionaron los cuatro primeros componentes por variable RCP, ya que ellos concentran entre el 87 y 95% de la información de las series de tiempo de las variables precipitación y temperatura de los distintos RCP.



(a)



(b)

Figura 3, Resultados de los ACP: (a) Precipitación mensual Modo S y (b) Temperatura mensual Modo S

En las Figuras 4 a 7, se presentan las series de tiempo tipo y los patrones espaciales recurrentes a lo largo del tiempo o componentes Modo S para ambas variables, estos son derivados de cada componente seleccionado. Es importante acotar que estos gráficos son representativos de forma directa o inversamente proporcional dependiendo del signo del componente, si el signo en el área de interés es positivo, indica un proceso directamente proporcional a la serie, de caso contrario, será inversamente proporcional; es decir, si el valor es positivo, tal como está aquí, entonces eso indica que ambas dimensiones aumentan en conjunto (Smith, 2015), ello indica que los componentes que tienen tendencia y alteraciones de la tendencia estacional en el Modo S, son susceptibles a cambios en el tiempo, esto indicaría que la zonas con alta correlación positiva o negativa con el componente de análisis que poseen tendencia o tendencia estacional, son las zonas susceptibles a cambio climático.

Es importante acotar que el primer componente de precipitación o temperatura de cada escenario de Cambio Climático representa la variabilidad norte/sur de la variable de análisis, donde se estableció como prioridad evaluar los componentes 2 y 3 de cada uno de ellos, se nota que estos componentes poseen tendencia. Un aspecto clave en PCA es la interpretación de los componentes, sino que será deducida tras observar la relación de los factores con las variables iniciales, por lo que se requirió estudiar el signo y magnitud que presenta cada componente en el espacio. Por ello se presenta una interpretación de los componentes 2, 3 y 4 para ambas variables (Tabla 1), excluyéndose el componente 1, pues se evidenció que este agrupa la variabilidad norte/sur.

Tabla 1. Interpretación de los diferentes componentes de Precipitación y Temperatura

| Regiones / Zonas | Precipitación | | | Temperatura | | |
|---|---|--|--|--|--|---|
| | Comp2 | Comp3 | Comp4 | Comp2 | Comp3 | Comp4 |
| Regiones directamente Proporcional | Venezuela y Zona Sur de Argentina y Chile | Zona Norte de Brasil, Surinam, Guyana Francesa y Amazonía Venezolana | Centro de Colombia y Ecuador | Sudamérica | Sudamérica excluyendo Colombia y Venezuela | Norte de la Amazonia |
| Interpretación Directamente Proporcional | Tendencia a aumentar en los RCP4.5; RCP6.0 y RCP8.5 | Tendencia a disminuir en los RCP4.5; RCP6.0 y RCP8.5 | Tendencia a Aumentar en los RCRCP4.5; RCP6.0 | Tendencia a Aumentar en los RCP2.6 y RCP8.5 | Tendencia a Aumentar en los RCP4.5 y RCP8.5 | Tendencia a Aumentar en el RCP 6.0 |
| Zonas Representativas Inversamente Proporcional | Golfo de México y las Bahamas; Franja de Zona Central de Colombia hasta la Zona Central de Argentina y Chile incluye la Amazonia y El Chaco | No se identifica una región con alta correlación (superior a un valor absoluto de 0.5) | Centro de Colombia y Ecuador | Franja entre el Trópico de Cancer y Trópico de Capricornio | Sudamérica excluyendo Colombia y Venezuela | Norte de la Amazonia |
| Interpretación Inversamente Proporcional | Tendencia a disminuir en los RCP4.5; RCP6.0 y RCP8.5 | No aplica | Tendencia a Aumentar en el RCP 8.5 | Tendencia a Aumentar en los RCP4.5 y RCP6.0 | Tendencia a aumentar en el RCP6.0 a Aumentar | Tendencia a Aumentar en los RCP2.6 y RCP4.5 |

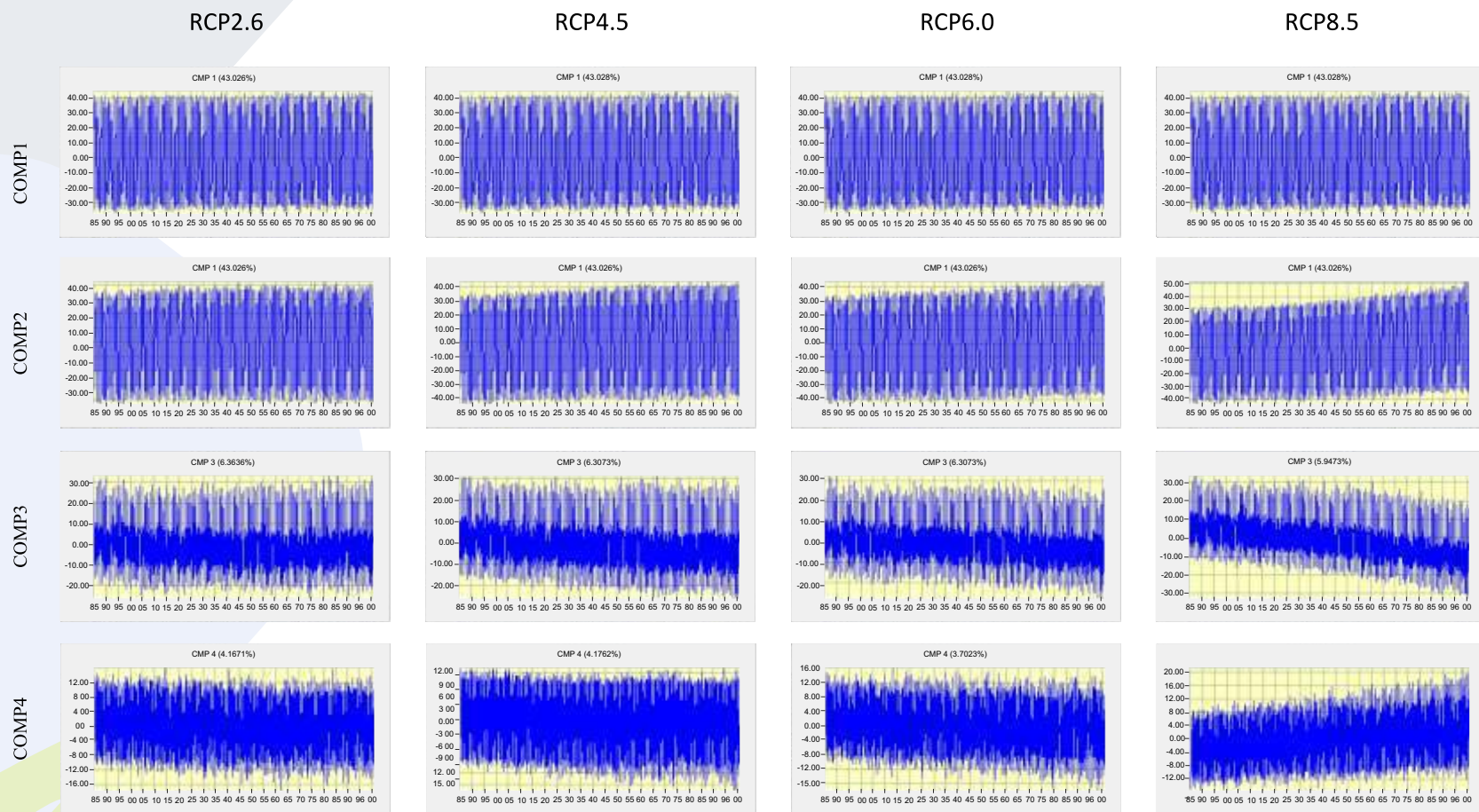


Figura 4. Serie de tiempo tipo de cada Componente RCP de temperatura mensual, Modo S

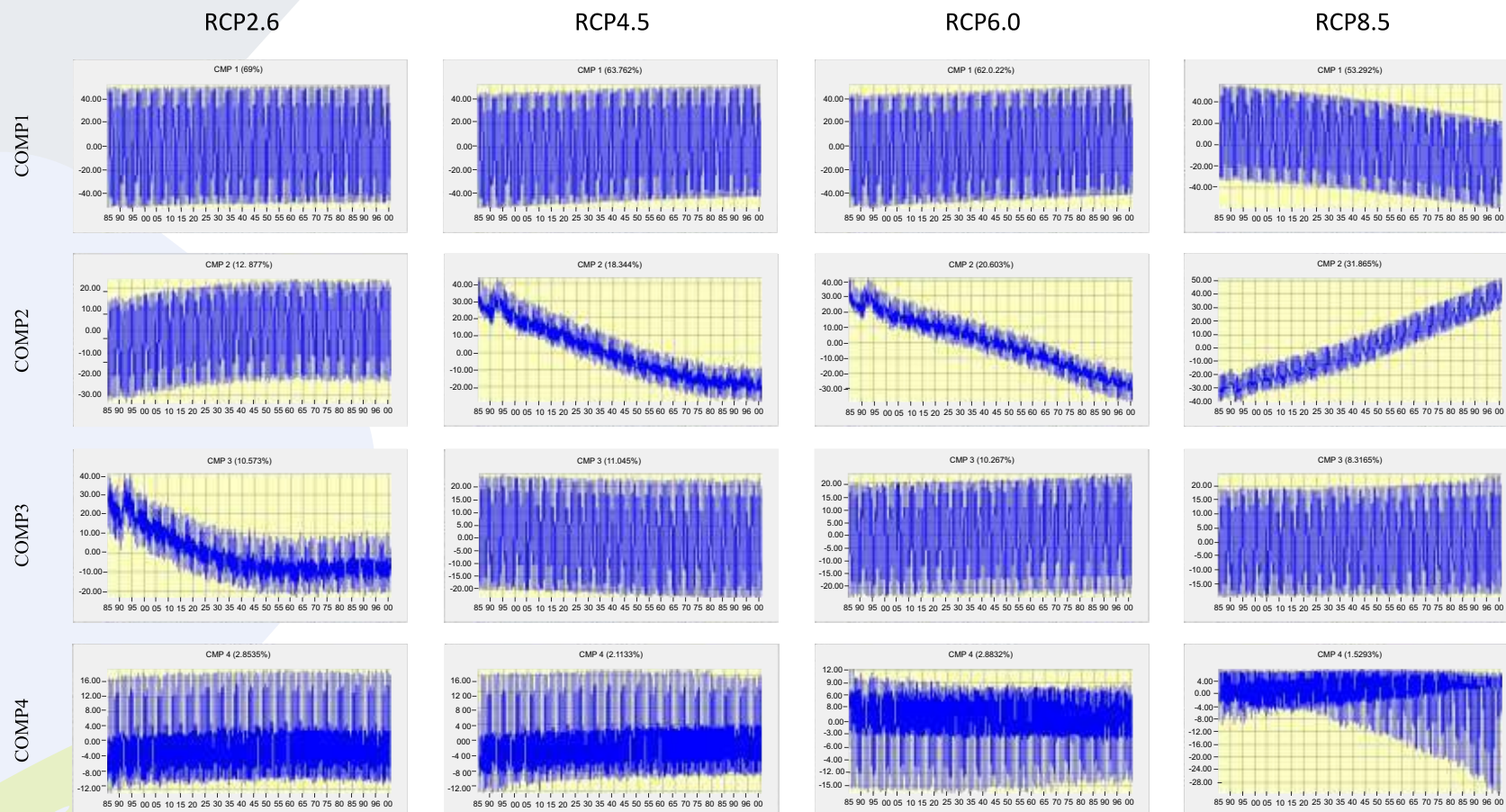


Figura 5. Serie de tiempo tipo de cada Componente RCP de temperatura mensual, Modo S

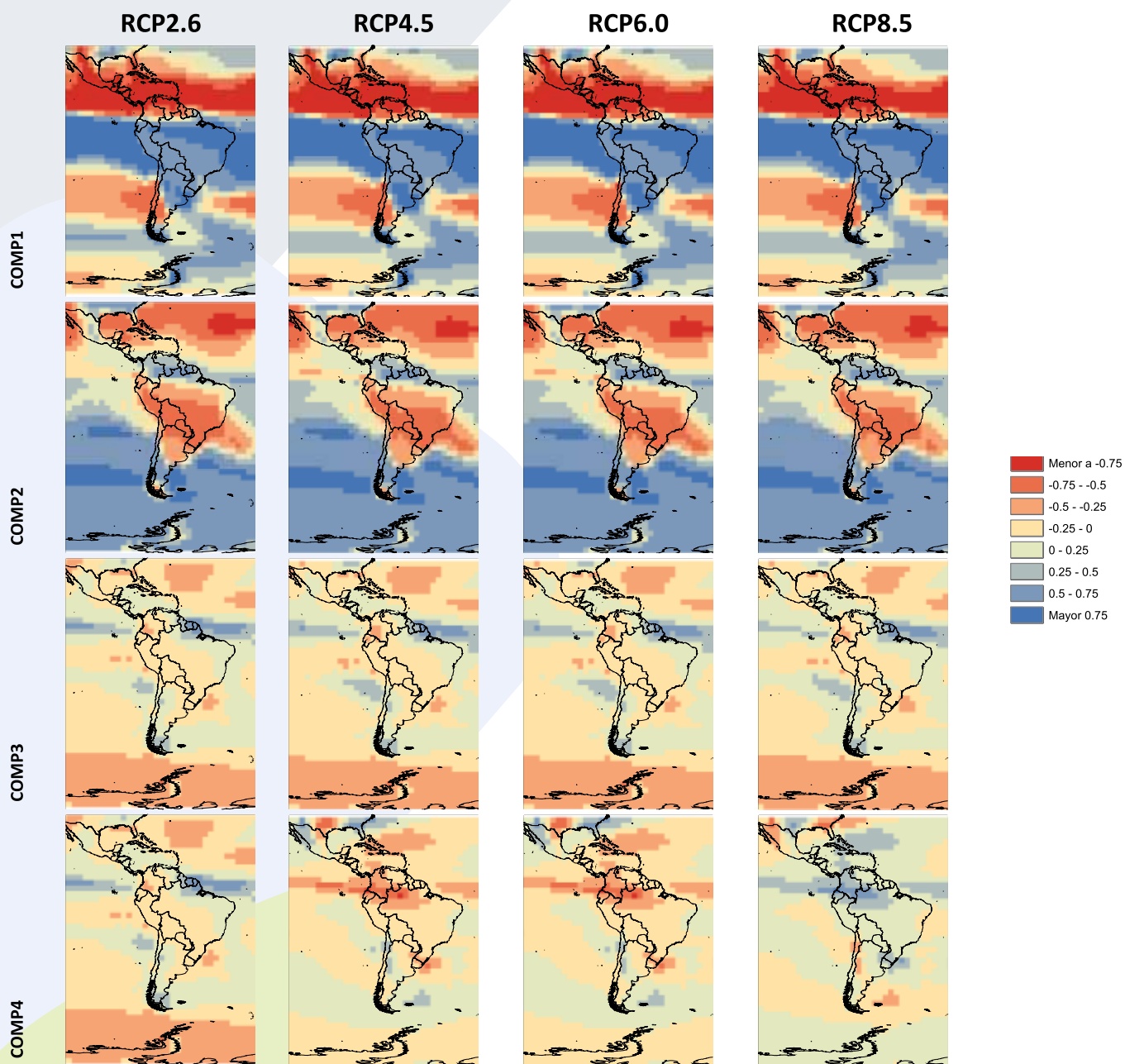


Figura 6. Componentes de precipitación, Modo S

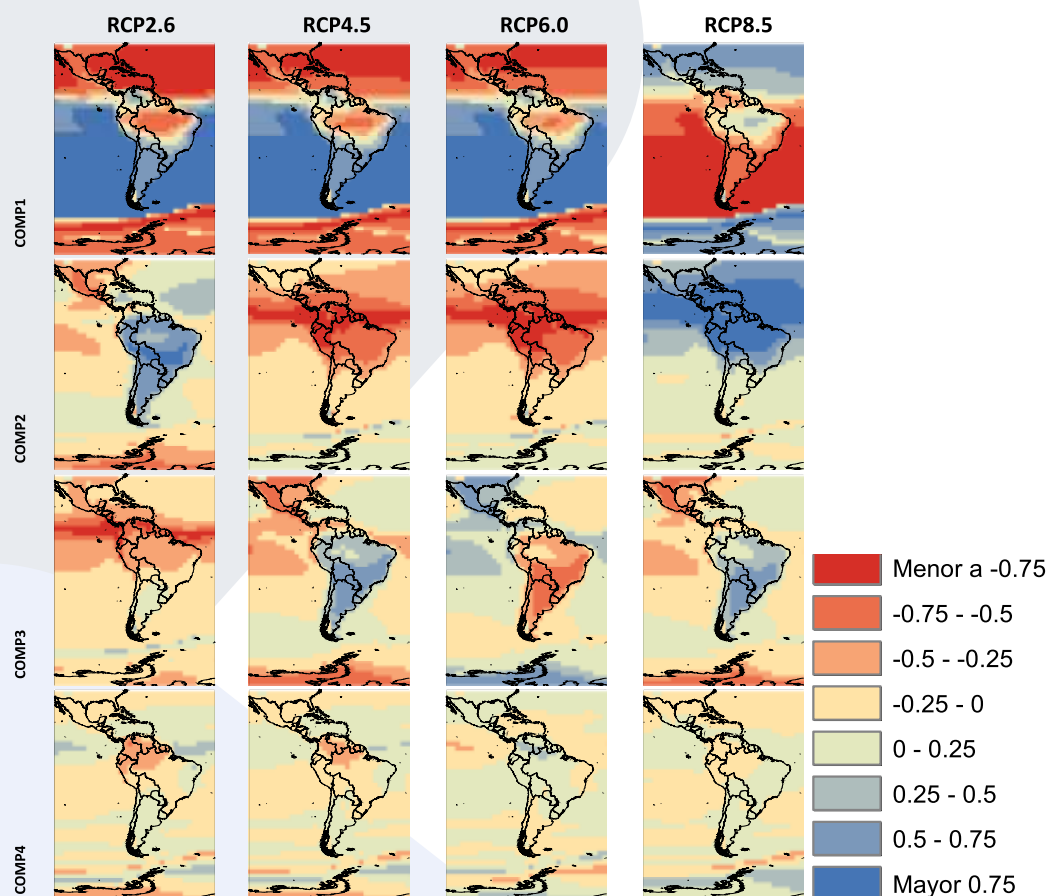


Figura 7. Componentes de temperatura, Modo S

Los resultados del análisis de la tendencia con y sin corrección por anomalías para la precipitación mensual, se presentan en la Figuras 8 y 9 para los distintos escenarios de CC.

Los indicadores de tendencia sin la corrección por las anomalías muestran una aparente ausencia de tendencia para todos los escenarios RCP, oscilando ésta entre -0,25 a +0,25, ello indica que no hay una tendencia coherente, sin embargo, al evaluar los resultados de éste estadístico con la data de corrección estacional, utilizando el método de las anomalías, los resultados muestran tendencia negativa y significativa (Nivel de Significancia del 5%) de la precipitación mensual en la zona de Centro América y el Caribe, en la zona de Venezuela, noreste del Brasil y la Amazonia, así como en la zona del sur de Chile y Argentina, concordando con las comunicaciones nacionales de Cambio Climático. Se considera la corrección de la estacionalidad por el método de las anomalías como la condición más aproximada a la realidad. Es importante destacar que la zona roja de las figuras que están identificadas como MANN KENDALL P VALUE, indica aquellas zonas que rechazaron la hipótesis nula de no presencia de tendencia.

Sin embargo, en el caso de la temperatura media mensual el escenario sin la corrección se considera como el más aproximado al valor observado, que no requirió transformación de los datos. En ellos los resultados del indicador de Mann-Kendall es superior al valor de 0,75 a partir del escenario RCP4.5 en la zona comprendida entre el Ecuador y el Trópico de Cáncer, esto revela una tendencia que aumenta y nunca disminuye continuamente en dicha zona (Figuras 10 y 11).

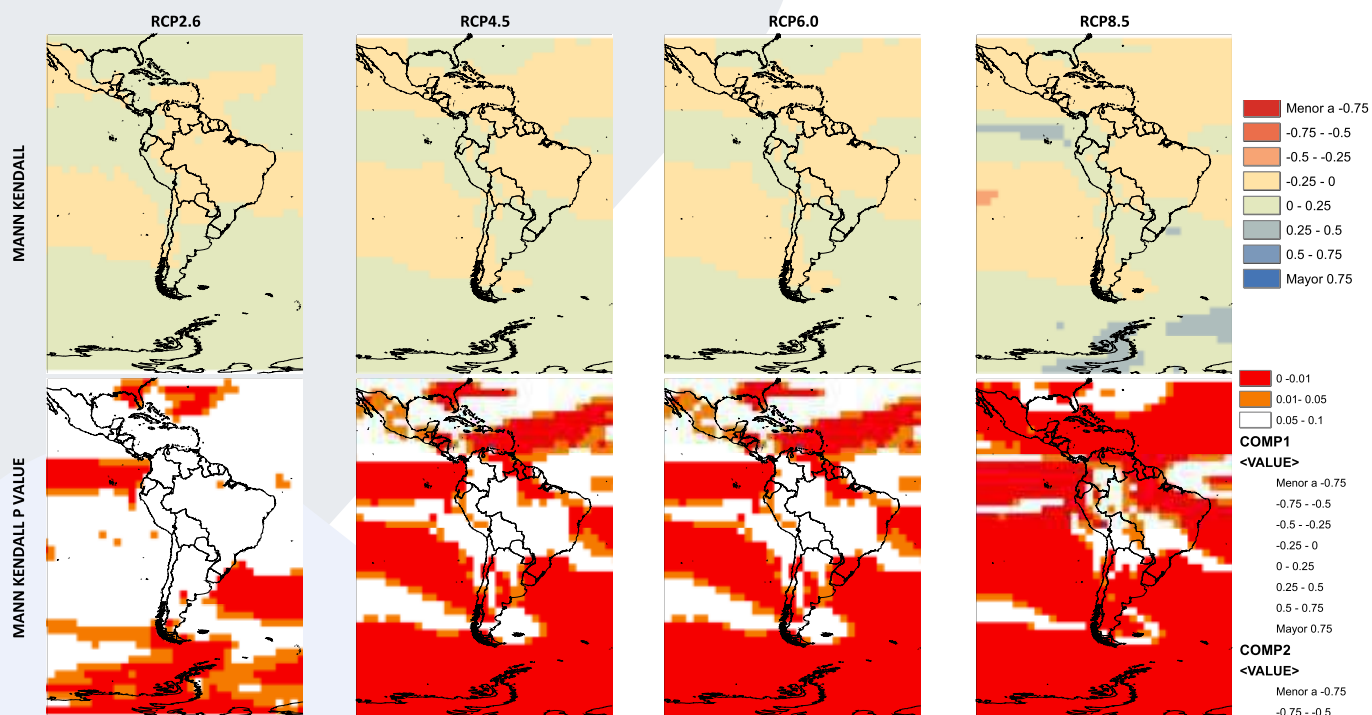


Figura 8. Estadístico de Mann-Kendall de la participación mensual

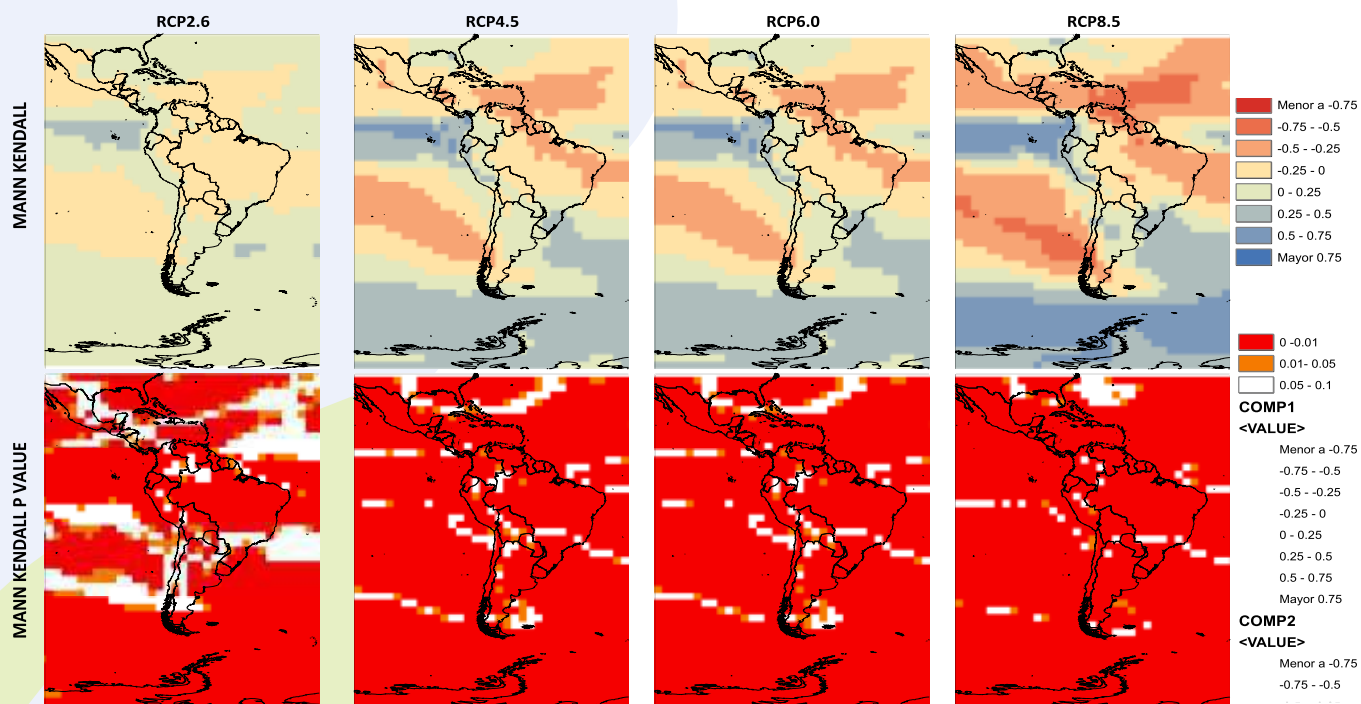


Figura 9. Estadístico de Mann- Kendall de la precipitación mensual con corrección por anomalías

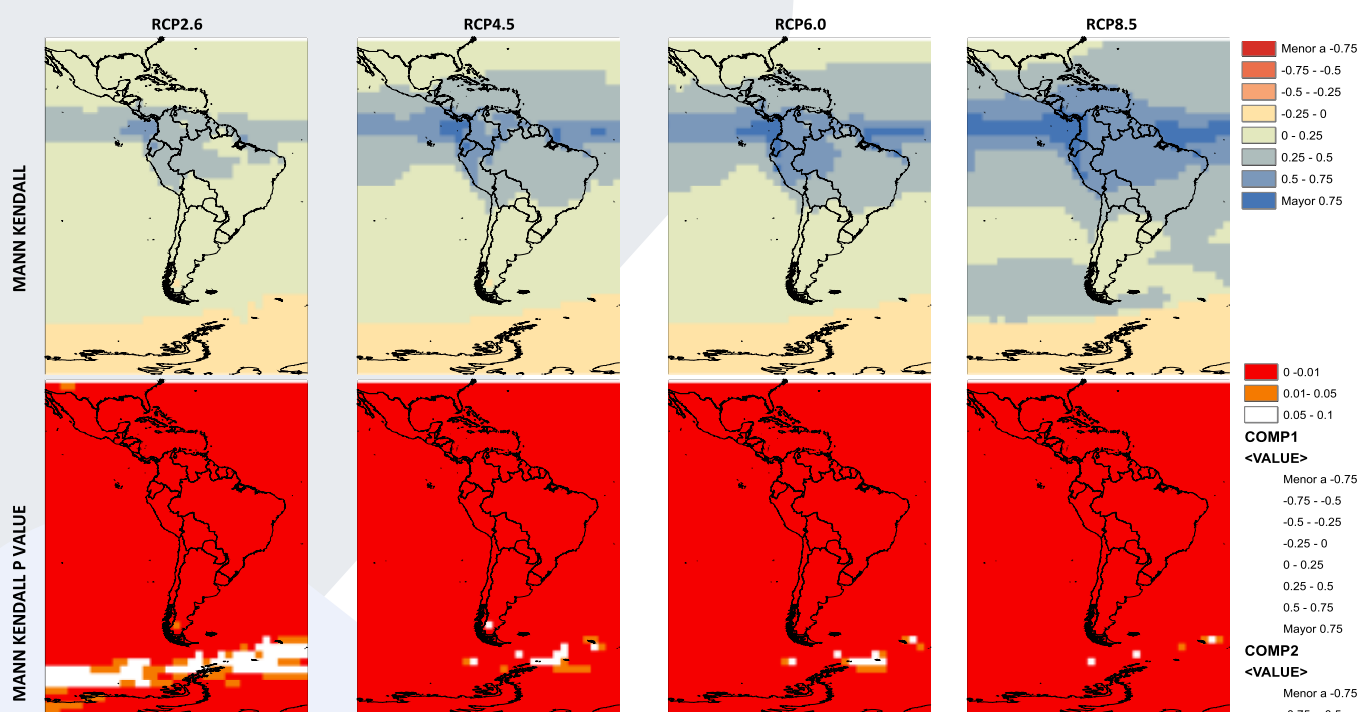


Figura 10. Estadístico de Mann- Kendall de la temperatura mensual

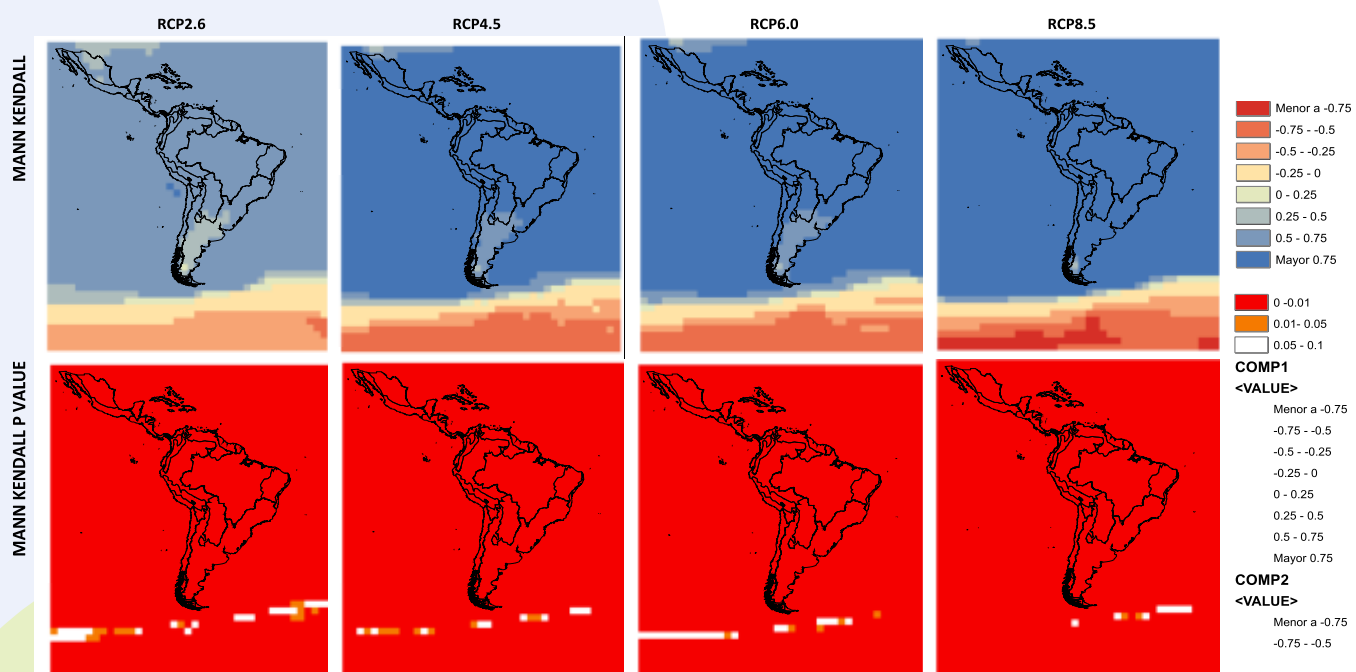


Figura 11. Estadístico de Mann- Kendall de la temperatura mensual con corrección por anomalías

Como resultado de los análisis anteriores se lograron establecer las regiones o sectores homogéneos de variación por Cambio Climático, se muestra en la Figura 12.

La metodología utilizada para su establecimiento y la comprobación de su veracidad, se exponen a detalle en el Anexo I, en donde se aplicó un método exploratorio de clasificación de árboles de decisión, así como un método de redes neuronales artificiales a los RCP que salieron con tendencia significativa, es decir, los cuatro escenarios de Cambio Climático para la temperatura y los escenarios 6.0 y 8.5 para la precipitación mensual.



Fuentes: Comunicaciones Nacionales de Cambio Climático, División Política Administrativa: <http://www.naturalearthdata.com>

A continuación, se presentan los resultados del análisis de la tendencia estacional solamente para el escenario RCP6.0 de cada variable; no se presentan los resultados de los escenarios RCP2.6, RCP4.5 y RCP8.5, donde dos de ellos son los más extremos y se asume que el escenario más probable a generarse es el RCP6.0. En este análisis de la tendencia estacional de la precipitación mensual para los quince sectores climáticos definidos (Figuras 13 y 14 y Tabla 2), se tiene que la curva de color verde, que se corresponde con la estacionalidad del año 1985 y de color rojo del año 2100, indican en un sentido general, que se espera una menor cantidad de precipitación para las estaciones, con excepción de los sectores 4 a 7, en donde se pronostica un aumento de la misma. En cuanto al escenario RCP6.0 de temperatura indica un aumento para todas las regiones.

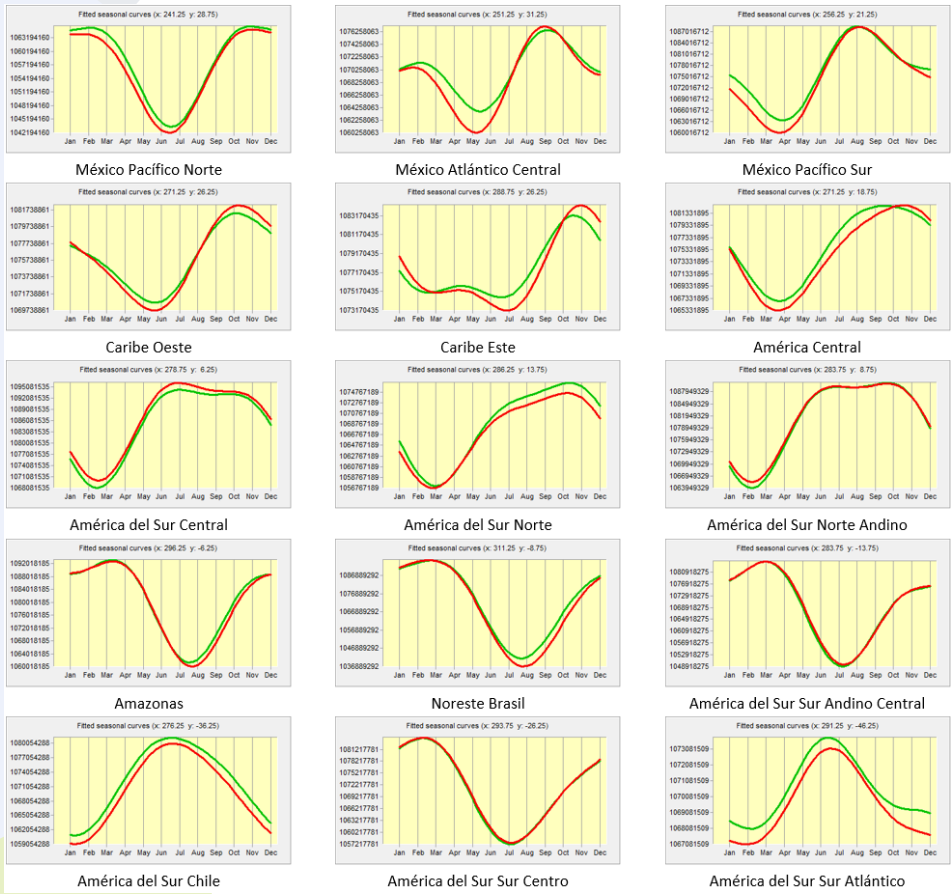


Figura 13. Variación de la Estacionalidad de la precipitación mensual por sector climático

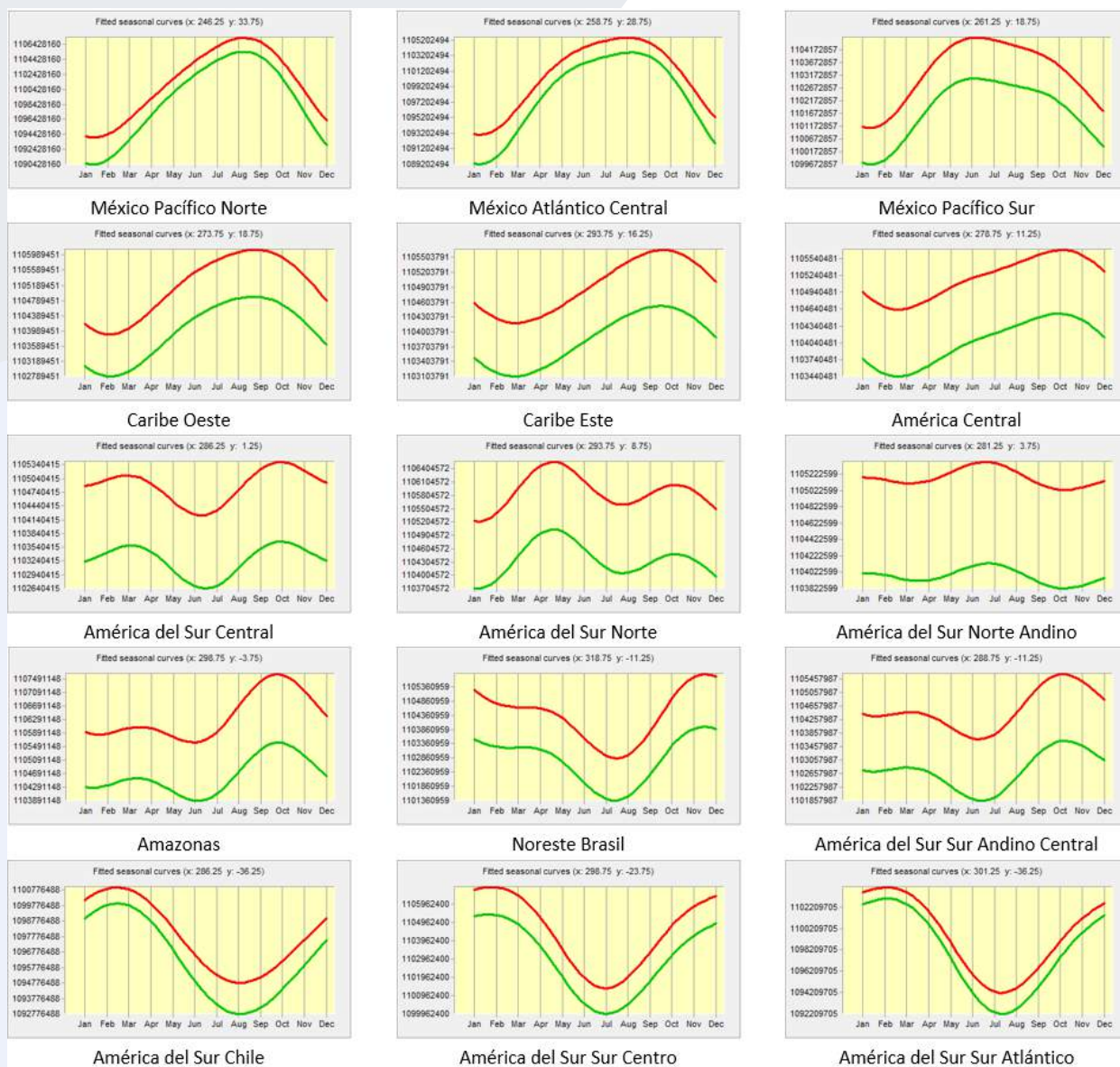


Figura 14. Variación de la estacionalidad de la temperatura mensual por sector climático

Tabla 2. Resumen de tendencia estacional de la precipitación
(color: ladrillo, disminuye precipitación; azul, aumenta precipitación)

| Sector Climático | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sept | Oct | Nov | Dic |
|------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|
| 1 | | | | | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | | | | | | |
| 6 | | | | | | | | | | | | |
| 7 | | | | | | | | | | | | |
| 8 | | | | | | | | | | | | |
| 9 | | | | | | | | | | | | |
| 10 | | | | | | | | | | | | |
| 11 | | | | | | | | | | | | |
| 12 | | | | | | | | | | | | |
| 13 | | | | | | | | | | | | |
| 14 | | | | | | | | | | | | |
| 15 | | | | | | | | | | | | |

Las Figuras 15 a la 20 muestran los resultados del aumento o disminución de la tendencia de la precipitación (mm/día) y temperatura (°C) producto del modelo de regresión lineal $Y_{i,j}=A+\beta_i x+\xi_j$, para cada una de las zonas climáticas en donde el parámetro β_i fue significativo; en caso contrario está identificado como un valor sin tendencia o 0. Para la precipitación se muestran los resultados de forma sintética en la Tabla 3, así como la Figura 15, notándose donde los sectores tienen un incremento elevado en la precipitación en el escenario RCP6.0 son los sectores: Caribe Este (5), América Central (6), América del Sur Central (7), América del Sur Norte Andino (9) y América del Sur Sur Atlántico (15); y los que presentan disminución son los sectores: México Atlántico Central (2) y América del Sur Chile (13).

En el escenario RCP8.5 se presenta un aumento de la precipitación en todos los periodos de los sectores América del Sur Central (8) y América del Sur Norte Andino (9) y de disminución en los sectores México Atlántico Central (2) a América Central (6), América del Sur Norte (7) y Amazonas (10).

Tabla 3. Tendencia de la precipitación mensual (mm/día) RCP6.0 y RCP8.5

| Región | RCP60 | | | | | | RCP85 | | | | | |
|--------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | 2011-2040 | 2041-2070 | 2071-2100 | 2011-2020 | 2011-2030 | 2011-2050 | 2011-2040 | 2041-2070 | 2071-2100 | 2011-2020 | 2011-2030 | 2011-2050 |
| 1 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | -0.02 | -0.02 | -0.01 | -0.02 | -0.02 | -0.02 |
| 2 | -0.10 | -0.16 | -0.16 | -0.01 | -0.06 | -0.09 | -0.13 | -0.04 | -0.07 | -0.09 | -0.10 | -0.10 |
| 3 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | -0.24 | -0.18 | -0.17 | -0.17 | -0.17 | -0.19 |
| 4 | 0.04 | 0.08 | 0.07 | -0.01 | -0.26 | -0.11 | -0.11 | -0.08 | -0.07 | -0.08 | -0.08 | -0.10 |
| 5 | 0.10 | 0.12 | 0.11 | 0.06 | -0.10 | 0.04 | -0.19 | -0.21 | -0.19 | -0.18 | -0.13 | -0.11 |
| 6 | 0.12 | 0.13 | 0.13 | -0.06 | -0.46 | -0.09 | -0.28 | -0.28 | -0.28 | -0.29 | -0.30 | -0.32 |
| 7 | 0.08 | 0.02 | 0.02 | -0.03 | -0.36 | -0.10 | -0.29 | -0.29 | -0.30 | -0.31 | -0.30 | -0.27 |
| 8 | 0.00 | 0.49 | 0.63 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.58 | 0.61 | 0.59 | 0.53 | 0.48 | 0.47 |
| 9 | -0.48 | 0.52 | 0.55 | 0.30 | -0.71 | 0.72 | 0.28 | 0.27 | 0.26 | 0.24 | 0.16 | 0.16 |
| 10 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | -0.23 | -0.26 | -0.17 | -0.18 | 0.25 | -0.34 |
| 11 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.00 |
| 12 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.02 | 0.17 | 0.12 | 0.03 | 0.21 | -0.09 |
| 13 | -0.06 | -0.06 | -0.07 | -0.04 | -0.16 | -0.04 | 0.03 | 0.03 | 0.04 | 0.04 | -0.05 | -0.02 |
| 14 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.05 | 0.09 | 0.12 | -0.06 | 0.24 | 0.13 |
| 15 | 0.09 | 0.15 | 0.13 | -0.02 | -0.01 | 0.02 | 0.03 | 0.03 | 0.02 | 0.08 | -0.04 | 0.05 |

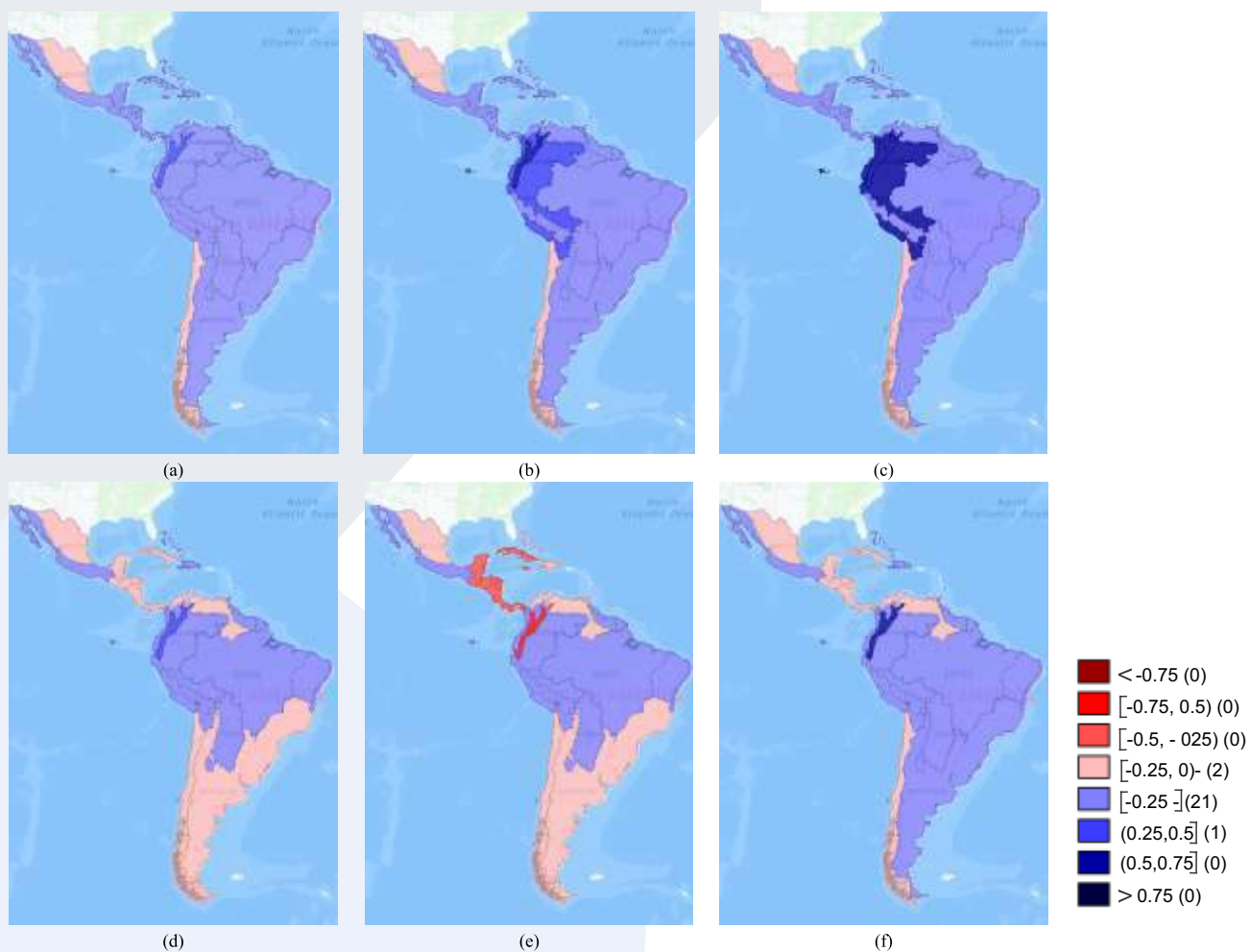


Figura 15. Precipitación RCP6.0 (a) Diferencia media 2011-2040; (b) Diferencia media 2041-2070; (e) Diferencia media 2071-2100; (d) Diferencia media 2011-2020; (e) Diferencia media 2011-2030; (f) Diferencia media 2011-2050

Los resultados del análisis de la tendencia de la temperatura se presentan en las Tablas 4 y 5 y las Figuras 16 a 19, en estos se observa un aumento generalizado de la temperatura que oscila entre 0,4 a 1,42°C, entre los periodos analizados.

Tabla 4. Tendencia de la Temperatura (°C) RCP2.6 y RCP4.5

| Región | RCP26 | | | | | | RCP45 | | | | | |
|--------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | 2011-2040 | 2070-2041 | 2100-2071 | 2011-2020 | 2011-2030 | 2011-2050 | 2011-2040 | 2070-2041 | 2100-2071 | 2011-2020 | 2011-2030 | 2011-2050 |
| 1 | 0.64 | 0.60 | 0.59 | 0.58 | 0.58 | 0.56 | 0.67 | 0.75 | 0.75 | 0.75 | 0.76 | 0.79 |
| 2 | 0.76 | 0.73 | 0.73 | 0.68 | 0.67 | 0.65 | 0.77 | 0.82 | 0.85 | 0.84 | 0.80 | 0.83 |
| 3 | 0.51 | 0.54 | 0.56 | 0.56 | 0.55 | 0.57 | 0.55 | 0.57 | 0.60 | 0.60 | 0.62 | 0.63 |
| 4 | 0.46 | 0.49 | 0.53 | 0.55 | 0.52 | 0.54 | 0.57 | 0.55 | 0.60 | 0.59 | 0.60 | 0.62 |
| 5 | 0.52 | 0.52 | 0.52 | 0.52 | 0.51 | 0.51 | 0.56 | 0.56 | 0.56 | 0.56 | 0.56 | 0.57 |
| 6 | 0.51 | 0.52 | 0.53 | 0.53 | 0.52 | 0.53 | 0.53 | 0.53 | 0.53 | 0.52 | 0.52 | 0.54 |
| 7 | 0.66 | 0.67 | 0.68 | 0.67 | 0.66 | 0.67 | 0.55 | 0.54 | 0.54 | 0.54 | 0.55 | 0.54 |
| 8 | 0.69 | 0.69 | 0.70 | 0.70 | 0.70 | 0.72 | 0.55 | 0.56 | 0.54 | 0.56 | 0.57 | 0.58 |
| 9 | 0.56 | 0.57 | 0.58 | 0.58 | 0.59 | 0.59 | 0.54 | 0.53 | 0.55 | 0.54 | 0.55 | 0.55 |
| 10 | 0.74 | 0.74 | 0.74 | 0.73 | 0.73 | 0.74 | 0.59 | 0.58 | 0.57 | 0.58 | 0.61 | 0.62 |
| 11 | 0.60 | 0.61 | 0.62 | 0.63 | 0.64 | 0.66 | 0.63 | 0.65 | 0.65 | 0.65 | 0.66 | 0.68 |
| 12 | 0.69 | 0.70 | 0.71 | 0.72 | 0.72 | 0.72 | 0.66 | 0.65 | 0.64 | 0.64 | 0.64 | 0.64 |
| 13 | 0.42 | 0.42 | 0.42 | 0.42 | 0.40 | 0.40 | 0.46 | 0.47 | 0.46 | 0.45 | 0.44 | 0.43 |
| 14 | 0.94 | 0.94 | 0.96 | 0.98 | 0.96 | 0.93 | 0.53 | 0.53 | 0.51 | 0.49 | 0.54 | 0.57 |
| 15 | 0.51 | 0.51 | 0.50 | 0.49 | 0.46 | 0.45 | 0.52 | 0.52 | 0.51 | 0.51 | 0.52 | 0.52 |

Tabla 5. Tendencia de la Temperatura (°C) RCP6 y RCP8.5

| Región | RCP60 | | | | | | RCP85 | | | | | |
|--------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | 2011-2040 | 2070-2041 | 2100-2071 | 2011-2020 | 2011-2030 | 2011-2050 | 2011-2040 | 2070-2041 | 2100-2071 | 2011-2020 | 2011-2030 | 2011-2050 |
| 1 | 0.71 | 0.71 | 0.69 | 0.68 | 0.69 | 0.69 | 0.93 | 0.88 | 0.89 | 0.89 | 0.86 | 0.85 |
| 2 | 0.88 | 0.86 | 0.81 | 0.76 | 0.74 | 0.75 | 1.16 | 1.15 | 1.16 | 1.20 | 1.20 | 1.20 |
| 3 | 0.81 | 0.80 | 0.80 | 0.79 | 0.79 | 0.77 | 0.92 | 0.93 | 0.92 | 0.92 | 0.93 | 0.93 |
| 4 | 0.74 | 0.75 | 0.75 | 0.74 | 0.72 | 0.72 | 1.02 | 1.04 | 1.02 | 1.01 | 1.02 | 1.01 |
| 5 | 0.61 | 0.62 | 0.63 | 0.63 | 0.63 | 0.63 | 1.01 | 1.01 | 1.01 | 0.99 | 0.98 | 0.96 |
| 6 | 0.67 | 0.67 | 0.67 | 0.68 | 0.68 | 0.68 | 1.02 | 1.04 | 1.03 | 1.02 | 1.02 | 1.02 |
| 7 | 0.77 | 0.77 | 0.78 | 0.78 | 0.79 | 0.80 | 1.22 | 1.23 | 1.24 | 1.24 | 1.23 | 1.22 |
| 8 | 0.82 | 0.83 | 0.85 | 0.84 | 0.85 | 0.84 | 1.35 | 1.35 | 1.34 | 1.33 | 1.33 | 1.32 |
| 9 | 0.69 | 0.68 | 0.69 | 0.71 | 0.72 | 0.72 | 1.09 | 1.11 | 1.11 | 1.10 | 1.09 | 1.07 |
| 10 | 0.89 | 0.88 | 0.89 | 0.89 | 0.89 | 0.90 | 1.41 | 1.42 | 1.40 | 1.39 | 1.38 | 1.38 |
| 11 | 0.92 | 0.92 | 0.92 | 0.92 | 0.91 | 0.94 | 1.15 | 1.16 | 1.15 | 1.15 | 1.13 | 1.12 |
| 12 | 0.94 | 0.95 | 0.95 | 0.97 | 0.97 | 1.00 | 1.29 | 1.30 | 1.30 | 1.31 | 1.30 | 1.29 |
| 13 | 0.66 | 0.66 | 0.67 | 0.68 | 0.71 | 0.72 | 0.87 | 0.88 | 0.87 | 0.87 | 0.86 | 0.86 |
| 14 | 0.75 | 0.76 | 0.75 | 0.73 | 0.74 | 0.72 | 1.06 | 1.07 | 1.06 | 1.10 | 1.03 | 1.05 |
| 15 | 0.55 | 0.55 | 0.55 | 0.56 | 0.59 | 0.59 | 0.95 | 0.94 | 0.93 | 0.94 | 0.92 | 0.91 |

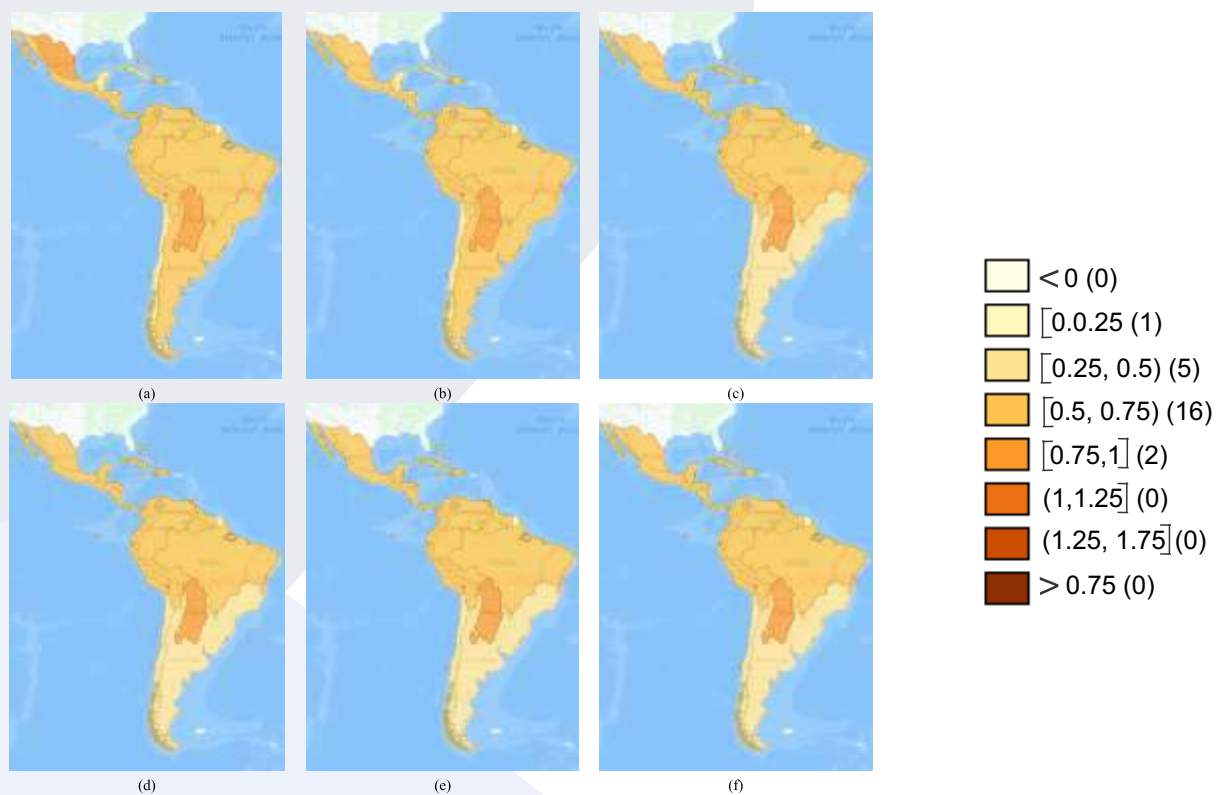


Figura 16. Temperatura RCP2.6; (a) Diferencia media 2011-2040; (b) Diferencia media 2041-2070; (c) Diferencia media 2071-2100; (d) Diferencia media 2011-2020; (e) Diferencia media 2011-2030; (f) Diferencia media 2011-2050

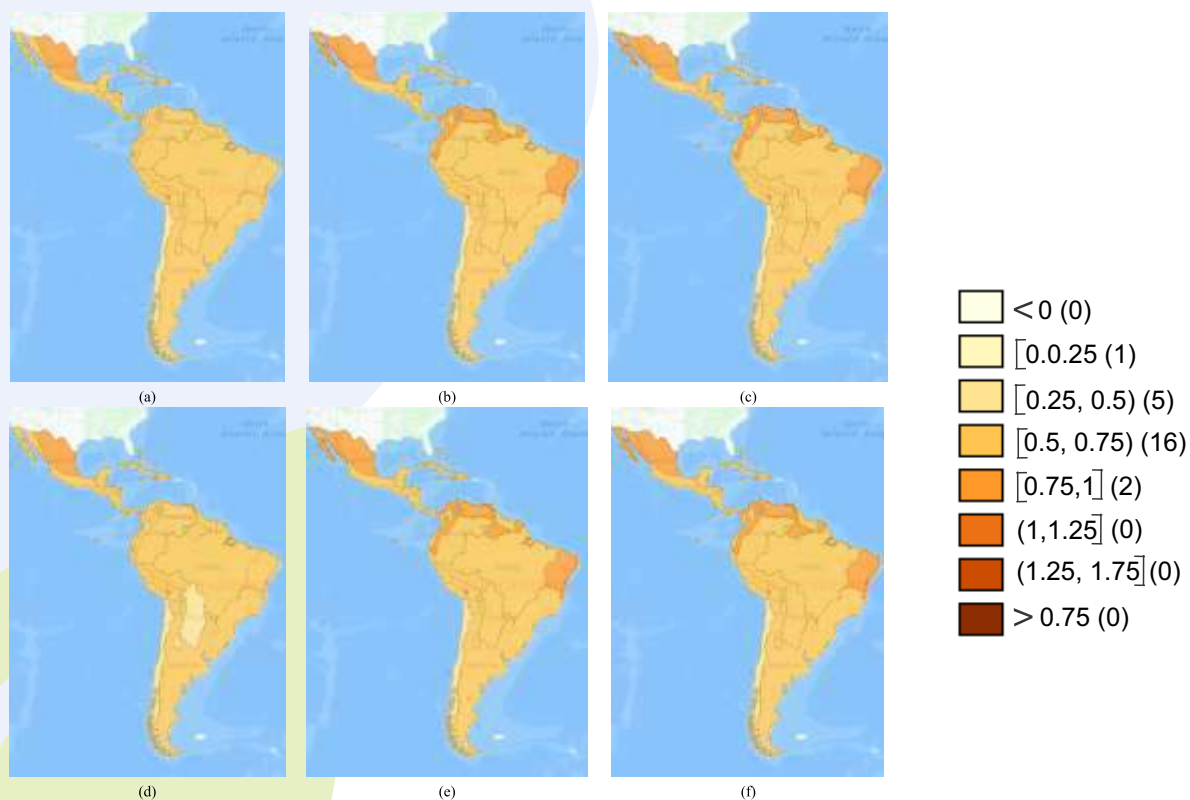


Figura 17. Temperatura RCP4.5: (a) Diferencia media 2011-2040; (b) Diferencia media 2041-2070; (c) Diferencia media 2071-2100; (d) Diferencia media 2011-2020; (e) Diferencia media 2011-2030; (f) Diferencia media 2011-2050

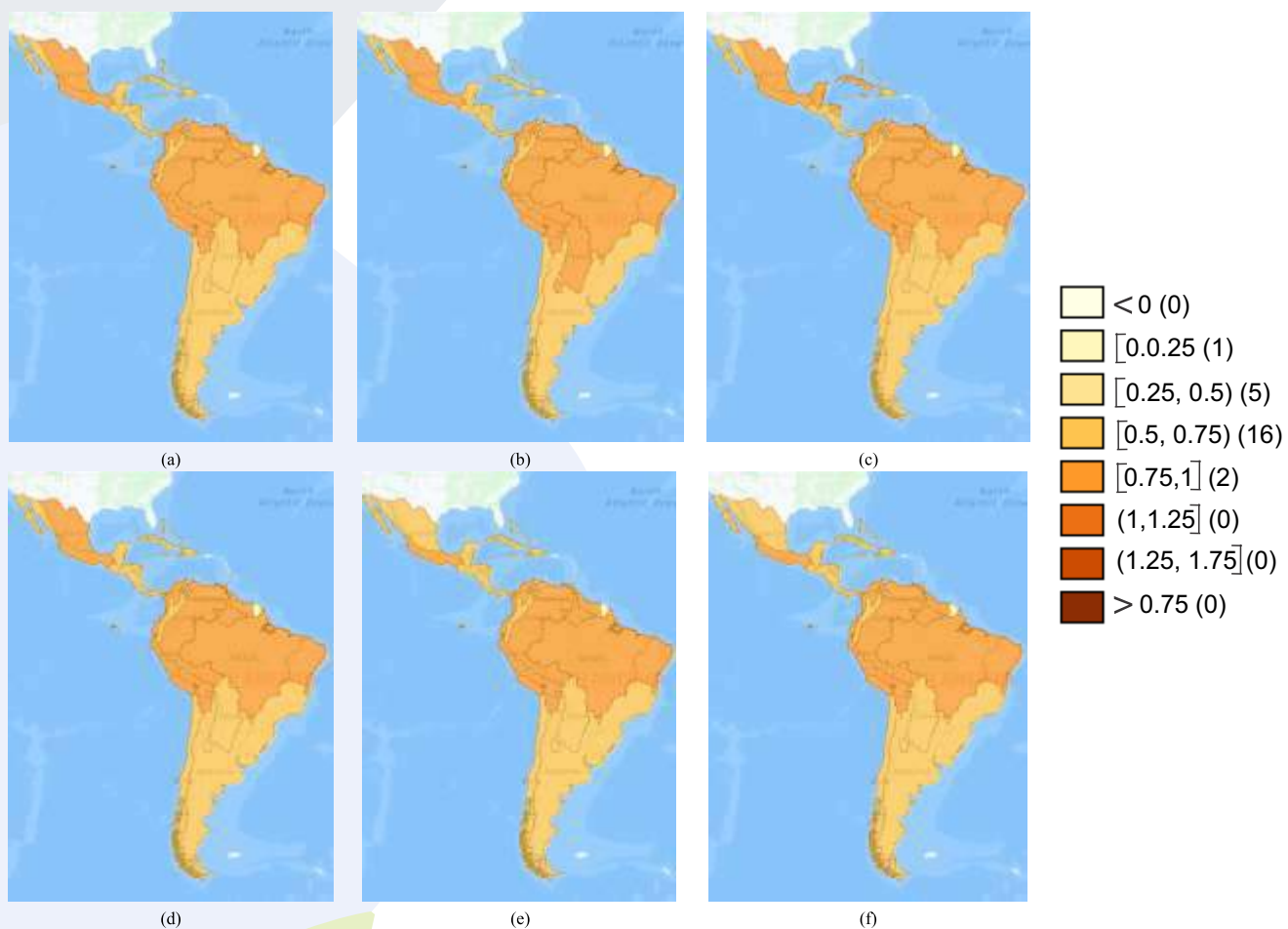


Figura 18. Temperatura RCP6.0: (a) Diferencia media 2011-2040; (b) Diferencia media 2041-2070; (c) Diferencia media 2071-2100; (d) Diferencia media 2011-2020; (e) Diferencia media 2011-2030; (f) Diferencia media 2011-2050

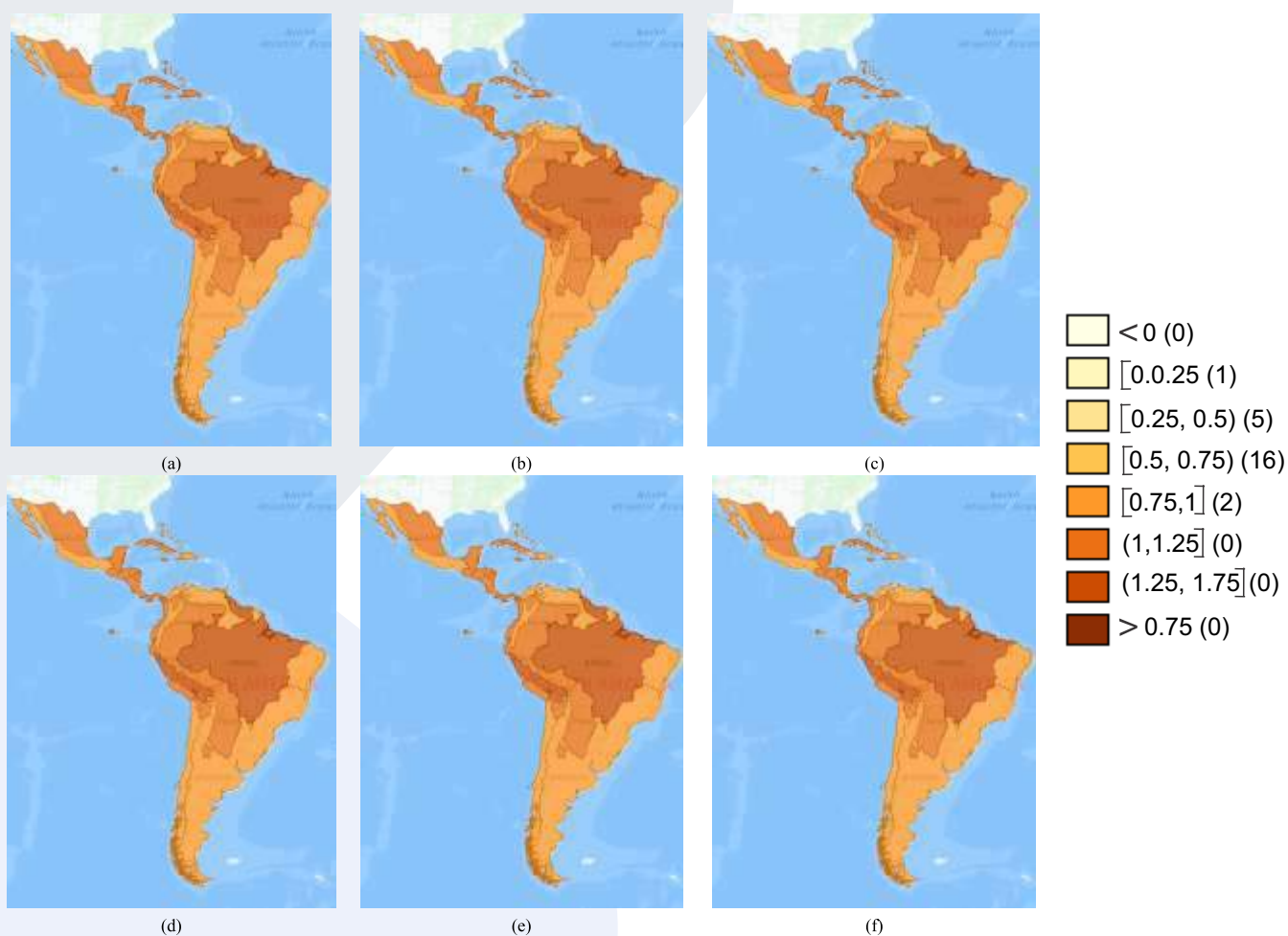





Figura 19. Temperatura RCP8.5: (a) Diferencia media 2011-2040; (b) Diferencia media 2041-2070; (c) Diferencia media 2071-2100; (d) Diferencia media 2011-2020; (e) Diferencia media 2011-2030; (f) Diferencia media 2011-2050


Estos resultados están resumidos en la Tabla 6, la cual muestra los valores de precipitación (mm/día) y temperatura (°C) estimados en una tendencia lineal de cada 10 años, para los RCP6.0 y RCP8.5.


Tabla 6. Resumen del comportamiento tendencial lineal de las regiones climáticas, en los escenarios. RCP6.0 y RCP8.0, en función de la precipitación (mm/día) y temperatura °C, cada diez años.


| | |
|--|---|
| <p>1 México Pacífico Norte (MEXPACN)</p>  | <p>Superficie Región: 707.620,51 km²</p> <p>*Principales Ciudades Afectadas TIJUANA</p> <hr/> <p>**Escenarios Climáticos Esperado (RCP 6.0)</p> <p>Se estima a 10 años ningún incremento significativo en la precipitación, en cambio, la temperatura tendrá un incremento de 0,24 °C.</p> <hr/> <p>Escenarios Climáticos Pesimista (RCP 8.5)</p> <p>Se estima a 10 años una disminución de 1% en la precipitación (mm/día), mientras, la temperatura tendrá un incremento de 0,36 °C.</p> <hr/> <p><small>*Ciudades con más de 2 millones de habitantes</small></p> <p><small>** Escenarios Climáticos obtenidos de Modelos Globales de Circulación Atmosférica periodo 1985-2100.</small></p> |
| <p>2 México Atlántico Central (MEXATLCTRL)</p>  | <p>Superficie Región: 1.900.981,68 km²</p> <p>*Principales Ciudades Afectadas CIUDAD DE MEXICO, MONTERREY, GUANAJUATO</p> <hr/> <p>**Escenarios Climáticos Esperado (RCP 6.0)</p> <p>Se estima a 10 años una disminución del 2% en la precipitación (mm/día), mientras, la temperatura tendrá un incremento de 0,30 °C.</p> <hr/> <p>Escenarios Climáticos Pesimista (RCP 8.5)</p> <p>Se estima a 10 años una disminución entre 2 a 3% en la precipitación (mm/día), mientras, la temperatura tendrá un incremento de 0,49 °C.</p> <hr/> <p><small>*Ciudades con más de 2 millones de habitantes</small></p> <p><small>** Escenarios Climáticos obtenidos de Modelos Globales de Circulación Atmosférica periodo 1985-2100.</small></p> |
| <p>3 México Pacífico Sur (MEXPACS)</p>  | <p>Superficie Región: 967.086,38 km²</p> <p>*Principales Ciudades Afectadas GUADALAJARA, TOLUCA, PUEBLA</p> <hr/> <p>**Escenarios Climáticos Esperado (RCP 6.0)</p> <p>Se estima a 10 años ningún incremento significativo en la precipitación, en cambio, la temperatura tendrá un incremento de 0,24 °C.</p> <hr/> <p>Escenarios Climáticos Pesimista (RCP 8.5)</p> <p>Se estima a 10 años una disminución entre 2 a 3% en la precipitación (mm/día), mientras, la temperatura tendrá un incremento de 0,36 °C.</p> <hr/> |

*Ciudades con más de 2 millones de habitantes


** Escenarios Climáticos obtenidos de Modelos Globales de Circulación Atmosférica periodo 1985-2100.


| | |
|---|--|
| 4 Caribe Oeste (CRBW) | Superficie Región: 1.821.591,80 km² |
|  | *Principales Ciudades Afectadas KINGSTON |
| | **Escenarios Climáticos Esperado (RCP 6.0) |
| | Se estima a 10 años una disminución del 2% en la precipitación (mm/día), mientras, la temperatura tendrá un incremento de 0,23 °C. |
| | Escenarios Climáticos Pesimista (RCP 8.5) |
| | Se estima a 10 años una disminución entre 2 a 3% en la precipitación (mm/día), mientras, la temperatura tendrá un incremento de 0,36 °C. |
| *Ciudades con más de 2 millones de habitantes ** Escenarios Climáticos obtenidos de Modelos Globales de Circulación Atmosférica periodo 1985-2100. | |


| | |
|---|--|
| 5 Caribe Este (CRBE) | Superficie Región: 3.447.706,81 km² |
|  | *Principales Ciudades Afectadas SANTO DOMINGO, PUERTO PRÍNCIPE |
| | **Escenarios Climáticos Esperado (RCP 6.0) |
| | Se estima a 10 años una disminución del 1% en la precipitación (mm/día), mientras, la temperatura tendrá un incremento de 0,20 °C. |
| | Escenarios Climáticos Pesimista (RCP 8.5) |
| | Se estima a 10 años una disminución entre 2 a 3% en la precipitación (mm/día), mientras, la temperatura tendrá un incremento de 0,35 °C. |
| *Ciudades con más de 2 millones de habitantes ** Escenarios Climáticos obtenidos de Modelos Globales de Circulación Atmosférica periodo 1985-2100. | |

| | |
|---|--|
| 6 América Central (ACTRL) | Superficie Región: 705.055,58 km² |
|  | *Principales Ciudades Afectadas GUATEMALA, SAN JOSE, PANAMÁ, SAN SALVADOR, TEGUCIGALPA, MANAGUA, BELMOPAN |
| | **Escenarios Climáticos Esperado (RCP 6.0) |
| | Se estima a 10 años una disminución del 3% en la precipitación (mm/día), mientras, la temperatura tendrá un incremento de 0,21 °C. |
| | Escenarios Climáticos Pesimista (RCP 8.5) |
| | Se estima a 10 años una disminución entre 2 a 4% en la precipitación (mm/día), mientras, la temperatura tendrá un incremento de 0,39 °C. |
| *Ciudades con más de 2 millones de habitantes | |


** Escenarios Climáticos obtenidos de Modelos Globales de Circulación Atmosférica periodo 1985-2100.


| | |
|---|--|
| 7 América del Sur Norte (ASN) | Superficie Región: 1.354.821,70 km² |
|  | *Principales Ciudades Afectadas BARRANQUILLA, CARACAS, MARACAIBO, PARAMARIBO, VALENCIA |
| | **Escenarios Climáticos Esperado (RCP 6.0) Se estima a 10 años una disminución del 3% en la precipitación (mm/día), mientras, la temperatura tendrá un incremento de 0,24 °C. |
| | Escenarios Climáticos Pesimista (RCP 8.5) Se estima a 10 años una disminución entre 2 a 4% en la precipitación (mm/día), mientras, la temperatura tendrá un incremento de 0,39 °C. |
| | *Ciudades con más de 2 millones de habitantes ** Escenarios Climáticos obtenidos de Modelos Globales de Circulación Atmosférica periodo 1985-2100. |


| | |
|--|--|
| 8 América del Sur Central (ASCRT) | Superficie Región: 2.542.984,59 km² |
|  | *Principales Ciudades Afectadas GUAYAQUIL, LIMA |
| | **Escenarios Climáticos Esperado (RCP 6.0) Se estima a 10 años un incremento entre 7 a 13% en la precipitación (mm/día), mientras, la temperatura tendrá un incremento de 0,26 °C. |
| | Escenarios Climáticos Pesimista (RCP 8.5) Se estima a 10 años un incremento entre 7 a 13% en la precipitación (mm/día), mientras, la temperatura tendrá un incremento de 0,45 °C. |
| | *Ciudades con más de 2 millones de habitantes ** Escenarios Climáticos obtenidos de Modelos Globales de Circulación Atmosférica periodo 1985-2100. |

| | |
|---|--|
| 9 América del Sur Norte Andino (ASNADN) | Superficie Región: 372.689,46 km² |
|  | *Principales Ciudades Afectadas BOGOTÁ, CALI, MEDELLIN, QUITO |
| | **Escenarios Climáticos Esperado (RCP 6.0) Se estima a 10 años un incremento de 15% en la precipitación (mm/día), mientras, la temperatura tendrá un incremento de 0,21 °C. |
| | Escenarios Climáticos Pesimista (RCP 8.5) Se estima a 10 años una disminución entre 0 a 4% en la precipitación (mm/día), mientras, la temperatura tendrá un incremento de 0,36 °C. |
| | *Ciudades con más de 2 millones de habitantes |

** Escenarios Climáticos obtenidos de Modelos Globales de Circulación Atmosférica periodo 1985-2100.

| | |
|--|--|
| 10 Amazonas (AMAZ) | Superficie Región: 5.983.498,38 km² |
|  | *Principales Ciudades Afectadas |
| | BELEM, BRASILIA, GOIANIA, MANAUS |
| | **Escenarios Climáticos Esperado (RCP 6.0) |
| | Se estima a 10 años ningún incremento significativo en la precipitación, mientras, la temperatura tendrá un incremento de 0,29 °C. |
| | Escenarios Climáticos Pesimista (RCP 8.5) |
| | Se estima a 10 años una disminución de 1% en la precipitación (mm/día), mientras, la temperatura tendrá un incremento de 0,50 °C. |
| *Ciudades con más de 2 millones de habitantes | |
| ** Escenarios Climáticos obtenidos de Modelos Globales de Circulación Atmosférica periodo 1985-2100. | |


| | |
|--|--|
| 11 Noreste Brasil (NEBRZ) | Superficie Región: 986.939,85 km² |
|  | *Principales Ciudades Afectadas |
| | FORTALEZA, RECIFE, SALVADOR |
| | **Escenarios Climáticos Esperado (RCP 6.0) |
| | Se estima a 10 años ningún incremento significativo en la precipitación, mientras, la temperatura tendrá un incremento de 0,28 °C. |
| | Escenarios Climáticos Pesimista (RCP 8.5) |
| | Se estima a 10 años una disminución de 1% en la precipitación (mm/día), mientras, la temperatura tendrá un incremento de 0,44 °C. |
| *Ciudades con más de 2 millones de habitantes | |
| ** Escenarios Climáticos obtenidos de Modelos Globales de Circulación Atmosférica periodo 1985-2100. | |


| | |
|---|--|
| 12 América del Sur SurAndino Central (ASSADNCTR) | Superficie Región: 498.449,14 km² |
|  | *Principales Ciudades Afectadas |
| | LA PAZ |
| | **Escenarios Climáticos Esperado (RCP 6.0) |
| | Se estima a 10 años ningún incremento significativo en la precipitación, mientras, la temperatura tendrá un incremento de 0,26 °C. |
| | Escenarios Climáticos Pesimista (RCP 8.5) |
| | Se estima a 10 años un incremento entre 1 a 3% en la precipitación (mm/día), mientras, la temperatura tendrá un incremento de 0,43 °C. |
| *Ciudades con más de 2 millones de habitantes | |


** Escenarios Climáticos obtenidos de Modelos Globales de Circulación Atmosférica periodo 1985-2100.

*Ciudades con más de 2 millones de habitantes

** Escenarios Climáticos obtenidos de Modelos Globales de Circulación Atmosférica periodo 1985-2100.

| | |
|---|---|
| 13 América del Sur Chile (ASCH) | Superficie Región: 729.664,03 km² |
|  | *Principales Ciudades Afectadas SANTIAGO DE CHILE |
| | **Escenarios Climáticos Esperado (RCP 6.0) |
| | Se estima a 10 años un incremento de 1% en la precipitación (mm/día), mientras, la temperatura tendrá un incremento de 0,17 °C. |
| | Escenarios Climáticos Pesimista (RCP 8.5) |
| | Se estima a 10 años una disminución de 1% en la precipitación (mm/día), mientras, la temperatura tendrá un incremento de 0,30 °C. |
| *Ciudades con más de 2 millones de habitantes ** Escenarios Climáticos obtenidos de Modelos Globales de Circulación Atmosférica periodo 1985-2100. | |

| | |
|---|--|
| 14 América del Sur Sur Centro (ASSCTR) | Superficie Región: 1.080.414,67 km² |
|  | *Principales Ciudades Afectadas SANTA CRUZ DE LA SIERRA |
| | **Escenarios Climáticos Esperado (RCP 6.0) |
| | Se estima a 10 años una disminución del 3% en la precipitación (mm/día), mientras, la temperatura tendrá un incremento de 0,24 °C. |
| | Escenarios Climáticos Pesimista (RCP 8.5) |
| | Se estima a 10 años una disminución del 3% en la precipitación (mm/día), mientras, la temperatura tendrá un incremento de 0,40 °C. |
| *Ciudades con más de 2 millones de habitantes ** Escenarios Climáticos obtenidos de Modelos Globales de Circulación Atmosférica periodo 1985-2100. | |

| | |
|---|---|
| 15 América del Sur Sur Atlántico (ASSATL) | Superficie Región: 3.855.952,36 Km² |
|  | *Principales Ciudades Afectadas ASUNCIÓN, BELO HORIZONTE, CURITIBA, LA PLATA, MONTEVIDEO, PORTO ALEGRE, RIO DE JANEIRO, SAO PAULO |
| | **Escenarios Climáticos Esperado (RCP 6.0) |
| | Se estima a 10 años un incremento entre -1 a 1% en la precipitación (mm/día), mientras, la temperatura tendrá un incremento de 0,21 °C. |
| | Escenarios Climáticos Pesimista (RCP 8.5) |
| | Se estima a 10 años un incremento entre -1 a 4% en la precipitación (mm/día), mientras, la temperatura tendrá un incremento de 0,35 °C. |

The background features abstract, overlapping shapes in shades of light blue and grey on the left side. On the right side, there are two stylized green leaves with white curved lines, one in the upper right and one in the lower left.

2. ANÁLISIS EXPLORATORIO DOCUMENTAL

El Análisis Exploratorio Documental fue realizado en base a una revisión y sistematización de los avances y retrasos en el abordaje situacional del Cambio Climático regional en América Latina y El Caribe, expresado en sus Comunicaciones Nacionales, en la última edición y año de publicación, disponible en internet.

A partir de esta información además se consideró diseñar una matriz descriptora, cuyo conjunto de variables o indicadores de actuación-compromiso por cada país permiten, a través de una metodología de multicriterio, evaluar el compromiso país definido como una medida potencial de la capacidad de adaptación, de acuerdo con lo señalado en el Anexo 2, donde se integró de manera prismática aspectos: técnicos, económicos, sociales, políticos, legales y ambientales por país.

En esta metodología, la ponderación de criterios y subcriterios es asignada por un Grupo de Expertos, utilizando la escala de Saaty, según Rojas (2012) para la ponderación de atributos y criterios, aceptando un nivel de inconsistencia menor o igual al 10%.

Así mismo, bajo las condiciones anteriores y según las tendencias previstas del Cambio Climático para la precipitación en el periodo 2011-2040, estimadas según el análisis exploratorio estadístico anteriormente expuesto para los escenarios RCP 6.0 y 8.5, posteriormente, se estimó el Índice de Condiciones de Impacto País Frente al Cambio Climático (CONIPAFCC), como una medida de aproximación del posible impacto del Cambio Climático, señalado en el anexo 2, el cual fue definido como la convolución entre la amenaza climática y la Actuación-Compromiso de los diversos países, e incluyendo el Índice de Desarrollo Humano, como se muestra en la Ecuación 2.

$$\text{CONIPAFCC} = \text{ProbCC} + (0,2 * \text{IDH} + 0,8 * (\text{Compromiso País})) \quad (2)$$

Donde:

ProbCC = Probabilidad de tendencia de precipitación en cada país por sector(es) estimado(s) de Cambio Climático.

IDH = Índice de Desarrollo Humano, estimado de acuerdo al programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD).

(Compromiso País) = parámetro actuación país.

Para valorar la probabilidad de tendencia de precipitación en cada país por sector(es) estimado(s) de Cambio Climático (*ProbCC*), se realizó una ponderación con las regiones de incidencia climática para cada país encontrándose una amenaza categorizada en terciles por área de influencia de la región sobre el país (Anexo 2).

2.1. RESULTADO DEL ANÁLISIS EXPLORATORIO DOCUMENTAL

En la revisión sistemática y exhaustiva de las Comunicaciones Nacionales de Cambio Climático se pudo notar el avance temático y compromiso país que tiene América Latina y El Caribe ante este problema global de alcance local.

Dentro de esta perspectiva, se observó que a partir del 2014 hasta el presente, el 40% de los países han actualizado su Comunicación Nacional; sin embargo, solo México ha llegado a la quinta NDC en el 2012, con actualizaciones al 2017 y, en gran proporción (56%), han publicado hasta la tercera Comunicación, como se muestra en las Figuras 20 y 21, representada en su mayoría por los países de América del Sur y Costa Rica; no obstante se hace evidente el retraso que tienen algunas naciones en las edición de sus Comunicaciones y año de publicación, representan una debilidad del Estado ante compromisos internacionales y programas de desarrollos sostenibles frente a la amenaza climática latente, presente y futura del Cambio Climático.

Por otra parte, las Comunicaciones Nacionales, independientemente de su fecha y edición (Figura 20), lograron compilar bajo una estructura, en muchos casos participativos, no sólo de los entes nacionales y comunidad, también con el apoyo financiero internacional para su elaboración y en gran medida del desarrollo en la práctica de los diversos proyectos propuestos. Ciertamente se muestra el respaldo y financiamiento por parte de los Países Desarrollados y Organizaciones Internacionales, como el PNUD, GTZ, entre otros; para ayudar a los países en desarrollo con la evaluación del impacto, la vulnerabilidad y adaptación, la creación de capacidades, la educación y conciencia pública, la instrumentación de actividades de adaptación concretas y el fomento de la transferencia de tecnología.

Así mismo, en términos de mitigación al cambio climático, de manera global, se evidencia que la comunidad de América Latina y El Caribe ha hecho énfasis en al menos tres temas vitales:

- La reducción de las emisiones de los países industrializados en un rango de al menos 25% - 40% para el año 2020, en relación a 1990.
- El cumplimiento de los compromisos de estos países consignados en la Convención Marco y en el Protocolo de Kyoto.
- El financiamiento de los procesos de transformación, con el desarrollo de economía de alta eficiencia energética y el fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables. Esto es ir a una economía baja en carbono que involucra cambios sustantivos en los estilos de desarrollo económico.

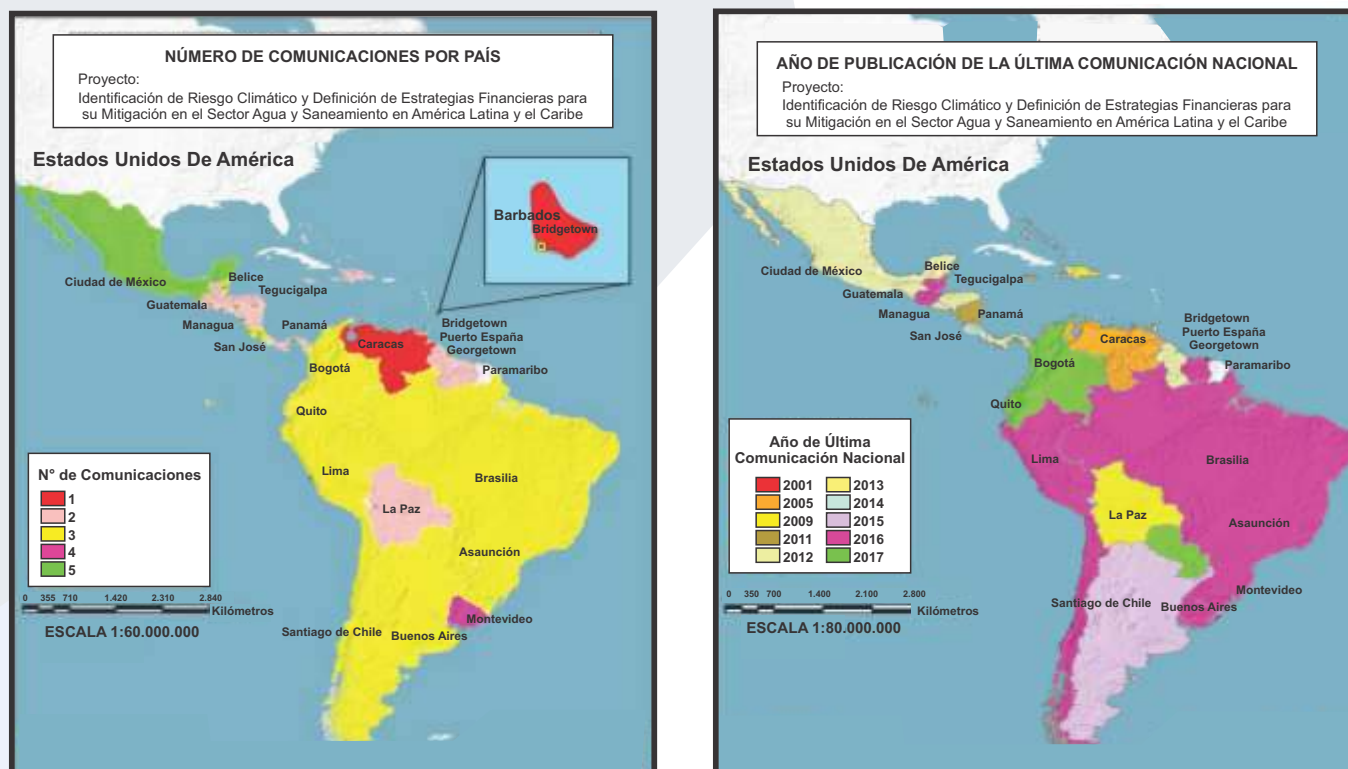


Figura 20. Número y año de publicación de la Comunicación Nacional de Cambio Climático

Además, en algunos países en la región se estiman soluciones aparentes como la absorción de carbono a través de plantaciones forestales, la deforestación evitada, el manejo de bosques y los corredores biológicos.

Por otra parte, en relación a la Adaptación al Cambio Climático, existen avances significativos en diferentes países de ALC, referente a la elaboración e instrumentación de acciones para la adaptación. En general, se puede hablar de una creciente atención al tema, aunque aún se muestran pocos estudios sobre la creación de estrategias nacionales de adaptación o sobre los aspectos críticos que contribuyen a su mejor entendimiento, sobre todo referente a cómo la adaptación está en realidad teniendo lugar en el país.

La adaptación al Cambio Climático en la región de ALC comienza ser considerada como un compromiso de política a nivel nacional; en este sentido, la mayoría de los países hacen énfasis en la adaptación como un elemento importante para el desarrollo regional, nacional y subnacional, además del reconocimiento de preparar a las sociedades para crear resiliencia y adaptarse a los impactos del Cambio Climático, e incluyen la participación social con programas de inclusión y de capacitación en el tema.

Es de hacer notar que países en la ALC con mayores avances en la creación de estrategias de adaptación, cuentan con fuerte participación de su comunidad científica en el diseño de tales estrategias, con contribuciones de las ciencias físicas, naturales, sociales, las humanidades y las ingenierías, dadas la complejidad y diversidad de los aspectos inmersos en la adaptación al Cambio Climático.

Así mismo, es notorio en las últimas publicaciones de las Comunicaciones Nacionales se distingue una articulación de políticas y diseño de instrumentos transversales y fortalecimiento de la obligatoriedad legal en el tema de Cambio Climático para su formulación, implementación y cabal cumplimiento.

2.1.1 ESTATUS ACTUAL DE LOS (i) NDCs

En esta sección se presenta información sobre las Contribuciones Nacionales Determinadas (NDCs) de los países de la región de América Latina y El Caribe y sus implicaciones con el cambio climático. Después de la COP 21 quedaron establecidos múltiples compromisos de los países de la comunidad internacional miembros de la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático. Al respecto, se examina el estatus actual de dichas contribuciones a nivel mundial y regional en el contexto de América Latina y El Caribe.

2.1.2 ALCANCE DE LOS COMPROMISOS MUNDIALES

Hasta el 30 de marzo de 2016, la Convención Marco había recibido 161 comunicaciones del INDCs relacionadas con 189 países, incluidos los Estados miembros de la Unión Europea, que representan el 99 % de las emisiones mundiales en 2010 y el 98 % de la población mundial (CAIT, 2016) citado por (IICA, 2016).

Hasta el 5 de octubre de 2016, 160 partes de 197 (de la Convención Marco) habían ratificado la entrada en vigor del Acuerdo de París. En consecuencia, dicho acuerdo entró en vigor el 4 de noviembre de 2016 (UNFCCC, 2016).

2.1.3 ALCANCE DE LOS COMPROMISOS EN LA REGIÓN ALC

En el último corte realizado del estatus de ratificación del Acuerdo de París por la Convención Marco, de fecha 21 de agosto de 2017, en la subregión, 24 de los 26 países que la componen firmaron el acuerdo el 22 de abril de 2016, Chile el 20 de septiembre de 2016 y de Nicaragua no se dispone información. Su ratificación se llevó a cabo en fechas distintas comprendidas desde el 22 de abril de 2016 hasta el 31 de Julio de 2017. Los primeros países en ratificarlo fueron Barbados y Belice. El último país en ratificar el acuerdo fue Haití. Sin embargo, de los 26 países, aún faltan por su ratificación Surinam, Trinidad y Tobago y Nicaragua, de este último no se encontró información. Todos los países vigentes en el Acuerdo de París, sus ratificaciones ya entraron en vigor desde el 4 de noviembre de 2016 hasta el 30 de agosto de 2017 (Haití) (Tabla 7).

Tabla 7. Estátus de acuerdo de París

| N° | Código ISO | País | Fecha de Firma | Fecha de Ratificación | Fecha de Entrada en Vigor |
|----|------------|----------------------|----------------|-----------------------|---------------------------|
| 1 | ARG | Argentina | 22/04/2016 | 21/09/2016 | 04/11/2016 |
| 2 | BHS | Bahamas | 22/04/2016 | 22/08/2016 | 04/11/2016 |
| 3 | BRB | Barbados | 22/04/2016 | 22/04/2016 | 04/11/2016 |
| 4 | BLZ | Belice | 22/04/2016 | 22/04/2016 | 04/11/2016 |
| 5 | BOL | Bolivia | 22/04/2016 | 05/10/2016 | 04/11/2016 |
| 6 | BRA | Brasil | 22/04/2016 | 21/09/2016 | 04/11/2016 |
| 7 | CHL | Chile | 20/09/2016 | 10/02/2017 | 12/03/2017 |
| 8 | COL | Colombia | 22/04/2016 | | |
| 9 | CRI | Costa Rica | 22/04/2016 | 13/10/2016 | 12/11/2016 |
| 10 | DOM | República Dominicana | 22/04/2016 | | |
| 11 | ECU | Ecuador | 22/04/2016 | | |
| 12 | SLV | El Salvador | 22/04/2016 | 27/03/2017 | 26/04/2017 |
| 13 | GTM | Guatemala | 22/04/2016 | 25/06/2016 | 24/02/2017 |
| 14 | GUY | Guyana | 22/04/2016 | 20/05/2016 | 04/11/2016 |
| 15 | HTI | Haití | 22/04/2016 | 31/07/2017 | 30/08/2017 |
| 16 | HND | Honduras | 22/04/2016 | 21/09/2016 | 04/11/2016 |
| 17 | JAM | Jamaica | 22/04/2016 | 10/04/2017 | 10/05/2017 |
| 18 | MEX | México | 22/04/2016 | 21/09/2016 | 04/11/2016 |
| 19 | NCR | Nicaragua | ND | ND | ND |
| 20 | PAN | Panamá | 22/04/2016 | 21/09/2016 | 04/11/2016 |
| 21 | PRY | Paraguay | 22/04/2016 | 14/10/2016 | 13/11/2016 |
| 22 | PER | Perú | 22/04/2016 | 25/07/2016 | 04/11/2016 |
| 23 | SUR | Suriname | 22/04/2016 | | |
| 24 | TTO | Trinidad y Tobago | 22/04/2016 | | |
| 25 | URY | Uruguay | 22/04/2016 | 19/10/2016 | 18/11/2016 |
| 26 | VEN | Venezuela | 22/04/2016 | 21/07/2017 | 20/08/2017 |

ND: No Disponible.

La emisión total de GEI de los 26 países de la subregión es menor al 0,2 % mundial. De los compromisos climáticos, quince (15) países tienen metas de reducción de CO₂ al 2025-2030, financiado con fondos propios. La meta de reducción más importante fue fijada por Barbados en 44%, siempre y cuando tenga apoyo técnico y financiero de orden internacional (Tabla 7). En cuanto a la temperatura objetivo, trece (13) países se han fijado la meta de apuntar sus medidas de mitigación para contribuir en que la temperatura global no supere los 1,5 °C (Tabla 8).

Tabla 8. Compromisos climáticos de los países de la región ALC en los (I) NDCs

| Nº | Código ISO | EGEI * (%) | Meta de reducción CO ₂ al 2030 (%) | Meta condicionada de reducción CO ₂ al 2030 (%) | Meta de 2,0 °C | Meta de 1,5 °C |
|----|------------|------------|---|--|----------------|----------------|
| 1 | ARG | 0,88 | 15 | 30 | | |
| 2 | BHS | < 0,01 | 30 | | X | X |
| 3 | BRB | < 0,01 | | 44 | | X |
| 4 | BLZ | < 0,031 | | | | X |
| 5 | BOL | 0,3 | | | | X |
| 6 | BRA | 3,96 | 43 | | X | |
| 7 | CHL | 0,2 | 30 / PIB | | | |
| 8 | COL | 0,43 | 20 | 30 | X | |
| 9 | CRI | 0,01 | 44 | | X | X |
| 10 | DOM | < 0,067 | | 25 | X | X |
| 11 | ECU | 0,3 | 25* | 40* | X | X |
| 12 | SLV | 0,03 | | | | X |
| 13 | GTM | 0,09 | 11,2 | 22,6 | | |
| 14 | GUY | < 0,016 | | | | X |
| 15 | HTI | < 0,017 | 5 | 26 | X | |
| 16 | HND | 0,1 | 15 | | | X |
| 17 | JAM | < 0,021 | 7,8 | 10 | | X |
| 18 | MEX | 1,63 | 22; 51 (Carbono Negro) | 36; 70 (ÍDEM) | | |
| 19 | NCR | ND | ND | ND | ND | ND |
| 20 | PAN | 0,05 | | | X | X |
| 21 | PRY | | 10 | 20 | | |
| 22 | PER | 0,24 | 20 | 30 | X | X |
| 23 | SUR | < 0,019 | | | | |
| 24 | TTO | < 0,01 | | 15 | | |
| 25 | URY | 0,03 | | | | |
| 26 | VEN | 0,86 | 20 | | | |

ND: No Disponible. EGEI: Emisiones de gases efecto de invernadero; * Datos obtenido de Euroclima (2016)

Respecto a las medidas de mitigación, todos los países (100 %), excepto Nicaragua, de que no se dispone información, han establecido acciones de mitigación en diversas áreas o sectores; las medidas más destacadas son: energía y agua, transporte, silvicultura, agricultura, residuos sólidos, entre otros (Tabla 9). En la adaptación al cambio climático, 22 países han especificado sus prioridades en diversas áreas tales como: energía, agua, agricultura, silvicultura, gestión de riesgo, entre otros (Tabla 10).

Tabla 9. Prioridades de actuación en mitigación en los (I) NDCs

| N° | Código ISO | Energía | Agua | Transporte | Silvicultura | Agricultura | Residuos |
|----|------------|---------|------|------------|--------------|-------------|----------|
| 1 | ARG | X | | X | X | | X |
| 2 | BHS | X | | X | | | |
| 3 | BRB | X | | | | | X |
| 4 | BLZ | X | | X | X | | X |
| 5 | BOL | X | X | | X | X | |
| 6 | BRA | X | | X | X | X | |
| 7 | CHL | X | | | X | X | X |
| 8 | COL | | | | | | |
| 9 | CRI | X | | X | X | X | X |
| 10 | DOM | X | X | | X | X | X |
| 11 | ECU | X | | | X | X | |
| 12 | SLV | X | X | X | X | X | X |
| 13 | GTM | X | | X | X | X | X |
| 14 | GUY | X | | | X | | |
| 15 | HTI | X | | | X | | X |
| 16 | HND | X | | | X | X | X |
| 17 | JAM | X | | | | | |
| 18 | MEX | X | | | X | X | X |
| 19 | NCR | ND | ND | ND | ND | ND | ND |
| 20 | PAN | | | | | | |
| 21 | PRY | | | | | | |
| 22 | PER | | | | | | X |
| 23 | SUR | X | | | X | | |
| 24 | TTO | X | | X | | | |
| 25 | URY | X | | | X | | |
| 26 | VEN | | | | | | X |

ND: No Disponible.

Tabla 10. Prioridades de actuación en adaptación en los (I) NDCs

| N° | Código ISO | Energía | Agua | Agricultura | Silvicultura | Gestión de Riesgos | Residuos |
|----|------------|---------|------|-------------|--------------|--------------------|----------|
| 1 | ARG | | X | X | X | X | |
| 2 | BHS | | | X | | | |
| 3 | BRB | | X | | | X | |
| 4 | BLZ | | | X | X | | |
| 5 | BOL | X | X | X | X | | |
| 6 | BRA | | | | | X | |
| 7 | CHL | X | X | X | X | | |
| 8 | COL | X | | X | | X | |
| 9 | CRI | X | X | X | | X | |
| 10 | DOM | X | X | | | | |
| 11 | ECU | X | X | X | | X | |
| 12 | SLV | | X | X | | | |
| 13 | GTM | | X | X | X | X | |
| 14 | GUY | | X | X | | | |
| 15 | HTI | | X | X | | | |
| 16 | HND | | X | X | | X | |
| 17 | JAM | X | X | X | X | X | X |
| 18 | MEX | | X | X | X | X | X |
| 19 | NCR | ND | ND | ND | ND | ND | ND |
| 20 | PAN | | | | | | |
| 21 | PRY | X | X | X | X | X | |
| 22 | PER | | X | X | X | | |
| 23 | SUR | | X | X | | | |
| 24 | TTO | | | | | | |
| 25 | URY | | X | | | X | |
| 26 | VEN | | | | | | |

ND: No Disponible.

2.1.4 ALCANCE DE LOS COMPROMISOS CENTRO Y SURAMÉRICA

Del estatus de ratificación del Acuerdo de París por la Convención Marco, 24 países que la componen firmaron el acuerdo el 22 de abril de 2016. Su ratificación se llevó a cabo un poco más tardía que la subregión El Caribe. De hecho, Guatemala fue el primer país en realizar la ratificación (25 de junio de 2016) y el último fue Venezuela (21 de julio del 2017). Sin embargo, de los 26 países, aún faltan por su ratificación Colombia, República Dominicana, Ecuador y Nicaragua (sin información disponible). Todos los países vigentes en el Acuerdo de París, sus ratificaciones ya entraron en vigor desde el 4 de noviembre de 2016 hasta el 20 de agosto de 2017 (Venezuela) (Tabla 6).

La emisión total de GEI de los 26 países de América Latina y El Caribe es menor al 9,2 % mundial. De los compromisos climáticos, 15 países tienen metas de reducción de CO₂ al 2025-2030, financiado con fondos locales o propios. La meta de reducción más importante fue fijada por Costa Rica (44 %) y Brasil (43 %). En cuanto a la temperatura objetivo, trece (13) países se han fijado la meta de apuntar sus medidas de mitigación para contribuir a que la temperatura global no supere los 1,5 °C (Tabla 7). Respecto a las medidas de mitigación, el 85 % de los países han establecido prioridades de mitigación en diversos sectores tales como: energía, agua, transporte, silvicultura, agricultura, residuos sólidos, entre otros (Tabla 8). En la adaptación al cambio climático, 22 países han especificado sus prioridades en diversos sectores tales como: energía, agua, agricultura, silvicultura, gestión de riesgo, entre otros. (Tabla 9).

2.2 SÍNTESIS DE LOS (I)NDCs DE LOS PAÍSES DE AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE

2.2.1 CARACTERIZACIÓN DE LOS GEI

En cuanto al tipo de gas efecto de invernadero especificado en las (I)NDCs, el CO₂ es el gas donde se centra la mayor atención de actuación. En efecto, es una prioridad en el 77% de los países. En orden decreciente, el metano (CH₄) es el segundo gas con mayor nivel de atención. De hecho, el 65% de los países así lo consideran. Por último, el óxido nitroso (N₂O) es una prioridad en el 65% de los países de la región LAC. (Tabla 11).

Tabla 11. Tipo de gases efecto de invernadero e importancia de la vulnerabilidad en los (I) NDCs

| Nº | Código ISO | Tipo de GEI (CO ₂) | Tipo de GEI (CH ₄) | Tipo de GEI (N ₂ O) | Importancia de la Vulnerabilidad |
|----|------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|----------------------------------|
| 1 | ARG | X | X | X | X |
| 2 | BHS | X | X | X | X |
| 3 | BRB | X | X | X | X |
| 4 | BLZ | | | | X |
| 5 | BOL | X | | | |
| 6 | BRA | X | X | X | |
| 7 | CHL | X | X | X | X |
| 8 | COL | X | X | X | |
| 9 | CRI | X | X | X | |
| 10 | DOM | X | X | X | X |
| 11 | ECU | X | X | X | X |
| 12 | SLV | | | | X |
| 13 | GTM | X | X | X | X |
| 14 | GUY | X | | | X |
| 15 | HTI | X | X | X | X |
| 16 | | X | X | X | X |
| 17 | JAM | X | X | X | X |
| 18 | MEX | | | | |
| 19 | NCR | ND | ND | ND | ND |

| | | | | | |
|----|-----|---|---|---|---|
| 20 | PAN | X | | | X |
| 21 | PRY | | | | |
| 22 | PER | X | X | X | |
| 23 | SUR | X | X | X | |
| 24 | TTO | X | X | X | X |
| 25 | URY | X | X | X | |
| 26 | VEN | | | | X |

ND: No Disponible. Fuente: elaboración propia

2.2.2 PRIORIDADES DE MITIGACIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO

De la Tabla 8, la energía es el campo de actuación más destacado dentro de los (I)NDCs de la región, el 85% de los países tienen metas o acciones en ese sector. La incorporación de las tecnologías renovables en el matriz energética o eléctrica del país es la acción más común. La silvicultura es el segundo sector en orden de importancia, el 62 % de los países han establecido prioridades de actuación. En el siguiente orden, la gestión de los residuos abarca el 50 % de los países para mitigar los efectos del calentamiento global.

2.2.3 PRIORIDADES DE ADAPTACIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO

En las prioridades de adaptación surgen otros sectores con mayor nivel de atención en comparación con las prioridades de mitigación. Al respecto, la gestión del agua (agua potable, saneamiento de aguas servidas) y la agricultura abarcan el 69 % del interés de los países (en cada sector) (Tabla 9).

La gestión de riesgos se ubica en el tercer lugar, el 46 % de los países han fijado acciones específicas en el sector.

2.2.4 IMPORTANCIA DE LA VULNERABILIDAD

De la Tabla 10, el 62 % de los países dan importancia a este tópico dentro de las acciones para reducir los riesgos frente a las amenazas del cambio climático.

Sobre todo, los países (Cuenca de El Caribe) más castigados por los eventos hidrometeorológicos extremos derivados del cambio climático, han resaltado o mencionado a la vulnerabilidad como una condición que debe minimizarse para reducir pérdidas de vidas humanas, daños a infraestructuras y servicios vitales de la población, entre otros.

La adaptación es un aspecto clave donde los países están centrando mayor atención, en los últimos años, para adaptar o proteger sus infraestructuras, bienes privados, etc. a los impactos del clima.

2.2.5 CONSIDERACIÓN DE PÉRDIDAS Y DAÑOS (L&D, SIGLAS EN INGLÉS)

Las pérdidas y daños se refieren a los impactos del cambio climático que no han sido evitados por mitigación y adaptación, incluyendo pérdidas irreversibles y daños económicos (ICCCAD, 2015).

Aunque las pérdidas y daños no fue obligatorio incluirlo en los (I)NDCs, 57 países a nivel mundial han mencionado el tópico. Muchos de estos incluyeron estimación de los costos de pérdidas recientes o futuras y daños (ICCCAD, 2015).

De igual manera, 23 países a nivel mundial mencionan explícitamente el tópico, alguno de los cuales se refieren a las medidas nacionales planificadas o aplicadas para hacer frente a las pérdidas y daños. En donde, la mayoría de los países piden el apoyo internacional o la creación de un mecanismo para la compensación de las pérdidas y daños por los impactos del cambio climático (ICCCAD, 2015).

De los 23 países que hacen mención explícita del tópico, solamente 11 países corresponden a ALC (Tabla 11).

Entre las causas más destacadas de nuestra región, se mencionan las tormentas tropicales, las inundaciones, el incremento del nivel del mar, las sequías, y los deslizamientos (Tabla 12).

Tabla 12. Consideración de pérdidas y daños como consecuencia de los impactos del clima en los (I) NDCs

| Nº | Código ISO | Especificación explícita | Causas de afectación | Sector o ámbito de afectación |
|----|------------|--------------------------|---|---|
| 1 | ARG | | | |
| 2 | BHS | | | |
| 3 | BRB | X | Tormentas tropicales, nivel del mar | Infraestructuras |
| 4 | BLZ | | | |
| 5 | BOL | | | |
| 6 | BRA | | | |
| 7 | CHL | | | |
| 8 | COL | X | Eventos climáticos: inundaciones | |
| 9 | CRI | X | Eventos hidrometeorológicos extremos: inundaciones, sequías, deslizamientos e inc. del nivel del mar. | Infraestructuras |
| 10 | DOM | X | Eventos hidrometeorológicos extremos | Daños a la propiedad, cultivos y medios de subsistencia |
| 11 | ECU | | | |
| 12 | SLV | X | | |
| 13 | GTM | | | |
| 14 | GUY | | | |
| 15 | HTI | X | Eventos climáticos extremos | |
| 16 | HND | X | Eventos hidrometeorológicos extremos | |
| 17 | JAM | | | |
| 18 | MEX | | | |
| 19 | NCR | ND | ND | ND |
| 20 | PAN | | | |

| Nº | Código ISO | Especificación explícita | Causas de afectación | Sector o ámbito de afectación |
|----|------------|--------------------------|----------------------|-------------------------------|
| 21 | PRY | | | |
| 22 | PER | | | |
| 23 | SUR | X | | |
| 24 | TTO | | | |
| 25 | URY | X | | |
| 26 | VEN | | | |

ND: No Disponible.

2.3 PRESUPUESTO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LOS (I)NDCS

Los países de la región ALC han incluido estimaciones de costos para la implementación de sus (I)NDCs (Tabla 13). De estos datos, solamente siete (7) países han establecido sus costos en base a un valor total (costos totales). En términos más precisos, cinco (5) países (19%) han estimado sus costos de mitigación y, solamente cinco (5) países (19%) sus costos de adaptación. El costo total de la estimación es de 60.130,04 millones de US\$, de los cuales para mitigación se requieren 36.559,01 millones US\$ y para la adaptación 22.007,00 millones de US\$. La diferencia faltante, obviamente está distribuida entre mitigación y adaptación, pero no fue especificada en los compromisos nacionales de los países.

A nivel de país, Haití ha presupuestado unos costos mayores a los 25.000 millones de US\$, repartidos de la siguiente manera: 34,6% mitigación y 65,4% adaptación.

República Dominicana es el segundo país que más recursos ha estimado para cubrir sus costos de mitigación y adaptación al cambio climático. El presupuesto total es cercano a los 20.000 millones de US\$, repartidos en un 85,9% para las acciones de mitigación y 14,1% en adaptación.

Tabla 13. Costos estimados para la implementación de las medidas de mitigación y adaptación en los (I) NDCs

| Nº | Código ISO | Costos previstos (M\$ EUA)* | Costos Mitigación (M\$ EUA) | Costos Adaptación (M\$ EUA) |
|----|------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| 1 | ARG | | | |
| 2 | BHS | | 900,00 | |
| 3 | BRB | | | |
| 4 | BLZ | 250,35 | | 0,5 por año |
| 5 | BOL | | | |
| 6 | BRA | | | |
| 7 | CHL | | | |
| 8 | COL | | | |
| 9 | CRI | | | |
| 10 | DOM | 19.793,00 | 17.000,00 | 2793 |
| 11 | ECU | | | |

| N° | Código ISO | Costos previstos (M\$ EUA)* | Costos Mitigación (M\$ EUA) | Costos Adaptación (M\$ EUA) |
|----|------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| 12 | SLV | | | |
| 13 | GTM | | | |
| 14 | GUY | 4.490,00 | 2.890,00 | 1.600,00 |
| 15 | HTI | 25.387,00 | 8.773,00 | 16.614,00 |
| 16 | HND | | | |
| 17 | JAM | | | |
| 18 | MEX | | | |
| 19 | NCR | | | |
| 20 | PAN | 4.457,25 | | |
| 21 | PRY | | | |
| 22 | PER | | | |
| 23 | SUR | 3.492,00 | 2.492,00 | 1.000,00 |
| 24 | TTO | 2.000,00 | | |
| 25 | URY | | | |
| 26 | VEN | | | |

*M\$ EUA: millones de dólares americanos

2.4 NECESIDADES DE FINANCIAMIENTO DE LOS (I)NDCs

El financiamiento es un aspecto crucial para cualquier actividad que implique el desarrollo e implantación de medidas para ejecutar acciones de mitigación y adaptación al cambio climático. De no asegurarse los recursos financieros mínimos muchas acciones quedarán estatizadas en simples intenciones. Por esta razón es importante destacar que estrategias o mecanismos implementarán los países para capturar los fondos necesarios que cubran sus costos totales en acciones de mitigación y adaptación.

En términos generales, el 54% de los países han expresado explícitamente su interés en acudir a fondos internacionales que les permitan cubrir parcial o totalmente sus requerimientos de recursos financieros, para materializar las acciones de mitigación y adaptación en el plazo estipulado para la reducción de emisiones GEI (Tabla 14).

Tabla 14. Necesidades de apoyo financiero y técnico en los (I) NDCs

| Nº | Código ISO | Requerimiento de Financiamiento | Forma de financiación | Apoyo técnico y otras necesidades |
|----|------------|---------------------------------|--|-----------------------------------|
| 1 | ARG | | | |
| 2 | BHS | X | | X |
| 3 | BRB | X | | X |
| 4 | BLZ | | | X |
| 5 | BOL | | | |
| 6 | BRA | | | |
| 7 | CHL | | | |
| 8 | COL | X | | |
| 9 | CRI | | Compensación de emisiones | |
| 10 | DOM | | | |
| 11 | ECU | | | |
| 12 | SLV | X | Fondo verde para el clima, canje de deuda y otros mecanismos | |
| 13 | GTM | X | Fondo Nacional del Cambio Climático; Fondo Nacional de la Conservación; Fondo Nacional para la Reducción de Desastres; Fondo verde del clima; pago por reducción de emisiones; Fondo de canje de deuda por naturaleza. | |
| 14 | GUY | X | | X |
| 15 | HTI | X | Mercado de carbono; Fondos verde del clima; Reducción de la deforestación; | X |
| 16 | HND | X | Plan de inversión en cambio climático | X |
| 17 | JAM | X | | X |
| 18 | MEX | X | Mecanismos de mercado bilaterales, regionales e internacionales. | X |
| 19 | NCR | ND | ND | ND |
| 20 | PAN | | Fondo verde para el clima y otros mecanismos financieros (Comercio de emisiones) | |
| 21 | PRY | | Financiamiento climático a través de los distintos fondos existentes (Fondo Verde para el Clima, Fondo de Adaptación, Mecanismos de mercado y no mercado, Fondo Mundial de Medio Ambiente, etc.) | |
| 22 | PER | X | Mecanismo de mercado y comercio de emisiones | X |
| 23 | SUR | X | Financiamiento climático a través de los distintos fondos existentes (Fondo Verde para el Clima, Fondo de Adaptación, Mecanismos de mercado y no mercado, Fondo Mundial de Medio Ambiente, etc.) | X |
| 24 | TTO | X | Fondos propios y Financiamiento a través del Fondo Verde para el Clima | |
| 25 | URY | | Seguros de índices climáticos e impuestos financieros | |
| 26 | VEN | X | Fondos propios y Financiamiento internacional | X |

ND: No Disponible. Fuente: Elaboración propia

En el siguiente orden se ubica Guyana, este país ha estimado un presupuesto de acción contra el cambio climático de casi 5.000 millones de US\$. Estos costos están distribuidos en un 64,4% para la mitigación y 35,6% en acciones de adaptación.

El mecanismo que más destacan los países corresponde con el financiamiento del Fondo Verde para el Clima, mercado de carbono (comercio de emisiones), Fondo Mundial del Medio Ambiente. Adicionalmente, hay otros países que destacan la posibilidad de financiar sus costos mediante fondos propios (impuestos financieros, impuestos verdes, plan de desarrollo de la economía) y canje de deuda por naturaleza.

Sobre las necesidades de financiamiento, hay una buena porción de países que no explican o aportan detalles de su estrategia de financiamiento.



3. ANÁLISIS DE COMPROMISO PAÍS FRENTE AL CAMBIO CLIMÁTICO

3.1 ESTABLECIMIENTO DE UN ÍNDICE DE VALORACIÓN

A fin de valorar el compromiso país frente al cambio climático por cada Nación Latinoamericana y de El Caribe, según lo expresado en la última Comunicación Nacional, se conformó una matriz descriptora, cuyo conjunto de variables o indicadores están definidos en la Tabla 15, y describen la Actuación País frente al Cambio Climático, donde se valora de manera dicotómica y ponderada por expertos, según la metodología de multicriterio, considerando de forma integral los criterios: técnicos, económicos, sociales, políticos, legales y ambientales por país.

Cabe destacar que el compromiso país frente al Cambio Climático es un indicador de las propuestas y acciones gubernamentales consideradas en las NCs, para el presente y futuro frente al Cambio Climático de cada nación que representa una fortaleza indudable y necesaria para la capacidad de adaptación y una oportunidad para el financiamiento climático. No obstante, existe la gran debilidad que exista una virtualidad pragmática entre el discurso expuesto en el documento de la Comunicación Nacional y la realidad país, lo que representa una amenaza para el desarrollo sostenible, tanto a nivel país como local; por ello, antes de llamarlo Capacidad de Adaptación al Cambio Climático, se considera denominarlo Índice de Compromiso País.

La ponderación de atributos y criterios de acuerdo con la escala de Saaty, se muestra en la Tabla 16, aceptando un nivel de inconsistencia 0,091, menor al 10%, según los parámetros dispuestos en la Tabla 17.

Tabla 15. Atributos de Actuación-Compromiso País cada criterio

| CRITERIO | Atributos (variables o indicadores Actuación- País) |
|---------------|---|
| TÉCNICO | Uso de modelo regional |
| | Número de proyectos |
| | Planes municipales de aseguramiento contra inundaciones o sequías |
| | Proyectos ejecutados y en procesos |
| | Sistemas de alerta temprana, crecidas, inundaciones, deslizamientos |
| | Edificaciones a prueba de inundaciones |
| | Previsiones de sequía |
| | Infraestructura sostenible |
| | Medidas sostenibles de construcción |
| | Agricultura sostenible |
| AMBIENTAL | Disponibilidad de agua (recursos hídricos) |
| | Saneamiento (aguas servidas) |
| | Inundaciones y torrentes |
| | Residuos sólidos |
| POLÍTICO | Si tiene Comunicación o No |
| | Plan Nacional de Cambio Climático |
| | Compromiso COP21 |
| | Número de estrategias |
| INSTITUCIONAL | Dirección Nacional de Cambio Climático |
| | Organismos o Unidades Nacionales (Marco Institucional) |
| ECONÓMICO | Financiamiento Nacional |
| | Disponibilidad de financiamiento internacional |
| | Convenios nacionales e internacionales efectuados |
| | Revisión de presupuesto anual |
| LEGAL | Marco Legal (Ley de Cambio Climático) |
| SOCIAL | Promoción de diseminación del conocimiento sobre Cambio Climático |
| | Participación social |
| | Participación ciudadana |
| | Programas de formación a las comunidades sobre el tema de cambio Climático y Adaptación |
| | Planes de concientización |

Tabla 16. Ponderación de criterios

| CRITERIO | PONDERACIÓN |
|---------------|-------------|
| TECNICO | 0,200858294 |
| AMBIENTAL | 0,240460405 |
| POLITICO | 0,044097548 |
| INSTITUCIONAL | 0,053828576 |
| ECONOMICO | 0,163330534 |
| LEGAL | 0,079933018 |
| SOCIAL | 0,217491624 |

Tabla 17. Prueba de Saaty

| | | |
|--|-----------------------------------|-----------------------------------|
| Nº de Atributos | 7 | |
| Alfa (λ_{max}) | 7,78 | |
| Indice de consistencia (IC) | 0,13 | |
| Indice de consistencia aleatorio (ICA) | 1,41 | 1,341 |
| RAZON DE CONSISTENCIA | 0,091 | 0,096 |
| OBSERVACIÓN | NIVEL DE INCONSISTENCIA ACEPTABLE | NIVEL DE INCONSISTENCIA ACEPTABLE |

A partir de estos resultados se estimó el indicador Compromiso-Actuación País, el cual muestra el interés que tienen los países de ALC ante el Cambio Climático (Figuras: 21 y 22), resaltando entre ellos, el compromiso de México, Brasil, Argentina, Costa Rica, Chile, Perú, El Salvador, Colombia y Paraguay, con un promedio de 0,8; siendo el máximo de 0,872 y el mínimo de 0,769.

Por otro lado, se observa con preocupación que el 25% de la región conformada por los países: Guyana, Nicaragua, Barbados Surinam, Haití y Belice, presentan una debilidad potencial en sus intenciones país frente al Cambio Climático que estarían más expuestos al riesgo climático en su desarrollo sostenible, siendo Guyana el país que presenta el menor compromiso

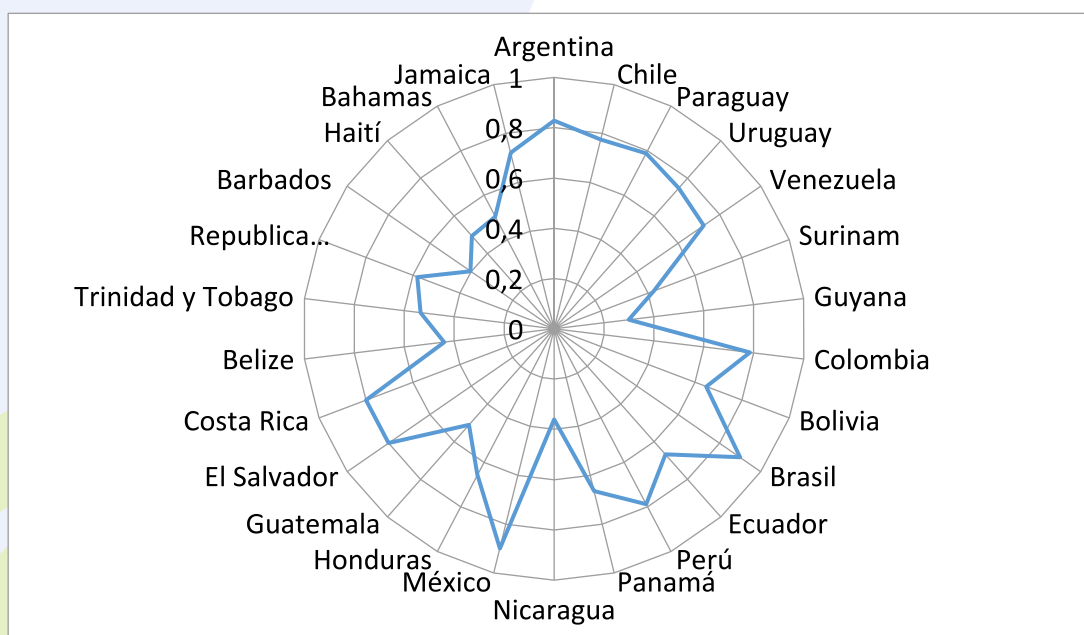


Figura 21. Compromiso de los países estudiados



Fuentes: Comunicaciones Nacionales de Cambio Climático, División Política Administrativa:
<http://www.naturalearthdata.com>

Figura 22. Compromiso de los países estudiados

3.2 VALORACIÓN DEL ÍNDICE DE CONDICIONES DE IMPACTO PAÍS FRENTE AL CAMBIO CLIMÁTICO (CONIPAFCC)

El Índice de Condiciones de Impacto País Frente al Cambio Climático (CONIPAFCC) se generó bajo un enfoque holístico o comprensivo, con el fin de orientar potencialmente la toma de decisiones, necesarias a los objetivos y las estrategias del presente estudio, considerando además las posibles incertidumbres, tanto desde el punto de vista climático como en el contexto económico, político, social, técnico e institucional de cada país.

De acuerdo con la Ecuación 2, se puede observar en las Figuras 23 a 25, que según la probabilidad de la tendencia de la precipitación en los escenarios RCP 6.0 y 8.5, para el periodo 2011-2040, la región de mayor CONIPAFCC se ubica entre El Caribe y América Central, en los países: Belice, Nicaragua, Honduras, Guatemala; además de Guyana y Surinam, en América del Sur, siendo este sector posiblemente, el de mayor atención en ALC; debido, entre otros aspectos, a su débil compromiso estatal de adaptación al Cambio Climático y a la amenaza climática fuertemente influenciada por la variabilidad climática natural interanual, decadal, el ENOS la Oscilación Norte-Sur del Atlántico, entre otros factores climáticos y geográficos.

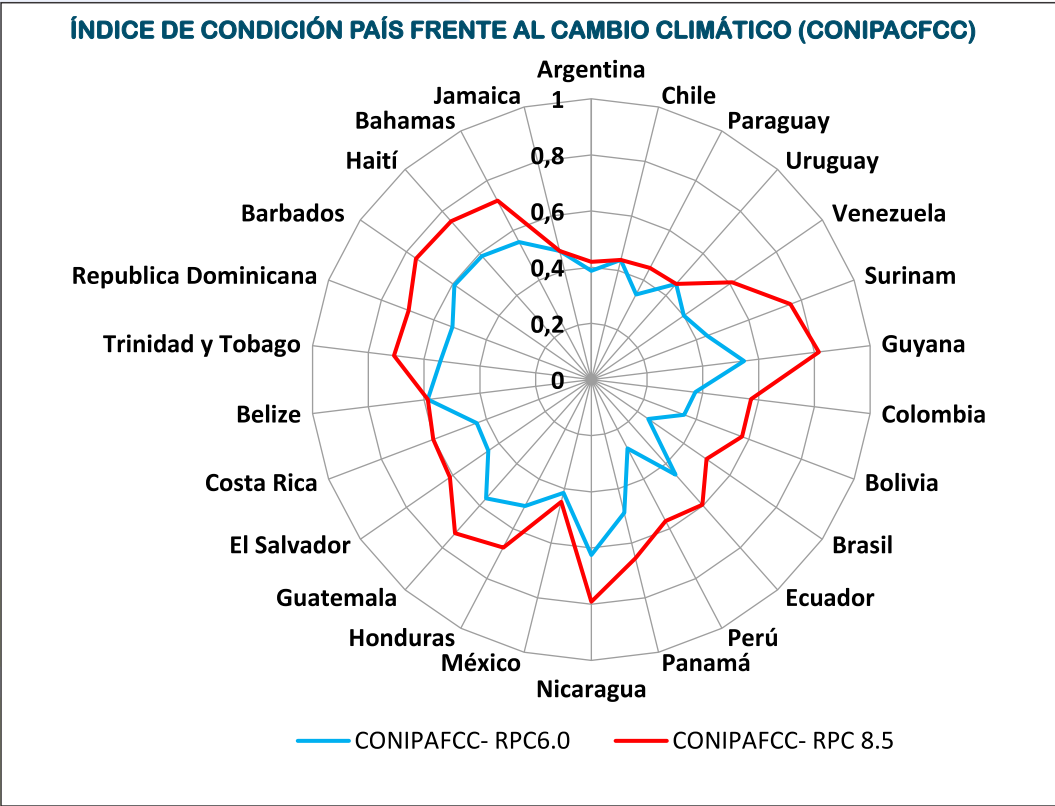


Figura 23. Índice CONIPAFCC para los países del ALC



Figura 24. Índice CONIPAFCC para el escenario RCP6.0



Figura 25. Índice CONIPAFCC para el escenario RCP8.5

CONCLUSIONES

La identificación de escenarios previstos de Cambio Climático en América Latina y El Caribe se logró a través de un análisis exploratorio estadístico espacio temporal de las variables precipitación y temperatura media mensual, en el periodo 1985-2100; y un análisis documental del posible impacto de Cambio Climático, partiendo de la revisión de las Comunicaciones Nacionales emitidas por los países adscritos al BID.

Las salidas de los distintos GCMs se promedian por regiones y épocas del año o estaciones, normalmente se utilizan promedios que eliminan las fluctuaciones a corto plazo.

El estadístico de Mann-Kendall, por ser de naturaleza no paramétrico, es flexible y permitió incluir tendencias lineales y no lineales.

Asumir el concepto de Panel en el análisis espacio temporal permitió la inclusión de la variabilidad espacial y temporal, donde la metodología es adecuada para el análisis de datos climáticos.

Aunque la Data de los escenarios climáticos es efectiva desde el punto de vista operativo, carece de un parámetro de distribución de probabilidad y error, variando en el espacio tiempo. Por ello, debe pensarse en un proceso de mutación del proceso estocástico en el espacio tiempo.

El análisis de componentes principales permitió sectorizar quince (15) zonas homogéneas ante el Cambio Climático en América Latina y El Caribe.

Se evidenció la presencia de un proceso lineal en el Cambio Climático de la temperatura para todos los escenarios, debido a la respuesta de la clasificación de los árboles, confirmándose que los sectores con mayor impacto son: México Pacífico Sur (3), Caribe Oeste (4) y Este (5), América Central (6), América del Sur Norte (7), América del Sur Norte Andino (9), Amazonas (10) y Noreste de Brasil (11).

En la precipitación se manifiesta un claro proceso no lineal, por lo que deben usarse metodologías no paramétricas para disminuir en lo posible los errores en su estimación.

En cuanto a la temperatura, el análisis espacio temporal determinó que aumenta en todos los países de América Latina y El Caribe, siendo el escenario más probable el RCP6.0.

En cuanto a precipitación, el análisis espacio temporal estima que hay una disminución en casi todos los sectores climáticos, a excepción región sureste del continente sur americano y la vertiente oriental de los Andes en la costa Pacífica Sur Tropical, donde se prevé un incremento de la precipitación.

En las variables precipitación y temperatura se está generando un proceso de tendencia estacional que deriva en alteraciones de la varianza en el proceso en el tiempo, esto va a dificultar el proceso de adaptación.

De acuerdo con los expertos invitados al Foro “PERSPECTIVAS CLIMÁTICAS DE LOS MODELOS GLOBALES EN AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE”, se hizo evidente considerar la variabilidad climática natural en la región de ALC, la cual es muy importante, y el no considerarla a la hora de la toma de decisiones puede acarrear importantes repercusiones negativas, debido a la amenaza climática que significa el Cambio Climático y la vulnerabilidad individual de cada país.

En la revisión exhaustiva de las Comunicaciones Nacionales de Cambio Climático se evidenció el retraso de algunas naciones en la edición de las mismas que representa debilidad del Estado en los compromisos internacionales y programas de desarrollo sostenibles ante la amenaza presente y futura del Cambio Climático.

Resulta importante la estructura participativa de los diferentes entes nacionales y las comunidades, que en muchos casos con apoyo internacional han elaborado y desarrollado diversos proyectos.

Al estimar el Compromiso País, se destaca la potencial capacidad de adaptación de México, Brasil, Argentina.

El índice CONIPAFCC resultó mayor a 0,5 para el 25,5% de los países, en su mayoría de la zona de El Caribe y América Central (Haití, Barbados, Nicaragua, Belice) y de América del Sur (Guyana y Surinam), que coinciden con el sector de mayor condición de impacto frente al Cambio Climático.

En términos de mitigación, se evidenció que han hecho énfasis en: la reducción de las emisiones de los países industrializados en 25-40% para el 2020, en base a valores de 1990; cumplir con los compromisos consignados en la Convención Marco y el Protocolo de Kyoto y; buscan ir a una economía baja en carbono con cambios importantes en el estilo de desarrollo económico, a través de una alta eficiencia energética y el fomento del uso de energía de origen renovable.

Se comprobó la existencia de pocos estudios sobre la creación de estrategias nacionales de adaptación; sin embargo, se denota que en diferentes países de América Latina y El Caribe existen avances significativos en materia de Adaptación ante el Cambio Climático

RECOMENDACIONES

Ante la heterogeneidad espacio temporal y posibles mutaciones del proceso en el tiempo, es pertinente el uso de modelos que incluyan de forma conjunta, la variabilidad espacio temporal y el cambio climático, no sólo en tendencia, sino que se debe comprender como un proceso de alteración de la varianza, debido al proceso de tendencia estacional.

Durante la implementación de los modelos de circulación global, se recomienda la inclusión de un parámetro estadístico de calidad o intervalos de confianza que varíe tanto en el espacio como en el tiempo.

Debe considerarse en los modelos de circulación global que la transición costa mar y el efecto orográfico altera la calidad de los MGC.

En los procesos de downscaling, debe incluirse algún método estadístico que involucre los procesos estocásticos inherentes.

Deben apoyarse los procesos de investigación en el área de Estadística Espacio Temporal, referidos al proceso de exploración de este en el modelado de los datos climáticos, donde los avances permitirían el entendimiento de las variables de trabajo.

Un elemento fundamental para fortalecer las redes de instituciones e investigación es el uso de cursos de formación en el área Estadística, esto garantiza que el proceso de selección de técnicas sea más adecuado a la estructura de los procesos estocásticos inherentes y derivaría en la aplicación de técnicas adecuadas y conclusiones correctas.

Se deben fortalecer los sistemas de observación climatológica en los diferentes países, tanto en el número de estaciones como en la disponibilidad.

En general, Los expertos de la región coincidieron que la variabilidad climática natural (Oscilación Norte del Atlántico, ENSO, Tormentas, Ciclones y Ondas tropicales, comportamiento de la LLJ, entre otros), además de los factores fisiográficos de la región ALC elevan su fragilidad ante esas condiciones climáticas; adicionalmente, en los países que conforman la Región interamericana, se presentan dificultades en su desarrollo económico, social y político, lo que hace que los impactos del cambio climático sean aún mayores en comparación con los demás integrantes del continente. Por todas estas circunstancias, esta región ameritaría mayor atención desde el punto de vista de financiamiento y desarrollo de proyectos.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

Blanco Iza, U. (2015). Evaluación y comparación de series temporales de NDVI de los sensores SPOT-Vegetation y MODIS, en las regiones del desierto de Atacama, la selva del Congo y Cataluña.

Brun, M. B. (2005). *Contribuciones al método de regresión armónica dinámica: desarrollos teóricos y nuevos algoritmos*. Universidad Autónoma de Madrid.

CARVALHO, L. M. V.; JONES, C.; LIEBMANN, B. The South Atlantic convergence zone: Intensity, form, persistence, and relationships with intraseasonal to interannual activity and extreme rainfall. *Journal of Climate*, v. 17, p. 88-108, 2004.

Cressie, N., & Wikle, C. K. (2015). *Statistics for spatio-temporal data*. John Wiley & Sons.

Cryer J., & Chan, K. (2008). Time Series Analysis. *Communications in Statistics—Theory and Methods*, 37, 408-424.

Drápela, K., & Drápelová, I. (2011). Application of Mann-Kendall test and the Sen's slope estimates for trend detection in deposition data from Bílý Kříž (Beskydy Mts., the Czech Republic) 1997-2010. *Beskydy*, 4(2), 133-146.

Eastman, J. R., Sangermano, F., Ghimire, B., Zhu, H., Chen, H., Neeti, N., & Crema, S. C. (2009). Seasonal trend analysis of image time series. *International Journal of Remote Sensing*, 30(10), 2721-2726.

Eastman, J. R., Sangermano, F., Machado, E. A., Rogan, J., & Anyamba, A. (2013). Global trends in seasonality of normalized difference vegetation index (NDVI), 1982-2011. *Remote Sensing*, 5(10), 4799-4818.

Gujarati, D., & Porter, D. (2010). *Econometría* (quinta edición).

Hipel, K. W., & McLeod, A. I. (1994). *Time series modelling of water resources and environmental systems* (Vol. 45). Elsevier.

Hoskins, B.J y D.J. Karoly, 1981: The steady linear responses of a spherical atmosphere to thermal and orographic forcing. *J. Atmos. Sci.*, 38, 1179-1196.

Hovmöller, E. (1949). The trough-and-ridge diagram. *Tellus*, 1(2), 62-66.

Hurtado Montoya, A. F., & Mesa Sánchez, Ó. J. (2015). Cambio climático y variabilidad espacio-temporal de la precipitación en Colombia. *Revista EIA*, (24), 131-150.

Liu, J., Liu, M., Zhuang, D., Zhang, Z., & Deng, X. (2003). Study on spatial pattern of land-use change in China during 1995-2000. *Science in China Series D: Earth Sciences*, 46(4), 373-384.

Moss, R., Babiker, M., Brinkman, S., Calvo, E., Carter, T., Edmonds, J., ... & Jones, R. (2008). Exploración de nuevos escenarios para el análisis de las emisiones, del cambio climático, de sus impactos y de las estrategias de respuesta. *Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. Ginebra*.

Ángel G. Muñoz, Xiaosong Yang, Gabriel A. Vecchi, Andrew W. Robertson, and William F. Cooke, A Weather-Type-Based Cross-Time-Scale Diagnostic Framework for Coupled Circulation Models, *Journal of Climate* November 2017, Vol. 30, No. 22, Published online on 17 Oct 2017.

Á. G. Muñoz, L. Goddard, S. J. Mason, and A. W. Robertson, Cross-Time Scale Interactions and Rainfall Extreme Events in Southeastern South America for the Austral Summer. Part II: Predictive Skill .*Journal of Climate*, August 2016, Vol. 29, No. 16

Á. G. Muñoz, L. Goddard, A. W. Robertson, Y. Kushnir, and W. Baethgen, Cross-Time Scale Interactions and Rainfall Extreme Events in Southeastern South America for the Austral Summer. Part I: *Potential Predictors*.*Journal of Climate*, October 2015, Vol. 28, No. 19, Published online on 29 Sep 2015.

Neeti, N., & Eastman, J. R. (2011). A contextual mann - kendall approach for the assessment of trend significance in image time series. *Transactions in GIS*, 15(5), 599-611.

Rojas Z., J. C. (1992). Planificación del suministro eléctrico en áreas rurales de los países en vías de desarrollo: un marco de referencia para la toma de decisiones. *Tesis Doctoral. Departamento de Ingeniería Eléctrica. Universidad de Zaragoza. Zaragoza. España. 382 pp.*

Shlens, J. (2014). A tutorial on principal component analysis. *arXiv preprint arXiv:1404.1100*.

Smith, L. I. (2002). A tutorial on principal components analysis. *Cornell University, USA*, 51(52), 65.

Thenkabail, P. S. (Ed.). (2015). *Land resources monitoring, modeling, and mapping with remote sensing*. CRC Press.

Rosano, F. (S/f). Fundamentos de redes neuronales artificiales. http://conceptos.sociales.unam.mx/conceptos_final/598trabajo.pdf

Shlens, J. (2014). A tutorial on principal component analysis. *arXiv preprint arXiv:1404.1100*.

Theodorsson-Norheim, E. (1987). Friedman and Quade tests: BASIC computer program to perform nonparametric two-way analysis of variance and multiple comparisons on ranks of several related samples. *Computers in biology and medicine*, 17(2), 85-99.

Williams, L. J., & Abdi, H. (2010). Fisher's least significant difference (LSD) test. *Encyclopedia of research design*, 218, 840-853.

Zafra, J. E., Moreno, R. J., & Hernández, R. D. (2017). Comparison between Backpropagation and CNN for the Recognition of Traffic Signs. *International Journal of Applied*

ANEXO I

METODOLOGÍA UTILIZADA PARA LA OBTENCIÓN DE LAS REGIONES CLIMÁTICAS PROPUESTAS Y EVALUACIÓN DE SU COMPORTAMIENTO

Introducción

Este Anexo tiene como objetivo realizar una confirmación de las regiones, así como evaluar el comportamiento estocástico general del proceso. Esto es una forma rigurosa de probar la ausencia o presencia de ciertas propiedades estadísticas que no han sido descubiertas en el análisis exploratorio (Hipel & McLeod, 1994).

Metodología

Clasificar un objeto consiste en asignarlo a una de las clases disponibles. Los objetos se pueden definir por una serie de características, como pueden ser el color de sus píxeles, su textura o su tamaño, o alguna otra de sus propiedades (Rocha & Escorcía, 2010), por ello para confirmar las regiones se aplicó un método exploratorio de clasificación de árboles de decisión, así como un método de redes neuronales artificiales a los RCP que salieron con tendencia significativa, es decir, los cuatro escenarios de Cambio Climático para la temperatura y los escenarios 6.0 y 8.5 para la precipitación mensual.

El método de los árboles de decisión consiste en un procedimiento que clasifica los casos en grupos o predictores de una variable dependiente (objetivo), basado en una variable independiente (predictor) (Pallant, 2013; Bernal, 2017). Es un gráfico para representar elecciones y sus resultados en forma de un árbol. Los nodos del gráfico representan un evento o elección y los bordes de la gráfica representan las reglas de decisión o condiciones. Se utiliza sobre todo en aplicaciones de minería de datos y aprendizaje automático, su mayor ventaja es que asume una estructura lineal de los datos por lo que su mayor ventaja es la sencillez del procedimiento.

En el caso de las redes neuronales artificiales, consiste en una nueva forma de computación, inspirada en modelos biológicos, este se corresponde con un sistema de computación compuesto por un gran número de elementos simples, elementos de procesos muy interconectados, los cuales procesan información por medio de su estado dinámico, como respuesta a entradas externas. En otras palabras, son redes interconectadas masivamente en paralelo de elementos simples (usualmente adaptativos) y con organización jerárquica, las cuales intentan interactuar con los objetos del mundo real del mismo modo que lo hace el sistema nervioso biológico (Matich, 2001).

Las actividades desarrolladas en torno a las redes neuronales artificiales están motivadas en modelar la información en forma de sistemas nerviosos biológicos. Se basa en el concepto de que el cerebro humano es un sistema no lineal, complejo y paralelo, que puede realizar muchas operaciones sencillas simultáneamente.

En este sentido la neurored es un procesador de información paralela, constituido por muchas unidades sencillas llamadas neuronas, éstas poseen las siguientes características: 1) Tener un conocimiento que se adquiere a través de la experiencia; 2) Poseer una altísima plasticidad y adaptabilidad; 3) Poseer un alto nivel de tolerancia a las fallas y 4) Tener un comportamiento no lineal, lo que le permite procesar información con este comportamiento (Izaurieta & Saavedra, 2001). Desde su desarrollo este método se ha aplicado para resolver problemas, tales como la predicción climatológica (Rosano, S/f; Zafra et al., 2017).

Según Rosano (S/f) y Matich (2001) la neurona artificial (Figura II-1) es una unidad procesadora con cuatro elementos funcionales:

- 1 El elemento sumador, que efectúa la suma algebraica ponderada de las señales de entrada, ponderándolas de acuerdo con su peso, aplicando la siguiente expresión: $S = \sum w_i x_i$.
- 2 El elemento de función activadora, que aplica una función no lineal de umbral (que frecuentemente es una función escalón o una curva logística) a la salida del sumador, para decidir si la neurona se activa, disparando una salida o no.
- 3 El elemento de salida que es el que produce la señal, de acuerdo con el elemento anterior, que constituye la salida de la neurona.

En este caso se desea concluir sobre la estructura de organización de las variables precipitación y temperatura, si el árbol tiene un buen ajuste es indicador de un proceso de organización lineal y. si se demuestra que el clasificador de árbol posee un mal ajuste y la red neuronal tiene un mejor ajuste se puede concluir de la existencia de un proceso no lineal, mucho más complejo.

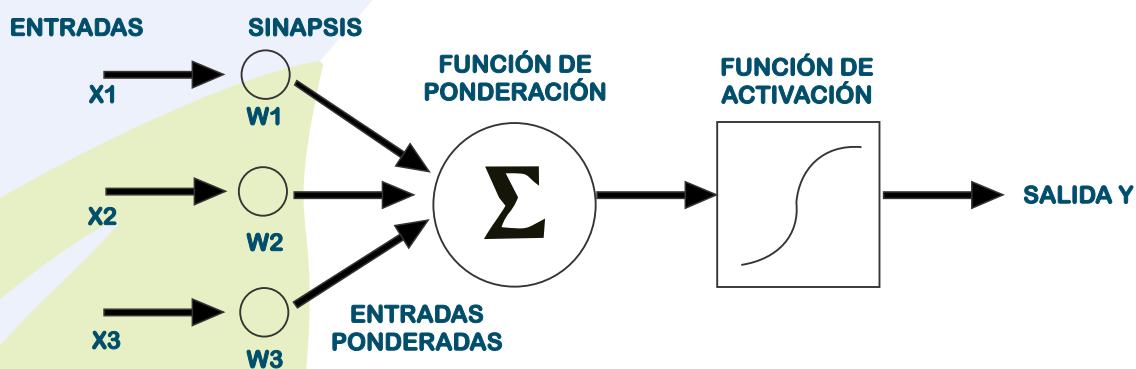


Figura II-1. Esquema de la Neurona Artificial. Fuente Rosano (S/f)

Resultados

Se presentan a continuación los resultados del árbol de Temperatura (Figura II-2). Este indica un proceso altamente lineal, debido a su elevado porcentaje de aciertos correctos (100%), por lo que se acepta para este caso la existencia de un proceso lineal del cambio climático en la variable, con un p-value menor al 5% de nivel de significancia; comparativamente el modelo de clasificación de la red neuronal presenta también un elevado acierto (100%); sin embargo, se aceptan los resultados del clasificador de árbol, pues es más simple (Figura II-3).

Por el contrario, la Precipitación presenta un ajuste de baja calidad, ya que el riesgo del árbol es superior al 48%, dado que se muestra un bajo porcentaje de aciertos correctos y la representación de un árbol sin estructura lógica definida, con un alto número de ramificaciones (421), por lo que se evidencia la presencia de una estructura no lineal. En efecto la no linealidad de la estructura se evidencia al analizar el porcentaje de aciertos del clasificador por redes neuronales artificiales, que indica un porcentaje de aciertos elevado (100%) (Figura II-4).

Basado en estos resultados se puede concluir que el cambio climático de la variable temperatura presenta una estructura fuertemente lineal, mientras que la precipitación una estructura no lineal. En este sentido con el fin de categorizar la tendencia se ejecutó un análisis de varianza (ANOVA) aplicando un modelo generalizado, ya que es flexible ante la violación de los supuestos tradicionales del modelo ANOVA (Normalidad, Independencia, Linealidad y Homocedasticidad) (Peña, 2002); este test fue acompañado por un contraste Post-Hoc de tipo Least Significant Difference (LSD) (Williams & Abdi, 2010), y de un test no paramétrico equivalente al ANOVA, como lo es, el test de Friedman. El mismo es recomendado cuando existen violaciones a los supuestos del modelo, es un test de medidas repetidas en la versión no paramétrica (Theodorsson-Norheim, 1987).

Bajo estas condiciones se rechaza con ambos modelos la hipótesis nula (Tabla II-1); en el caso del ANOVA, si las medias de los valores de la variable son estadísticamente diferentes y, en el caso del test de Friedman, si las respuestas asociadas a cada uno de los "tratamientos" tienen la misma distribución de probabilidad o distribuciones con la misma mediana.

Al realizar el contraste Post-Hoc se evidencia en las medias condicionadas para el caso de la temperatura (Figura II-5), que existen sectores con una mayor media condicional, en general son los sectores 3 al 7 y 9 al 11. En el caso de la precipitación (Figura II-6) se evidencia que los sectores con mayor impacto de Cambio Climático serán el 8 y 9, respectivamente, coincidiendo esta conclusión con la exposición Pabón-Caicedo (2017), cuando manifiesta la existencia de un proceso no lineal en la región influenciada por los eventos extremos.

Conclusiones

Se confirman los sectores de trabajo definidos en el Análisis Exploratorio Espacio Temporal. En estos se evidenció la presencia de un proceso lineal en el Cambio Climático de la temperatura para todos los escenarios, debido a la respuesta de la clasificación de los árboles y se confirmó que los sectores con mayor impacto son del 3 al 7 y 9 al 11.

En el caso de la precipitación se manifiesta un claro proceso no lineal, debido al mejor ajuste de las redes neuronales artificiales, este proceso no lineal tendrá como consecuencia mayores dificultades en la capacidad de adaptación de los sectores, resultando los más afectados por este proceso, los sectores 8 y 9, coincidiendo, como se mencionó, con lo expuesto por Pabón-Caicedo (2017), cuando argumenta que estos sectores están influenciados por la ocurrencia de los eventos extremos del fenómeno del Niño.

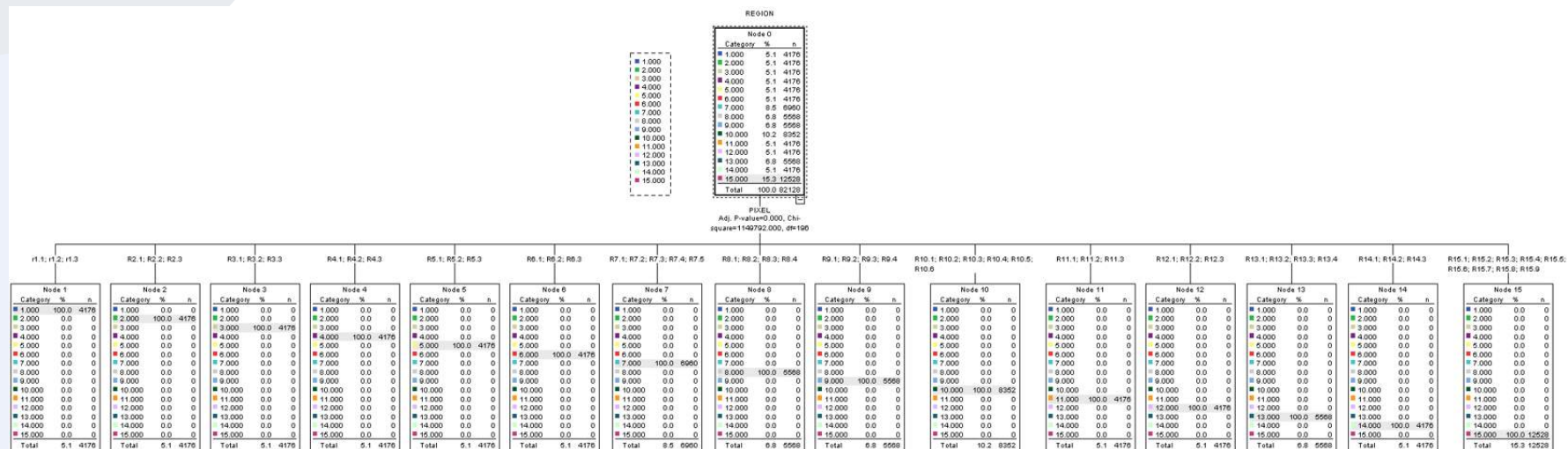
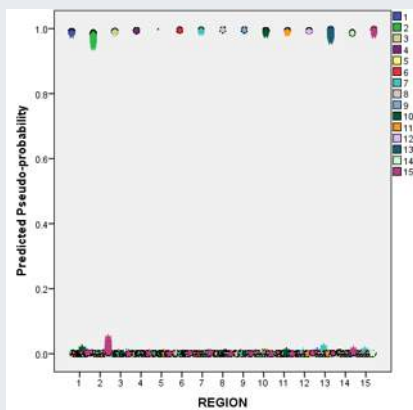
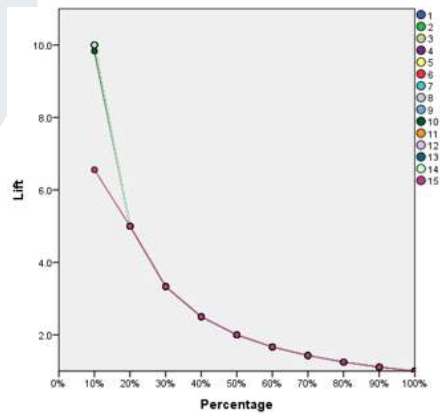


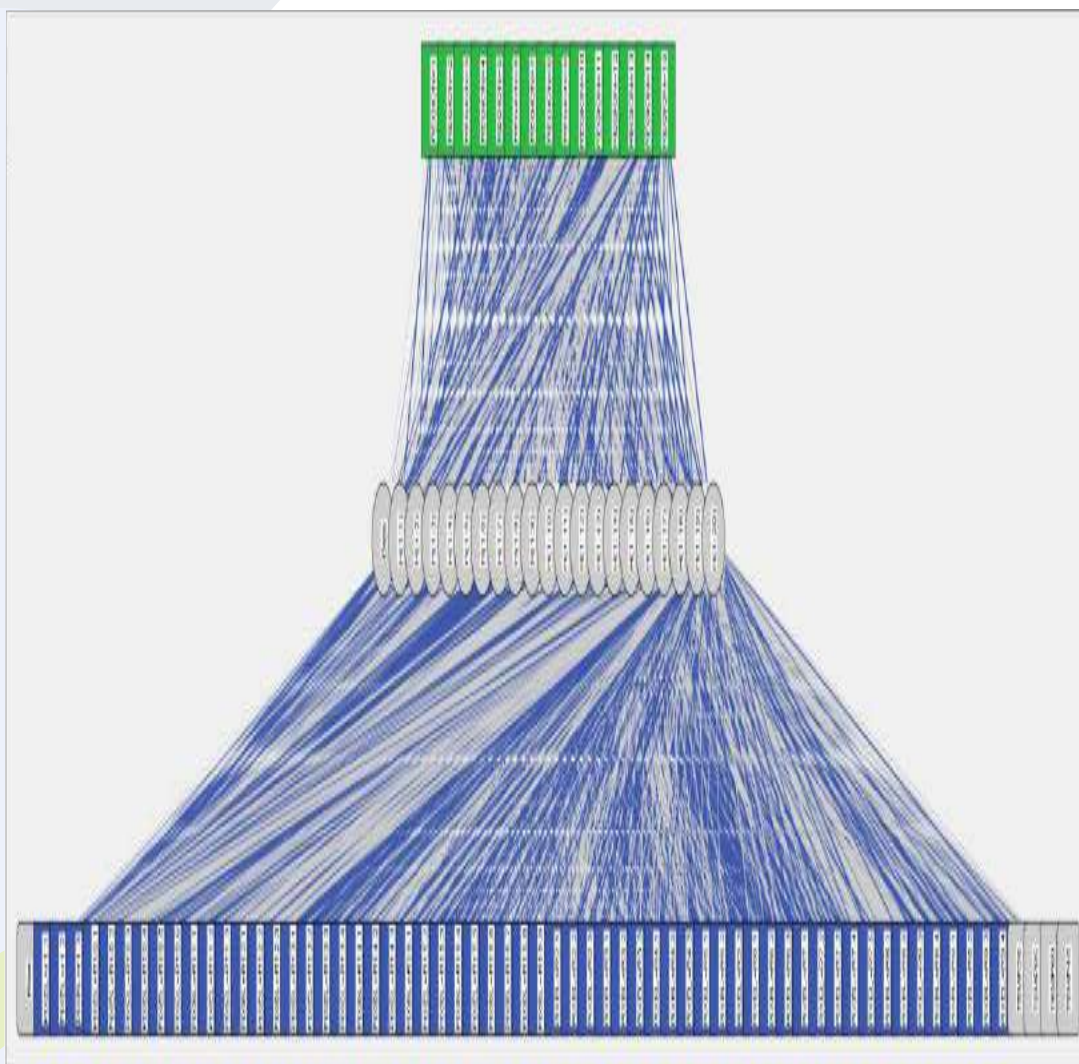
Figura I-2- Clasificación de Árbol de la Temperatura



(a)

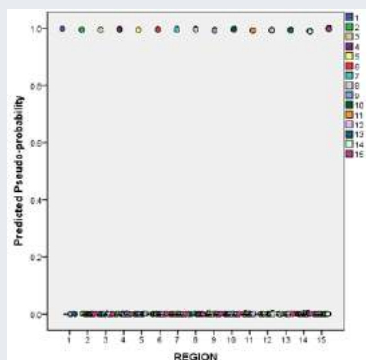


(b)

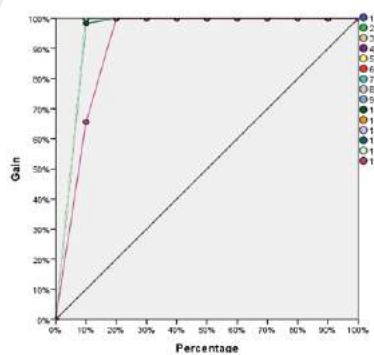


(c)

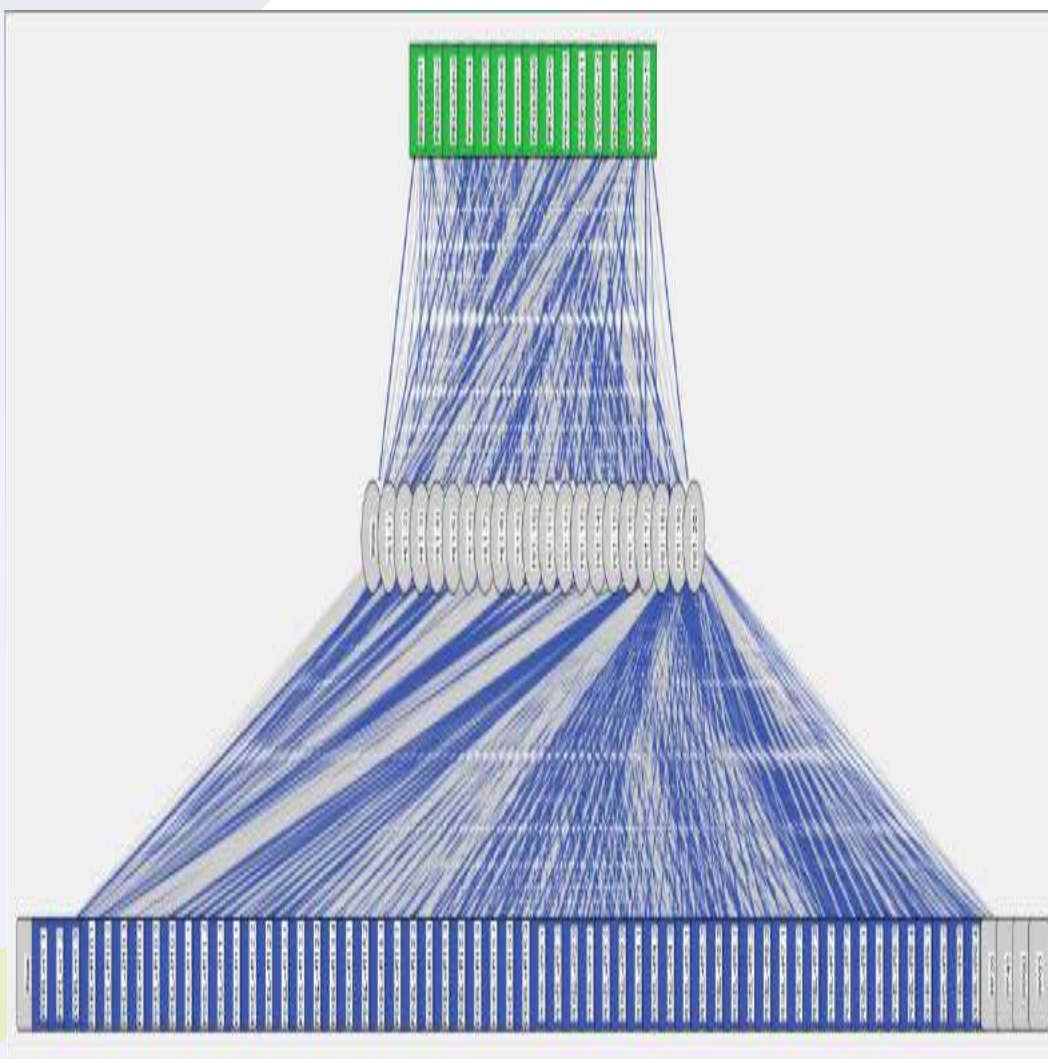
Figura I- 3. RCP de temperatura; (a) Porcentaje de acierto por categoría; (b) Porcentaje acumulado de variabilidad representada y (c) Redes Neuronales ocultas



(a)



(b)



(c)

Figura I- 4. RCP de Precipitación; (a) Porcentaje de acierto por categoría; (b) Porcentaje acumulado de variabilidad representada y (c) Redes Neuronales ocultas

Tabla I-1. Respuesta del p-value de los test de análisis de la tendencia

| Variable | Técnica | ANOVA P-value | Friedman P-value |
|---------------|---------|------------------|---------------------|
| Temperatura | RCP2.6 | 0 | 0 |
| | RCP4.5 | 0 | 0 |
| | RCP6.0 | 0 | 0 |
| | RCP8.5 | 0 | 0 |
| Precipitación | RCP6.0 | 0 | 0 |
| | RCP8.5 | 0 | 0 |

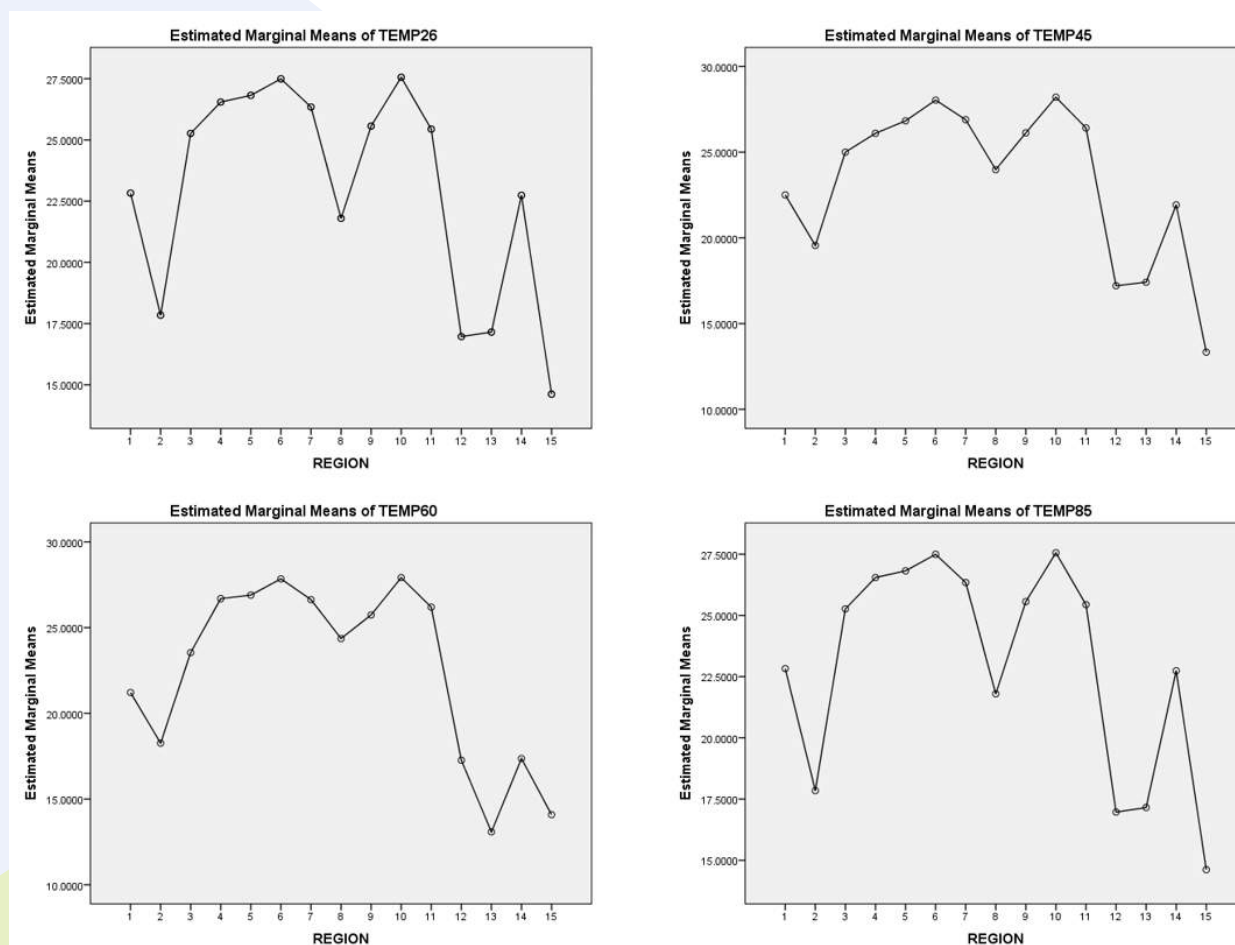


Figura I-5. Medias marginales de temperatura (°C) por Región

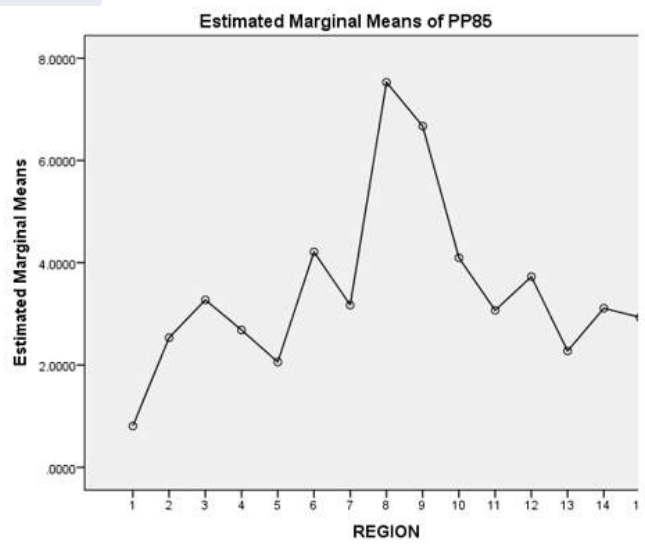
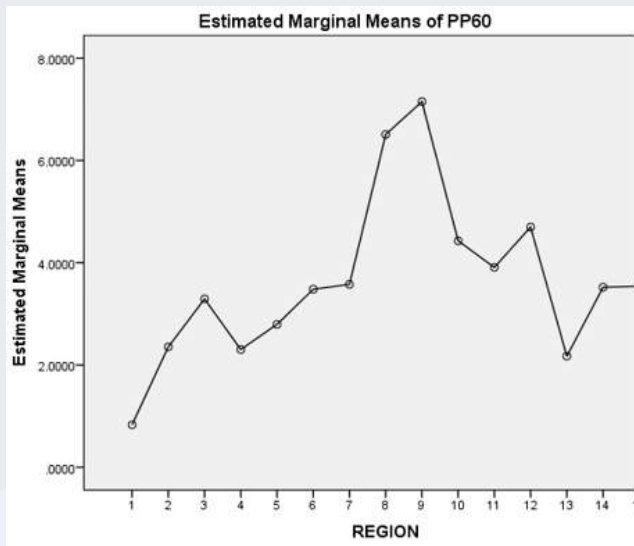


Figura I-5. Medias condicionadas de precipitación (mm/día) por Región

ANEXO II

DEFINICIÓN, ESTRUCTURA Y METODOLOGÍA DE ANÁLISIS DE LA MATRIZ DE COMPROMISO PAÍS AL CAMBIO CLIMÁTICO

En este anexo se detallan aspectos y características el desarrollo de la matriz que compone el índice Compromiso País, el cálculo del valor del índice, la selección de variables incluidas en la matriz, los pesos diferenciales sugeridos para las distintas variables y, por último, la aplicación de este índice en la condición de impacto país frente al cambio climático

Características del Índice Compromiso País

En este informe se ha referido el índice Compromiso País, como la “Estrategia de Adaptación - Estado” que cada nación ha señalado en su NC como plan de acción que incluye tanto objetivos como líneas de acción y medidas, con una visión a corto, mediano y largo plazo desde las directrices de los diferentes ámbitos, instituciones, comunidad, sector; para abordar los impactos de los cambios climáticos, variabilidad natural y extremos climáticos. De esta manera el Compromiso- País, representa en gran medida los mecanismos potenciales existentes que cada país tiene para abordar al cambio climático, en el ámbito nacional donde se localiza la responsabilidad política.

A fin de valorar este índice se consideró diseñar una matriz descriptora, similar a la Matriz para Decisiones de Adaptación (MDA) desarrollada por Mizina et al. (1999). Ésta fue diseñada para evaluar el costo-efectividad de distintas opciones de adaptación, para lo cual se consultó a los usuarios respecto a un conjunto específico de criterios de evaluación y la asignación de un peso a cada uno de estos criterios. Al aplicar esta matriz se obtiene un valor numérico, el cual es generado por la integración de los distintos pesos y notas asignados a cada uno de los criterios contenidos en la matriz. Este método ha sido utilizado en países como Kazajstán, Camerún, Uruguay, Bolivia, entre otros.

El índice Compromiso- País, fue desarrollado siguiendo los principios utilizados en la MDA, el cual incluye una consulta a expertos y un análisis multicriterio para la toma de decisiones. Este tipo de metodología ha sido ampliamente utilizado por otros autores relacionados con la variabilidad y cambio climático, difiriendo en los propósitos de utilización, así como también en su aplicabilidad y alcance (Aldunce et al 2008, Alberini et al., 2006; Brooks et al., 2005; Carreño y Cardona, 2007; Sullivan y Meigh, 2005).

El índice compromiso país puede ser considerado como una medida potencial de la capacidad de adaptación integrando de manera prismática aspectos: técnicos, económicos, sociales, políticos, legales y ambientales por país, en el marco de un desarrollo sostenible y de acuerdo con el Marco de Políticas de Adaptación (MPA) que recomienda que cualquier proceso de adaptación apoye el objetivo de desarrollo general del país y que se integre en sus planes, políticas y programas existentes.

Considerando los aspectos anteriormente mencionados el Compromiso País fue desarrollado como un índice que integra los puntajes asignados a diferentes variables o criterios de evaluación.

A cada variable se le asigna un peso que refleja su importancia relativa en la evaluación global. El índice en sí consiste en la multiplicación, para cada criterio, del peso asignado con las acciones país realizadas, paso que es seguido por la suma de estos puntajes ponderados, dando como resultado final un valor único. El Compromiso-País se presenta como una herramienta relativamente simple, tanto en su construcción como, sobre todo, en su utilización e interpretación, entregando información que ayuda al usuario en la evaluación de adaptación país y en el proceso de toma de decisiones.

GENERACIÓN DE LA MATRIZ Y CÁLCULO DEL ÍNDICE

La matriz para calcular el valor del índice compromiso país se implementa de manera simple utilizando una hoja de cálculo, en donde cada fila corresponde a una de las variables a ser incluidas en la evaluación de una acción de adaptación en cada país por cada criterio y peso definido. Las variables son valoradas de manera dicotómica, las cuales adoptan los valores de 0 y 1, donde 1 indica la presencia y 0 la ausencia de la acción de adaptación

El método utilizado es el de Ponderación Aditiva, el cual es muy intuitivo a la hora de valorar las alternativas. El método relaciona el valor que toma cada variable según su criterio, y el peso que tiene cada uno de estos respecto al resto. Así lo que se obtiene para cada acción país es una suma ponderada de los valores para el conjunto de todos los criterios. El mejor Compromiso-País es el que obtiene una mayor suma ponderada.

Cada País es definido mediante distintas columnas de la matriz (una descripción detallada de las distintas filas y columnas se muestra más adelante). El valor final que arroja esta matriz es el llamado “Índice”, que está compuesto por la suma ponderada de los resultados de las acciones país multiplicados por los pesos asignados a cada variable. Se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Compromiso} - \text{País} = \sum_{j=1}^m \left[\left(\sum_{i=1}^{n_j} C_{i,j} * P_{i,j} \right) * W_j \right]$$

Donde, m es el número de criterios, y tanto C, como P y n, varían con j;

Donde:

n es el número de variables utilizadas en la evaluación global;

C_i es el valor asignada a cada variable (valor que varía entre 0 y 1, éste indica el peso asignado a cada variable en la evaluación de una práctica específica);

P_i corresponde al peso asignado a cada variable (valor que varía entre 0 y 1, y que indica la importancia relativa de cada criterio).

W_j corresponde al peso asignado a cada criterio (entre 0 y 1) y que indica la importancia relativa de cada variable en la evaluación global

SELECCIÓN Y RANKING DE VARIABLES

El índice Compromiso País incluye sugerencias de variables para ser incluidas por el usuario en la evaluación de la utilidad de una práctica, y los pesos propuestos para cada una de estas variables. El objetivo de estas sugerencias es guiar al usuario en la utilización de la matriz. Las variables y los pesos propuestos están basados en los resultados de una mesa de discusión realizada por siete profesionales e investigadores involucrados en el desarrollo del Proyecto. Es así como el índice se basa en la experiencia de distintos expertos de diferentes disciplinas, para entregar información que pueda ser de utilidad para una amplia gama de tomadores de decisiones.

Las variables para evaluar el Compromiso-País por criterio incluidas en este prototipo de matriz están descritas a continuación (tabla 1) y son el resultado de una exhaustiva revisión bibliográfica y posterior discusión del grupo de expertos anteriormente mencionado. El proceso de discusión estuvo centrado en la identificación de variables generales que indicaran una acción país frente al cambio climático, señaladas en las NCs. Complementariamente, al utilizar la matriz, por ser éste un método flexible permite al usuario de la matriz incluir otras variables que reflejen la realidad local y la práctica en un sector (Aguas, Saneamiento, Residuos Sólidos) particular que se desee evaluar.

Tabla. 1.A. Variables - Atributos Actuación - País por criterio

| CRITERIO | Atributos (variables o indicadores Actuación- País) |
|----------------------|---|
| TÉCNICO | Uso de modelo regional |
| | Número de proyectos |
| | Planes municipales de aseguramiento contra inundaciones o sequías |
| | Proyectos ejecutados y en procesos |
| | Sistemas de alerta temprana, crecidas, inundaciones, deslizamientos |
| | Edificaciones a prueba de inundaciones |
| | Previsiones de sequía |
| | Infraestructura sostenible |
| | Medidas sostenibles de construcción |
| | Agricultura sostenible |
| AMBIENTAL | Disponibilidad de agua (recursos hídricos) |
| | Saneamiento (aguas servidas) |
| | Inundaciones y torrentes |
| | Residuos sólidos |
| POLÍTICO | Si tiene Comunicación o No |
| | Plan Nacional de Cambio Climático |
| | Compromiso COP21 |
| | Número de estrategias |
| INSTITUCIONAL | Dirección Nacional de Cambio Climático |
| | Organismos o Unidades Nacionales (Marco Institucional) |
| ECONÓMICO | Financiamiento Nacional |
| | Disponibilidad de financiamiento internacional |
| | Convenios nacionales e internacionales efectuados |
| | Revisión de presupuesto anual |
| LEGAL | Marco Legal (Ley de Cambio Climático) |
| SOCIAL | Promoción de diseminación del conocimiento sobre Cambio Climático |
| | Participación social |
| | Participación ciudadana |
| | Programas de formación a las comunidades sobre el tema de cambio Climático y Adaptación |
| | Planes de concientización |

PESOS SUGERIDOS PARA CADA VARIABLE Y CADA CRITERIO

Desde la perspectiva del Compromiso-País, no todos los criterios y variables poseen la misma importancia (Alberini et al., 2006; Booysen, 2002; Sullivan y Meigh, 2005; Vincent, 2007). La importancia relativa de las distintas variables sugeridas para inclusión en el Compromiso-País fue analizada por el grupo de expertos, donde la ponderación específicamente de los criterios se fundamentó en los métodos de comparación a pares, en el cual se utiliza una hoja de cálculo que se basa en la metodología de Saaty (1994;1996). Mediante la misma, se aceptan los criterios de ponderación una vez que el índice de consistencia de los pesos asignados por cada experto sea menor al 10%. En el caso de las variables por cada criterio, se consideró el promedio expresado por el conjunto de expertos.

Los resultados para las variables se muestran en la Tabla 2 y para los criterios en la Tabla 3.

Tabla. 2. A. Peso asignado por variable actuación país

| CRITERIO | VARIABLE ACCIÓN PAÍS | PESOS | CRITERIO | VARIABLE ACCIÓN PAÍS | PESOS |
|---------------|---|-------|-----------|---|-------|
| AMBIENTAL | GLACIAL | 0 | ECONÓMICO | CONVENIOS NACIONALES E INTERNACIONALES, EFECTUADOS. | 0,2 |
| AMBIENTAL | ALTURA DEL NIVEL DEL MAR (MSNM) | 0 | TÉCNICO | PROYECTOS EJECUTADOS Y EN PROCESO. | 0,1 |
| POLÍTICO | SI TIENE COMUNICACIÓN O NO | 0,25 | ECONÓMICO | REVISIÓN DE PRESUPUESTO ANUAL | 0,2 |
| TÉCNICO | MODELO REGIONAL | 0,1 | SOCIAL | PARTICIPACIÓN SOCIAL | 0 |
| POLÍTICO | PLAN NACIONAL DE CC | 0,25 | SOCIAL | PARTICIPACION CIUDADANA | 0,25 |
| POLÍTICO | COMPROMISO COP21 | 0,25 | SOCIAL | PROGRAMAS DE FORMACIÓN A LAS COMUNIDADES SOBRE EL TEMA DE CAMBIO CLIMÁTICA Y LA ADAPTACIÓN AL MISMO | 0,25 |
| ECONÓMICO | FINANCIAMIENTO NACIONAL | 0,2 | SOCIAL | PLANES DE CONCIENCIACIÓN. | 0,25 |
| INSTITUCIONAL | DIRECCION NACIONAL DE CC | 0,5 | TÉCNICO | SISTEMAS DE ALERTA TEMPRANA, CRECIDAS, INUNDACIONES, DESLIZAMIENTO | 0,1 |
| INSTITUCIONAL | ORGANISMOS O UNIDADES NACIONALES(MARCO INSTITUCIONAL) | 0,5 | TÉCNICO | EDIFICACIONES A PRUEBA DE INUNDACIONES | 0,1 |
| LEGAL | MARCO LEGAL(LEY CC) | 1 | TÉCNICO | PREVISIONES SOBRE SEQUIA | 0,1 |
| TÉCNICO | NÚMERO DE PROYECTOS | 0,1 | TÉCNICO | INFRAESTRUCTURA SOSTENIBLE | 0,1 |
| POLÍTICO | NÚMERO DE ESTRATEGIAS | 0,25 | TÉCNICO | MEDIDAS SOSTENIBLES DE CONSTRUCCIÓN | 0,1 |
| TÉCNICO | PLANES MUNICIPALES DE ASEGURAMIENTO CONTRA INUNDACIONES O SEQUIAS | 0,1 | TÉCNICO | AGRICULTURA SOSTENIBLE | 0,1 |

CONSULTA DE EXPERIENCIA PARA LA PONDERACIÓN DE LOS ATRIBUTOS Y CRITERIOS EN EL PROCESO DE TOMA DE DECISIONES

ESCALA DE SAATY: PONDERACIÓN DE CRITERIOS

Tabla. 3. Resultados de ponderación por criterio

| CRITERIO | PONDERACIÓN |
|---------------|-------------|
| TÉCNICO | 0,200858294 |
| AMBIENTAL | 0,240460405 |
| POLÍTICO | 0,044097548 |
| INSTITUCIONAL | 0,053828576 |
| ECONÓMICO | 0,163330534 |
| LEGAL | 0,079933018 |
| SOCIAL | 0,217491624 |

Tabla. 3 A. Ponderación de Criterios

| | | |
|--|-----------------------------------|-----------------------------------|
| Nº de Atributos | 7 | |
| Alfa (λ_{max}) | 7,78 | |
| Indice de consistencia (IC) | 0,13 | |
| Indice de consistencia aleatorio (ICA) | 1,41 | 1,341 |
| RAZON DE CONSISTENCIA | 0,091 | 0,096 |
| OBSERVACIÓN | NIVEL DE INCONSISTENCIA ACEPTABLE | NIVEL DE INCONSISTENCIA ACEPTABLE |

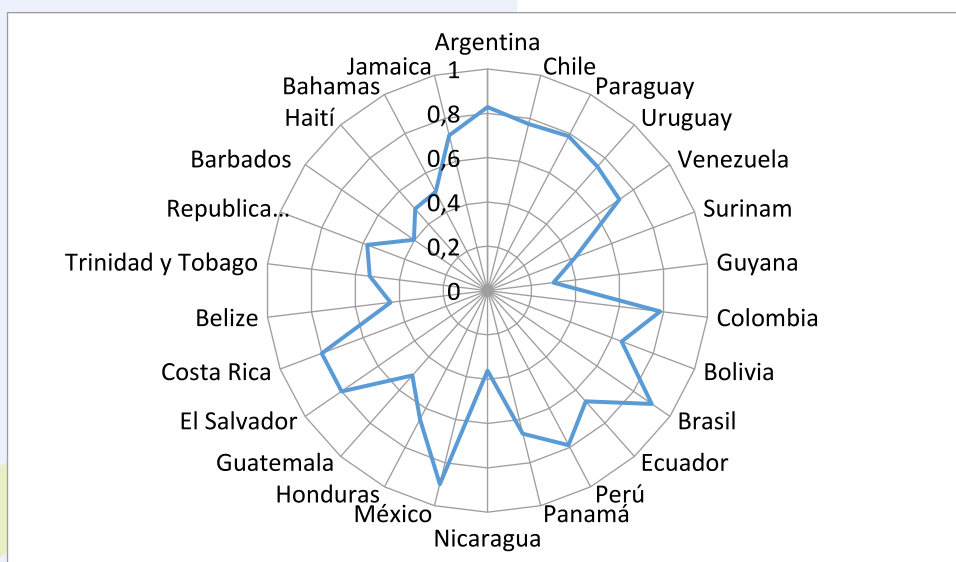
APLICACIÓN POR PARTE DEL USUARIO (LLENADO DE LA MATRIZ)

Para que el usuario pueda calcular el índice Compromiso País por medio de la matriz sugerida, éste debe acceder al libro de cálculo Excel llamado matriz compromiso.xls, que ha sido diseñado para este propósito. La matriz consta de 29 columnas, agrupadas en 4 grandes grupos: I) Criterio, II) Variable Acción País III) Pesos asignados y IV) Países valorados (D-AC)

Es importante que el usuario considere que las Variable Acción País, pueden ser modificadas por el modificada por el usuario de acuerdo con el ámbito (sector) a evaluar, ya sea incorporando nuevas variables o suprimiendo aquellas propuestas por el grupo de expertos por no adecuarse correctamente a la práctica a evaluar, inclusive los pesos sugeridos podrían ser modificados.

De la fila 36 a la 42 se estima por criterio la suma ponderada de las acciones-país por su peso, estimándose finalmente en la fila 43 el Compromiso País de acuerdo con la ecuación antes presentada.

De esta manera una vez obtenido el índice Compromiso País, este puede ser representado a través de un gráfico radial (Graf 1). De este modo, y mediante una interpretación visual se pueden evaluar, fácilmente, cuáles son los países que se presentan con mayores fortalezas a la adaptación, así como cuáles son sus mayores debilidades. Estos resultados parciales pueden guiar al usuario con respecto a la toma de decisiones de cómo mejorar la utilidad global de una práctica bajo consideración.



Graf 1. Índice Compromiso - País

¹ Disponible en CIGIR

| CRITERIO | VARIABLE ACCIÓN PAÍS | PESOS | Argentina | Chilo | Paraguay | Uruguay | Venezuela | Surinam | Guyana | Colombia | Bolivia | Brasil | Ecuador | Peru | Panamá | Nicaragua | México | Honduras | Guatemala | El Salvador | Costa Rica | Belice | Trinidad y Tobago | República Dominicana | Barbados | Islati | Bahamas | Jamaica |
|------------------------------|---|-------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|----------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-------------|------------|------------|-------------------|----------------------|------------|------------|------------|------------|
| AMBIENTAL | ALCANCE | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| AMBIENTAL | ALTURA DEL NIVEL DEL MAR (MSNM) | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| POLÍTICO | SI TIENE COMUNICACIÓN O NO | 0,25 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| TÉCNICO | MODELO REGIONAL | 0,1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| POLÍTICO | PLAN NACIONAL DE CC | 0,25 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| POLÍTICO | COMPROMISO COP21 | 0,25 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| ECONÓMICO | FINANCIAMIENTO NACIONAL | 0,2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| INSTITUCIONAL | DIRECCION NACIONAL DE CC | 0,5 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| INSTITUCIONAL | ORGANISMOS O UNIDADES NACIONALES/PLANOS INSTITUCIONALES | 0,5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| LEGAL | MARCO LEGAL (LEY CC) | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| TÉCNICO | NÚMERO DE PROYECTOS | 0,1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| POLÍTICO | NÚMERO DE ESTRATEGIAS | 0,25 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| TÉCNICO | MUNICIPALES DE ASESORAMIENTO LOCAL | 0,1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SOCIAL | PROMOCION Y DISEMINACION DEL CONOCIMIENTO CC | 0,25 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| ECONÓMICO | DISPONIBILIDAD DE FINANCIAMIENTO INTERNACIONALES | 0,4 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| ECONÓMICO | CONVENIOS NACIONALES E INTERNACIONALES EFECTUADOS | 0,2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| TÉCNICO | PROYECTOS EJECUTADOS Y EN PROCESO | 0,1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| ECONÓMICO | REVISIÓN DE PRESUPUESTO ANUAL | 0,2 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SOCIAL | PARTICIPACIÓN SOCIAL | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SOCIAL | PARTICIPACION CIUDADANA | 0,25 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| SOCIAL | PROGRAMAS DE FORMACIÓN A LAS COMUNIDADES SOBRE EL TEMA DE CAMBIO CLIMÁTICO Y LA ADAPTACIÓN AL MISMO | 0,25 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| SOCIAL | PLANES DE CONCIENCIACIÓN | 0,25 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| TÉCNICO | SISTEMAS DE ALERTA TEMPRANA, PRECIPITACIONES Y MUJERES | 0,1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| TÉCNICO | EXPOSICIONES A PRUEBA DE INUNDACIONES | 0,1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| TÉCNICO | PREDICCIONES SOBRE SEQUÍA | 0,1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| TÉCNICO | INFRAESTRUCTURA SOSTENIBLE | 0,1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| TÉCNICO | SOSTENIBLES DE CONSTRUCCION | 0,1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| TÉCNICO | AGRICULTURA SOSTENIBLE | 0,1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| AMBIENTAL | DISPONIBILIDAD DE AGUA (RÍOS Y LAGUNAS) | 0,25 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| AMBIENTAL | SANEAMIENTO AGUAS (SERVICIOS) | 0,25 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| AMBIENTAL | HUNDACIONES Y TORMENTAS | 0,25 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| AMBIENTAL | RESIDUOS SÓLIDOS | 0,25 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| TOTAL | | | 22 | 21 | 20 | 23 | 21 | 12 | 11 | 23 | 20 | 20 | 10 | 25 | 10 | 12 | 20 | 10 | 17 | 20 | 25 | 14 | 10 | 14 | 12 | 15 | 14 | 22 |
| SUMA AMBIENTAL | | | 0,340 | 0,330 | 0,320 | 0,350 | 0,340 | 0,060 | 0,260 | 0,340 | 0,320 | 0,340 | 0,300 | 0,340 | 0,340 | 0,060 | 0,340 | 0,300 | 0,340 | 0,340 | 0,340 | 0,340 | 0,340 | 0,340 | 0,340 | 0,340 | 0,340 | 0,340 |
| SUMA SOCIAL | | | 0,220 | 0,220 | 0,220 | 0,220 | 0,220 | 0,000 | 0,340 | 0,320 | 0,220 | 0,220 | 0,220 | 0,220 | 0,220 | 0,340 | 0,340 | 0,220 | 0,220 | 0,000 | 0,340 | 0,340 | 0,340 | 0,340 | 0,340 | 0,340 | 0,340 | 0,340 |
| SUMA INSTITUCIONAL | | | 0,050 | 0,050 | 0,050 | 0,050 | 0,050 | 0,050 | 0,050 | 0,050 | 0,050 | 0,050 | 0,050 | 0,050 | 0,050 | 0,050 | 0,050 | 0,050 | 0,050 | 0,050 | 0,050 | 0,050 | 0,050 | 0,050 | 0,050 | 0,050 | 0,050 | 0,050 |
| SUMA LEGAL | | | 0,080 | 0,080 | 0,080 | 0,080 | 0,080 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| SUMA POLÍTICO | | | 0,040 | 0,040 | 0,040 | 0,040 | 0,040 | 0,040 | 0,040 | 0,040 | 0,040 | 0,040 | 0,040 | 0,040 | 0,040 | 0,040 | 0,040 | 0,040 | 0,040 | 0,040 | 0,040 | 0,040 | 0,040 | 0,040 | 0,040 | 0,040 | 0,040 | 0,040 |
| SUMA TÉCNICO | | | 0,200 | 0,190 | 0,170 | 0,180 | 0,170 | 0,080 | 0,080 | 0,140 | 0,140 | 0,140 | 0,080 | 0,140 | 0,140 | 0,080 | 0,140 | 0,080 | 0,140 | 0,140 | 0,140 | 0,140 | 0,140 | 0,140 | 0,140 | 0,140 | 0,140 | 0,140 |
| SUMA ECONÓMICO | | | 0,160 | 0,150 | 0,130 | 0,140 | 0,130 | 0,060 | 0,060 | 0,140 | 0,130 | 0,130 | 0,130 | 0,130 | 0,130 | 0,060 | 0,130 | 0,060 | 0,130 | 0,130 | 0,130 | 0,130 | 0,130 | 0,130 | 0,130 | 0,130 | 0,130 | 0,130 |
| SUMA TOTAL + COMPROMISO PAÍS | | | 0,80666481 | 0,76813051 | 0,78066481 | 0,88066481 | 0,78066481 | 0,47013224 | 0,47013224 | 0,38 | 0,47813051 | 0,78066481 | 0,88066481 | 0,72313051 | 0,47066481 | 0,72313051 | 0,47066481 | 0,72313051 | 0,47066481 | 0,72313051 | 0,72313051 | 0,72313051 | 0,72313051 | 0,72313051 | 0,72313051 | 0,72313051 | 0,72313051 | 0,72313051 |

Fig 1. Matriz Compromiso País

ÍNDICE DE CONDICIONES DE IMPACTO PAÍS FRENTE AL CAMBIO CLIMÁTICO (CONIPAFCC)

Una aplicación del índice Compromiso- País fue estimar el Índice de Condiciones de Impacto País Frente al Cambio Climático (CONIPAFCC), que puede ser considerado como una medida de aproximación del posible impacto del Cambio Climático, definida como la convolución entre la amenaza climática y la Actuación-Compromiso de los diversos países, e incluyendo el Índice de Desarrollo Humano, como se muestra en la Ecuación 2.

$$\text{CONIPAFCC} = \text{ProbCC} + (0,2 * \text{IDH} + 0.8 * (\text{Compromiso País})) \quad (2)$$

Donde:

ProbCC = Probabilidad de tendencia de precipitación en cada país por sector(es) estimado(s) de Cambio Climático.

IDH = Índice de Desarrollo Humano.

(Compromiso País) = parámetro actuación país.

Para valorar la probabilidad de tendencia de precipitación en cada país por sector(es) estimado(s) de Cambio Climático (ProbCC), se realizó una ponderación de acuerdo con las regiones de incidencia climática para cada país encontrándose una amenaza, en función del área de influencia de la región sobre el país, de acuerdo con la Tabla 5ª

Posteriormente, se clasifican los resultados de análisis climático para la señal de cambio en precipitación en mm referidos en la tabla 6A. Estos resultados se clasificaron en terciles probabilísticos para un periodo de diseño 2011-2040, tanto para señales de aumento como de disminución, donde la mayoría de los proyectos de adaptación se realizarán en el corto plazo, no mayor de 25-30 años, se toman los escenarios al 2040, para las dos trayectorias, a saber, RPC 6.0 y RPC 8.5. La Tabla 7A, presenta los terciles de la amenaza de cambio climático establecido para cada zona o región, para finalmente estimar la amenaza por país por CC m que será convolucionada con el IDH y compromiso país representado al CONIPAFCC.

Tabla 5A. Indicar Compromiso - País Matriz Peso

| N° | País | Compromiso | Regiones | | | | Pesos por área para cada país | | | |
|----|-------------------|------------|----------|----|----|----|-------------------------------|------|------|------|
| | | | 14 | 15 | | | | | | |
| 1 | Argentina | 0,8278 | 14 | 15 | | | 0,19 | 0,81 | | |
| 2 | Bahamas | 0,5608 | 5 | | | | 1 | | | |
| 3 | Barbados | 0,4822 | 5 | | | | 1 | | | |
| 4 | Belize | 0,4932 | 4 | | | | 1 | | | |
| 5 | Bolivia | 0,6532 | 7 | 12 | 14 | 15 | 0,4 | 0,16 | 0,36 | 0,08 |
| 6 | Brasil | 0,8708 | 8 | 10 | 11 | 15 | 0,02 | 0,69 | 0,11 | 0,18 |
| 7 | Chile | 0,7894 | 13 | | | | 1 | | | |
| 8 | Colombia | 0,7734 | 7 | 8 | 9 | | 0,68 | 0,08 | 0,24 | |
| 9 | Costa Rica | 0,7952 | 6 | | | | 1 | | | |
| 10 | Ecuador | 0,6822 | 7 | 9 | | | 0,62 | 0,38 | | |
| 11 | El Salvador | 0,776 | 6 | | | | 1 | | | |
| 12 | Guatemala | 0,5368 | 6 | | | | 1 | | | |
| 13 | Guyana | 0,3676 | 8 | 10 | | | 0,39 | 0,61 | | |
| 14 | Haití | 0,493 | 5 | | | | 1 | | | |
| 15 | Honduras | 0,6498 | 6 | | | | 1 | | | |
| 16 | Jamaica | 0,7228 | 4 | | | | 1 | | | |
| 17 | México | 0,8724 | 1 | 2 | 3 | | 0,17 | 0,52 | 0,31 | 0 |
| 18 | Nicaragua | 0,4178 | 6 | | | | 1 | | | |
| 19 | Panamá | 0,6896 | 6 | | | | 1 | | | |
| 20 | Paraguay | 0,769 | 14 | 15 | | | 0,64 | 0,36 | | |
| 21 | Perú | 0,7784 | 7 | 12 | | | 0,75 | 0,25 | | |
| 22 | Rep. Dominicana | 0,6092 | 5 | | | | 1 | | | |
| 23 | Surinam | 0,4842 | 8 | 10 | | | 0,1 | 0,9 | | |
| 24 | Trinidad y Tobago | 0,584 | 5 | | | | 1 | | | |
| 25 | Uruguay | 0,7574 | 15 | | | | 1 | | | |
| 26 | Venezuela | 0,7326 | 7 | 8 | 9 | | 0,55 | 0,4 | 0,05 | |

Tabla 6A. Tendencia de la precipitación mensual (mm/día) RCP6.0 y RCP8.5

| Región | RCP60 | | | | | | RCP85 | | | | | |
|--------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | 2011-2040 | 2041-2070 | 2071-2100 | 2011-2020 | 2011-2030 | 2011-2050 | 2011-2040 | 2041-2070 | 2071-2100 | 2011-2020 | 2011-2030 | 2011-2050 |
| 1 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | -0.02 | -0.02 | -0.01 | -0.02 | -0.02 | -0.02 |
| 2 | -0.10 | -0.16 | -0.16 | -0.01 | -0.06 | -0.09 | -0.13 | -0.04 | -0.07 | -0.09 | -0.10 | -0.10 |
| 3 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | -0.24 | -0.18 | -0.17 | -0.17 | -0.17 | -0.19 |
| 4 | 0.04 | 0.08 | 0.07 | -0.01 | -0.26 | -0.11 | -0.11 | -0.08 | -0.07 | -0.08 | -0.08 | -0.10 |
| 5 | 0.10 | 0.12 | 0.11 | 0.06 | -0.10 | 0.04 | -0.19 | -0.21 | -0.19 | -0.18 | -0.13 | -0.11 |
| 6 | 0.12 | 0.13 | 0.13 | -0.06 | -0.46 | -0.09 | -0.28 | -0.28 | -0.28 | -0.29 | -0.30 | -0.32 |
| 7 | 0.08 | 0.02 | 0.02 | -0.03 | -0.36 | -0.10 | -0.29 | -0.29 | -0.30 | -0.31 | -0.30 | -0.27 |
| 8 | 0.00 | -0.49 | 0.63 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.58 | 0.61 | 0.59 | 0.53 | 0.48 | 0.47 |
| 9 | 0.48 | 0.52 | 0.55 | 0.30 | -0.71 | 0.72 | 0.28 | 0.27 | 0.26 | 0.24 | 0.16 | 0.16 |
| 10 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | -0.23 | -0.26 | -0.17 | -0.18 | 0.25 | -0.34 |
| 11 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.00 |
| 12 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.02 | 0.17 | 0.12 | 0.03 | 0.21 | -0.09 |
| 13 | -0.06 | -0.06 | -0.07 | -0.04 | -0.16 | -0.04 | 0.03 | 0.03 | 0.04 | 0.04 | -0.05 | -0.02 |
| 14 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.05 | 0.09 | 0.12 | -0.06 | 0.24 | 0.13 |
| 15 | 0.09 | 0.15 | 0.13 | -0.02 | -0.01 | 0.02 | 0.03 | 0.03 | 0.02 | 0.08 | -0.04 | 0.05 |

Tabla 7A. Clasificación del riesgo climático en las diferentes regiones consideradas

| Región | RCP6.0 | | RCP8.5 | |
|--------|-------------------------------|------------------|-------------------------------|------------------|
| | Prec. media mm (2011-2040) | Amenaza relativa | Prec. media mm (2011-2040) | Amenaza Relativa |
| 1 | 0.000 | 0.333 | -0.022 | 0.667 |
| 2 | -0.099 | 0.9999 | -0.134 | 0.667 |
| 3 | 0.000 | 0.333 | -0.243 | 0.9999 |
| 4 | 0.035 | 0.667 | -0.107 | 0.667 |
| 5 | 0.096 | 0.667 | -0.192 | 0.9999 |
| 6 | 0.122 | 0.667 | -0.282 | 0.9999 |
| 7 | 0.000 | 0.333 | 0.575 | 0.9999 |
| 8 | 0.061 | 0.667 | -0.287 | 0.9999 |
| 9 | 0.480 | 0.9999 | 0.278 | 0.667 |
| 10 | 0.333 | 0.333 | -0.230 | 0.9999 |
| 11 | 0.000 | 0.330 | 0.000 | 0.333 |
| 12 | 0.000 | 0.333 | 0.024 | 0.667 |
| 13 | -0.063 | 0.667 | 0.026 | 0.667 |

Tabla 7A. Clasificación del riesgo climático en las diferentes regiones consideradas

| Región | RCP6.0 | | RCP8.5 | |
|--------|-------------------------------|------------------|-------------------------------|------------------|
| | Prec. media mm (2011-2040) | Amenaza relativa | Prec. media mm (2011-2040) | Amenaza Relativa |
| 14 | 0.000 | 0.333 | 0.049 | 0.667 |
| 15 | 0.087 | 0.667 | 0.029 | 0.667 |

| Leyenda | |
|---------|-------------|
| Color | Amenaza Rel |
| | 0.330 |
| | 0.667 |
| | 0.9999 |

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

Aldunce P, Neri C, Szlafsztein C, (2008) Hacia la evaluación de prácticas de adaptación ante La variabilidad y el cambio climática-ISBN 978-85-88998-23-0

Adger, W.N., N.W. Arnell y L. Tompkins. 2005. Successful adaptation to climate change across scales. *Global Environmental Change* 15(2), pp. 77-86.

Alberini, A., A. Chiabai y L. Muehlenbachs. 2006. Using expert judgment to assess adaptive capacity to climate change: Evidence from a conjoint choice survey. *Global Environmental Change-Human and Policy Dimensions* 16(2), pp. 123-144.

Apuuli, B., J. Wright, C. Elias e I. Burton. 2000. Reconciling national and global priorities in adaptation to climate change: With an illustration from Uganda. *Environ Monit Assess* 61(1), pp. 145-159.

Booyesen, F. 2002. An overview and evaluation of composite indices of development. *Social Indicators Research* 59(2), pp. 115-151.

Brooks, N., W.N. Adger y P.M. Kelly. 2005. The determinants of vulnerability and adaptive capacity at the national level and the implications for adaptation. *Global Environmental Change-Human and Policy Dimensions* 15(2), pp. 151-163.

Carreño, M.L. y O.D. Cardona. 2007. A disaster risk management performance index. *Natural Hazards* 41(1), pp. 1-20.

Connor, R.F. y K. Hiroki. 2005. Development of a method for assessing flood vulnerability. *Water Science and Technology* 51(5), pp. 61-67.

De Loe, R., R. Kreutzwiser y L. Moraru. 2001. Adaptation options for the near term: climate change and the Canadian water sector. *Global Environmental Change* 11(3), pp. 231-245.

Drewnows, J. 1972. Social Indicators and Welfare measurement - Remarks on Methodology. *Journal of Development Studies* 8(3), pp. 77-90.

Eriksen, S. y P. Kelly. 2007. Developing credible vulnerability indicators for climate adaptation policy assessment. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* 12(4) 4, pp. 495-524.

Harbison, F. y C. Myers. 1964. Education, Manpower, and Economic Growth. McGraw-Hill, Nueva York.

Helsloot, I. y A. Ruitenbergh. 2004. Citizen Response to Disasters: a Survey of Literature and Some Practical Implications. *Journal for Contingencies and Crisis Management* 12(3), pp. 98-111.

Mizina, S., J. Smith, E. Gossen, K. Spiecker y S. Witkowski. 1999. An evaluation of adaptation options for climate change impacts on agriculture in Kazakhstan. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*. 4, pp. 25-41.

Niang-Diop, I. y H. Bosch. 2004. Formulating an adaptation strategy. In: B. Lim, E. Spanger-Siegfried (eds.) *Adaptation Policy Frameworks for Climate Change: Developing Strategies, Policies and Measures*, Cambridge University Press, Cambridge.

Nichols, D. y E. Martinot. 2000. Measuring Results from Climate Change Programs: Performance Indicators for GEF. Monitoring and Evaluation Working Paper 4, Washington. Paavola, J. y W.N. Adger. 2006. Fair adaptation to climate change. *Ecological Economics* 56(4), pp. 594-609.

Parker, R. 1993. Disaster vulnerability in the formal and informal city: Lessons from Istanbul. *Disaster Management*. In: *Metropolitan Areas for the 21st Century*. Series 1 UNCRD proceedings, Nagoya, pp. 271-281.

Riedlinger, D. y F. Berkes. 2001. Contributions of traditional knowledge to understanding climate change in the Canadian Arctic. *Polar Record* 37, pp. 315-328.

Saaty, T (1994), How to make a decision; in Thomas Saaty and Luis Vargas (eds.) (1994), *Decision Making in economic, political, social and technological environments* (RWS/ University of Pittsburgh, USA, pp. 1-25) (1996), *Toma de decisiones para líderes* (RWS, Estados Unidos, 1997, pp. 21 42)

Stambuk-Giljanovic, N. 1999. Water quality evaluation by index in Dalmatia. *Water Research* 33(16), pp. 3423-3440.

Stockholm Resilience Centre. 2007. Cited 30 May 2007. Research. Disponible en: <http://www.stockholmresilience.se/pub/jsp>.

Sullivan, C. y J. Meigh. 2005. Targeting attention on local vulnerabilities using an integrated index approach: the example of the climate vulnerability index. *Water Science and Technology* 51(5), pp. 69-78.

Sullivan, C. y J. Meigh. 2005. Targeting attention on local vulnerabilities using an integrated index approach: the example of the climate vulnerability index. *Water Science and Technology* 51(5), pp. 69-78.

Szlafsztein, C. 1995. Analysis of the “poverty-natural disaster” relationship in the city of Buenos Aires (Argentina). *Journal of Natural Disaster Science* 17(1), pp. 1-12.

Vincent, K. 2007. Uncertainty in adaptive capacity and the importance of scale. *Global Environmental Change-Human and Policy Dimensions* 17(1), pp. 12-24.

Marco de Políticas de Adaptación al Cambio Climático: desarrollando estrategias, políticas y medidas PUND (2005). A Toolkit for Designing Climate Change initiatives. https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/951013_Toolkit%20for%20Designing%20Climate%20Change%20Adaptation%20Initiatives.pdf



BID

Banco Interamericano
de Desarrollo