



ELABORACIÓN DE ESCENARIOS DE CAMBIO CLIMÁTICO PARA REPÚBLICA DOMINICANA

PRESENTACIÓN TÉCNICA PARA UNIVERSIDADES E INVESTIGADORES

CONSORCIO CATHALAC – ENERGEIA NETWORK

ENERO - 2022



Contenido



- Introducción
- Marco Conceptual
- Metodología
- Resultados
- Conclusiones
- Recomendaciones



INTRODUCCIÓN



República Dominicana es uno de los países más vulnerables ante el cambio climático.

El aumento del nivel del mar y los fenómenos de variabilidad climática afectan significativamente a diversos sectores y aspectos de la vida humana, tales como agricultura, economía, salud, entre otros.



INTRODUCCIÓN



Ante este panorama y bajo los compromisos que tiene el país ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMUNCC), **se hace necesario generar distintas proyecciones climáticas**, que muestren las diferentes variaciones que podrían presentarse en el clima de República Dominicana, bajo diferentes escenarios de desarrollo económico, tecnológico y social, **las cuales permitan contar con información para la adopción de medidas relacionadas a los impactos potenciales.**



CATHALAC
Centro del Agua del Trópico Húmedo
para América Latina y el Caribe



INTRODUCCIÓN



- Para la generación de estas proyecciones, se realizó la revisión del comportamiento de las siguientes variables (en superficie):
 - Precipitación
 - Temperatura media
 - Temperatura máxima
 - Temperatura mínima
 - Aumento del nivel del mar
- Se eligieron las proyecciones generadas por **5 modelos globales de circulación (GCM)**, seleccionados de un listado de 15 que fueron previamente evaluados y que tienen la mejor representación del clima en la zona tropical de Latinoamérica, de un listado de aproximadamente 42 modelos que hacen parte del proyecto de Intercomparación de Modelos (CMIP5).



INTRODUCCIÓN



- El proceso de selección de estos modelos se llevó a cabo a través del **uso de métricas para evaluar la representación del clima histórico** para el periodo 1981-2005 por parte de los modelos, comparando los datos generados con las series mensuales de datos observados de estaciones de la Oficina Nacional de Meteorología (ONAMET) y el Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INDRHI) de República Dominicana.
- Para los 5 mejores modelos y para el ensamble se generaron proyecciones y series de datos mensuales de las variables mencionadas anteriormente para el **período 2021-2100**, haciendo un especial énfasis en los períodos: 2021-2040, 2041-2060, 2061-2080 y 2081-2100, y **para los cuatro escenarios RCP del Quinto Reporte de Evaluación (AR5) del IPCC.**
- Estos productos se generaron a partir de reducción de escala estadística.

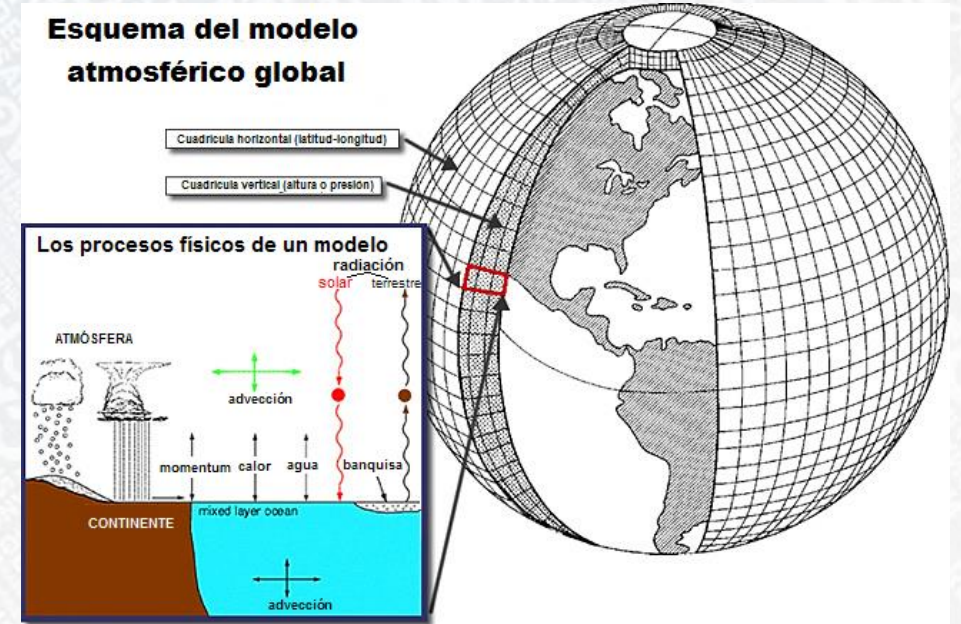


MARCO CONCEPTUAL

Modelos Climáticos Globales



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



MARCO CONCEPTUAL

Escenarios



- Un **escenario** se define como una **descripción coherente, internamente consistente y convincente de un posible estado futuro del mundo o de un sistema.**
- Los escenarios **no deben asumirse como pronósticos o predicciones.** Cada escenario es una imagen alternativa de cómo el futuro puede mostrarse bajo determinadas condiciones en un tiempo dado.
- El objetivo de trabajar con escenarios no es predecir el futuro, pero sí entender las incertidumbres con el fin de llegar a decisiones que sean robustas en una amplia gama de posibles futuros.

(IDEAM et. al., 2015)

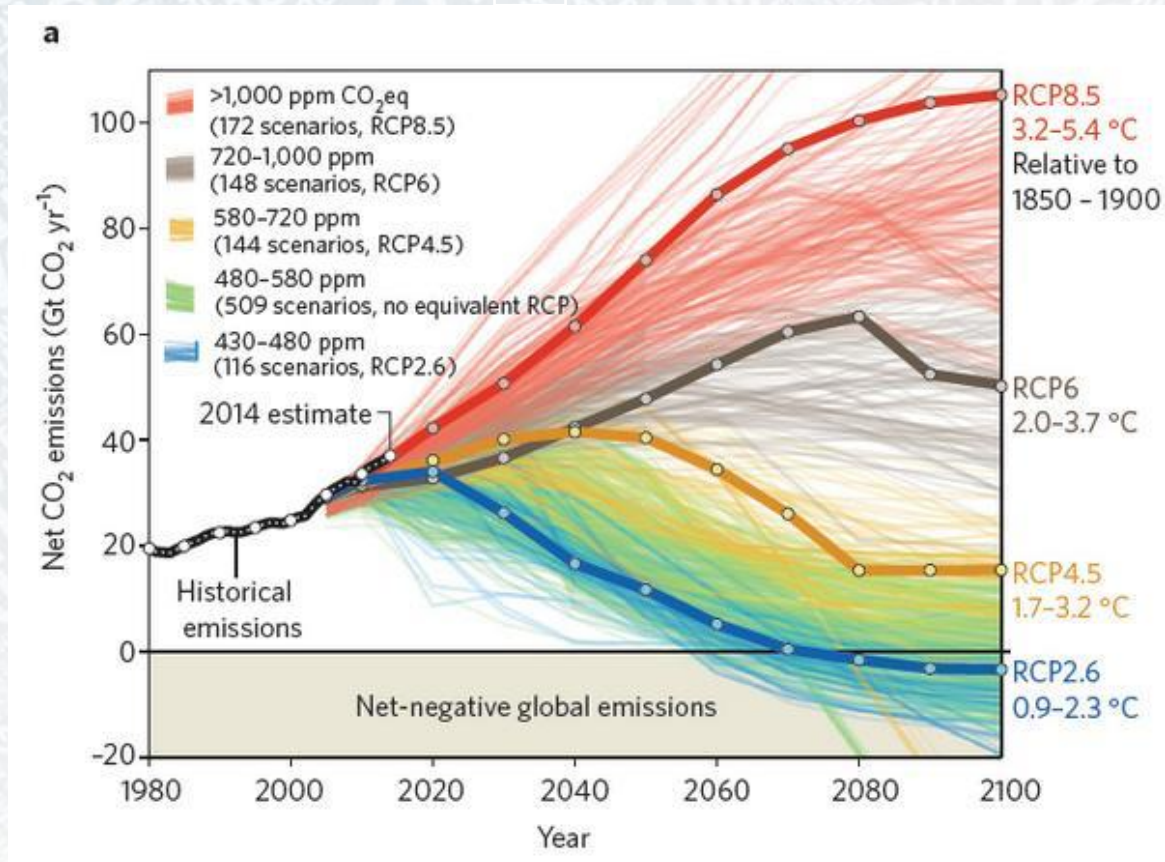


MARCO CONCEPTUAL

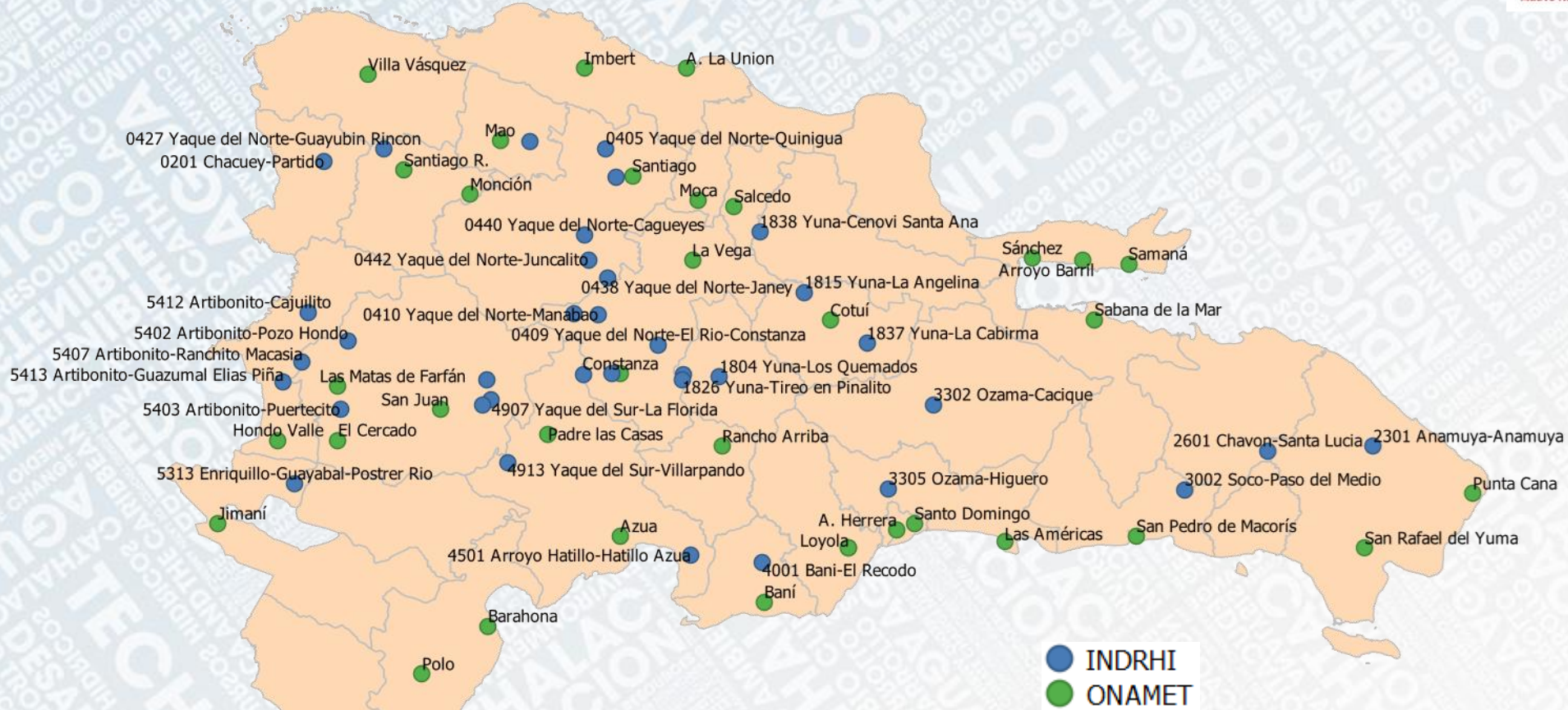
Escenarios RCP



- Caminos Representativos de Concentración o *Representative Concentration Pathways (RCP)*.
- Principales características: forzamiento radiativo, Concentraciones de CO₂.



METODOLOGÍA

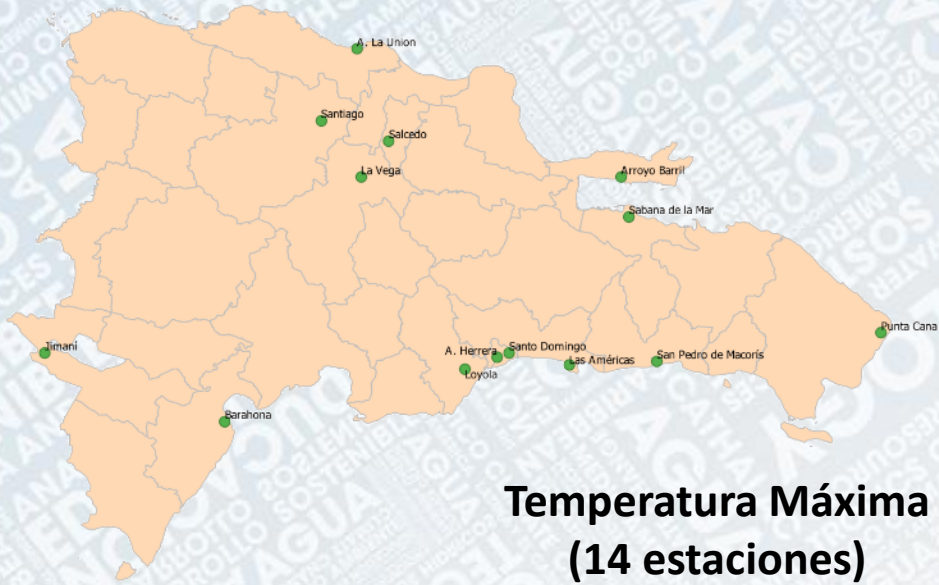


**DATOS OBSERVADOS
1981-2005**

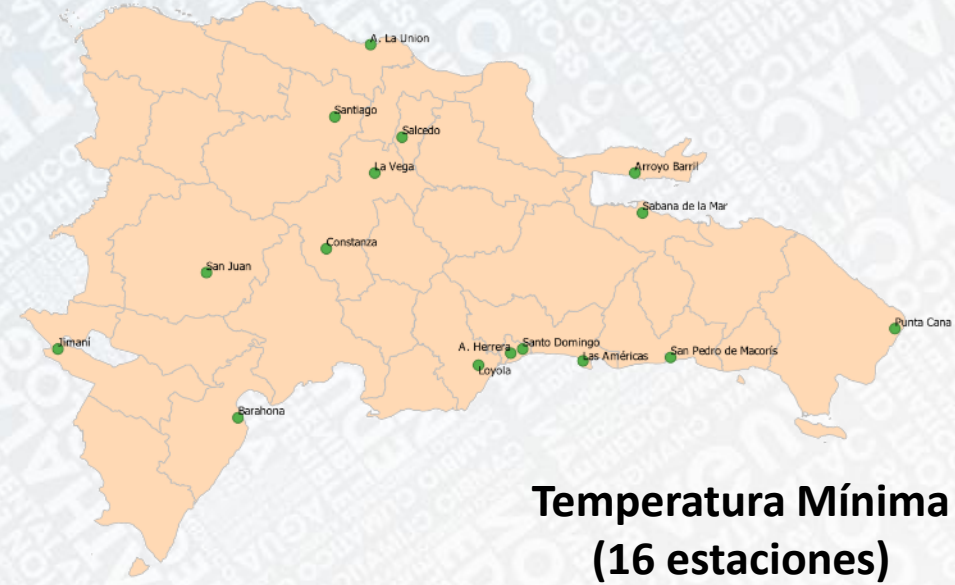
**Precipitación
(71 estaciones)**



METODOLOGÍA

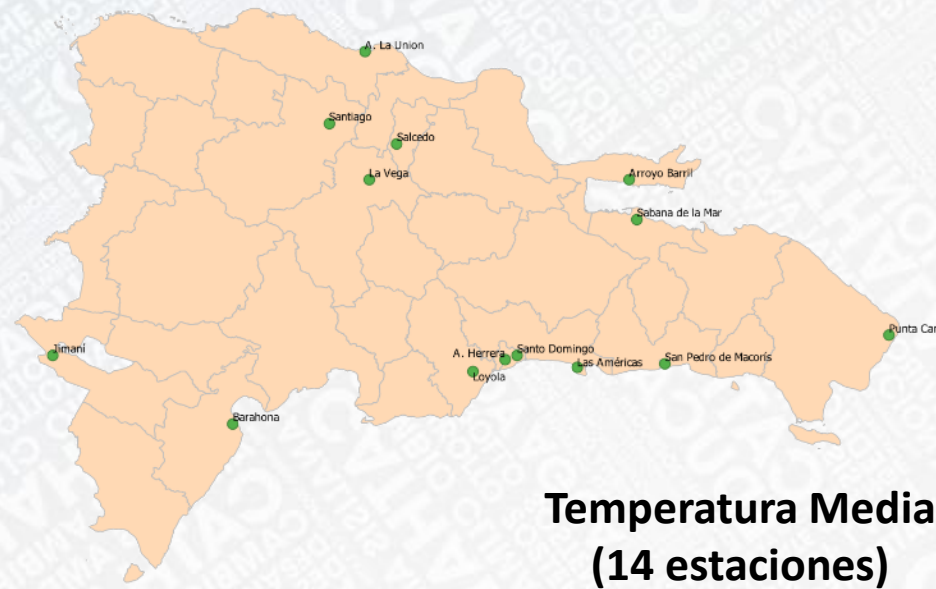


**Temperatura Máxima
(14 estaciones)**



**Temperatura Mínima
(16 estaciones)**

**DATOS OBSERVADOS
1981-2005**



**Temperatura Media
(14 estaciones)**

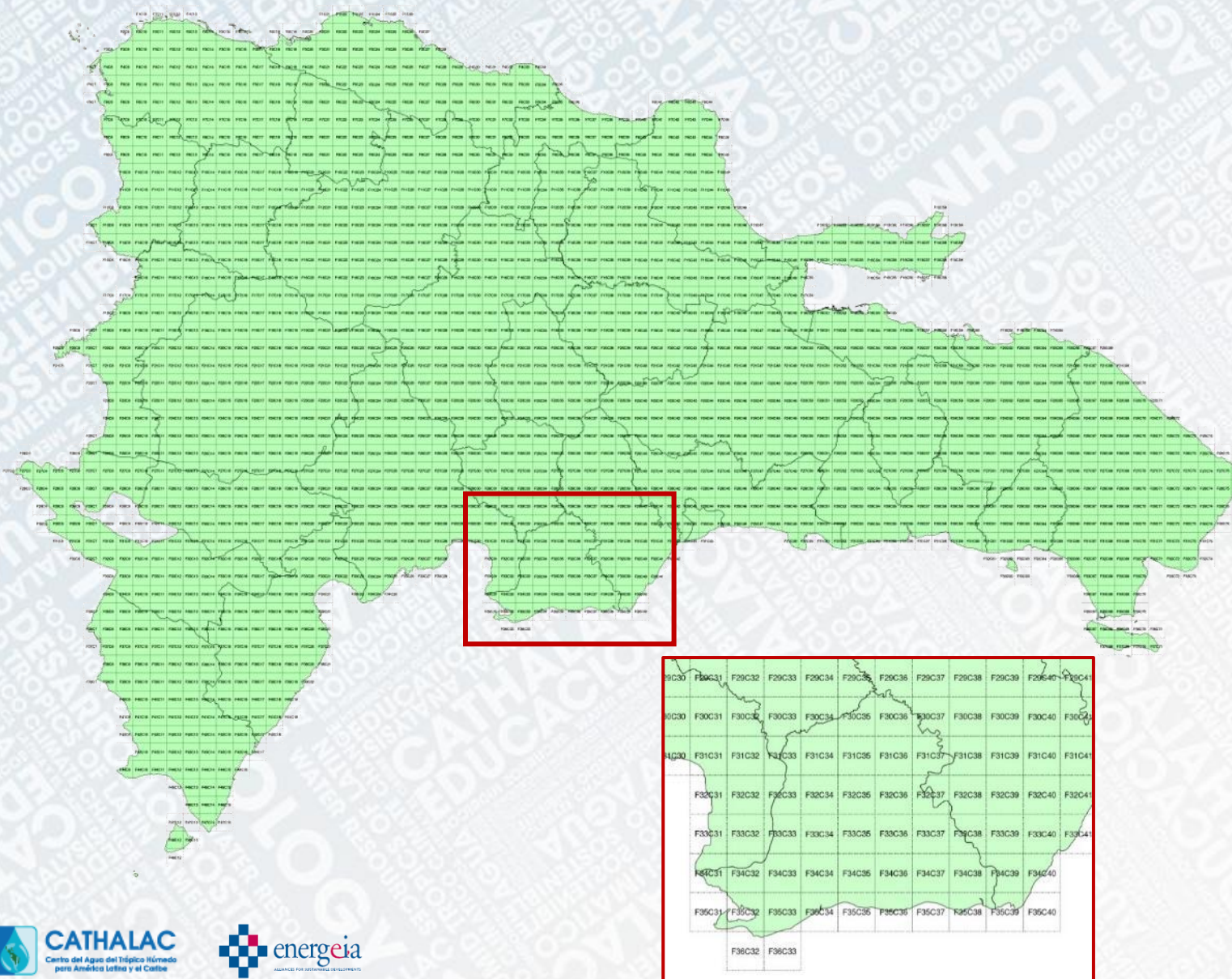


METODOLOGÍA



DATOS TEMPERATURAS 1981-2005

- Para suplir la falta de información suficiente y confiable de las temperaturas, se utilizaron los datos derivados de satélite de CHIRTS (*Climate Hazards Group InfraRed Temperature with Station data*), a una resolución de 5x5 km².
- Se realizó el proceso de ajuste y validación de las series con los datos observados y con el Modelo Digital de Elevación (DEM) de 30 metros.
- Se tienen **1,796** pixeles con datos.

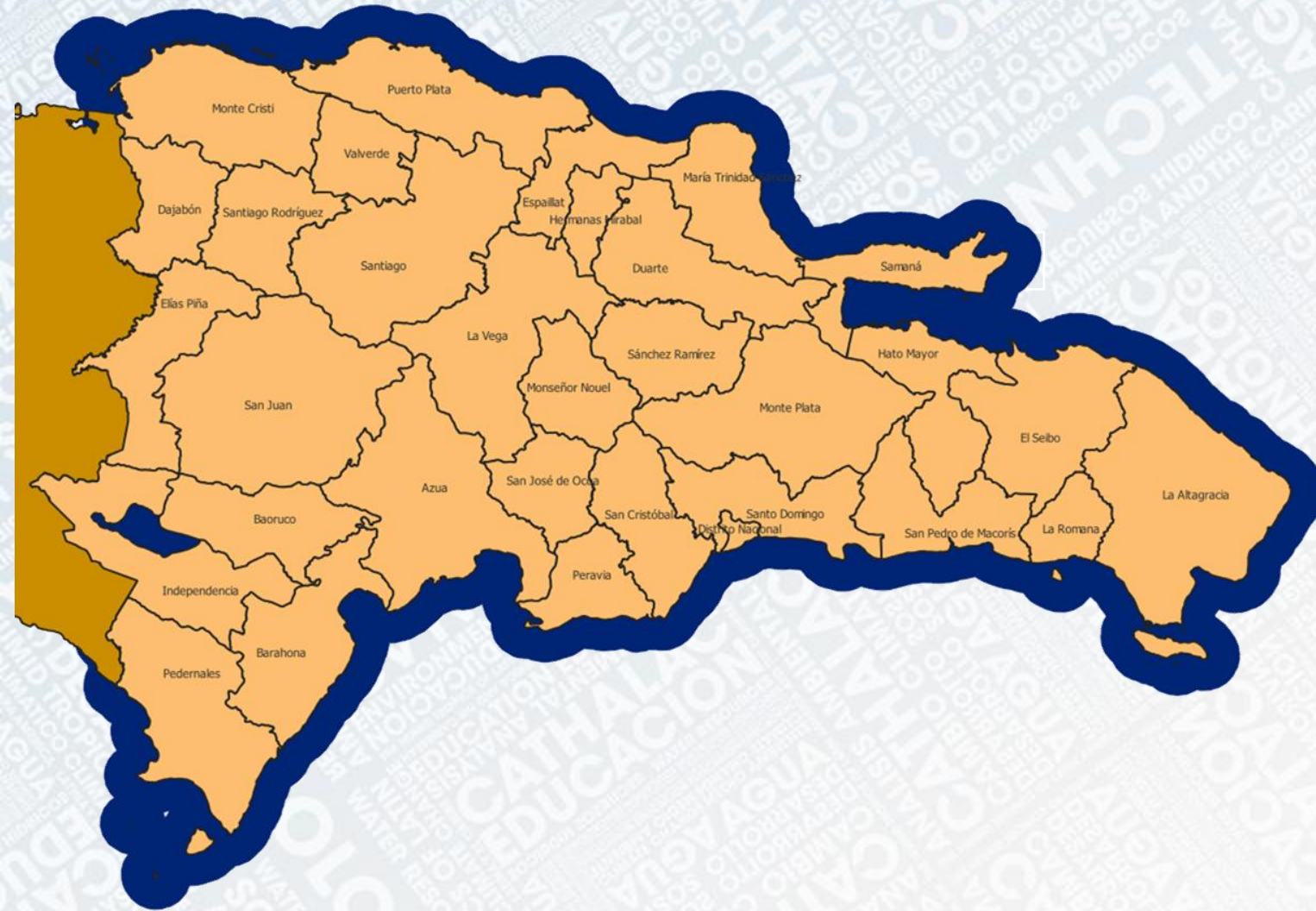


METODOLOGÍA



DATOS NIVEL DEL MAR 1993-2005

- Para el caso del nivel del mar, se tomaron los **datos mensuales derivados de satélite del Servicio de Vigilancia Medioambiental Marina de Copernicus**, a una resolución de 1 km².
- Las series fueron revisadas, validadas y ajustadas con los datos observados de 3 estaciones ubicadas en las provincias: Barahona, Puerto Plata y Punta Cana.
- Se tienen **16,308 pixels con datos**.



METODOLOGÍA



Reducción de Escala Estadística:

- Con las estaciones seleccionadas, se aplicó el método **Corrección del Sesgo y Reducción de escala Estadística (BCSD)** a los datos de los modelos globales seleccionados.
- Este método, en términos generales, **busca reducir la diferencia entre los valores observados y los valores simulados**, mediante la aplicación de un factor de ajuste a los datos simulados por los modelos globales.

$$X_{i,j}^* = \alpha_j X_{i,j}^{mod}$$

$$\alpha_j = \frac{\overline{X_j^{obs}}}{\overline{X_j^{mod}}}$$



METODOLOGÍA



Evaluación y Selección de Modelos Climáticos Globales:

- Con los datos de los modelos globales ajustados, se realizó la evaluación de los mismos comparándolos con los datos observados, y con base en tres métricas:

Correlación: Medida del "grado de ajuste" o de similaridad o semejanza.

$$c = \frac{\sum_{n=1}^N (f_n - \bar{f}) \times (O_n - \bar{O})}{\left[\sum_{n=1}^N (f_n - \bar{f})^2 \times \sum_{n=1}^N (O_n - \bar{O})^2 \right]^{1/2}}$$

Sesgo (BIAS): Medida de la fiabilidad (error medio) del modelo.

$$BIAS = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N (f_n - O_n)$$

Raíz del error cuadrático medio (RMSE):
Medida de la exactitud, que mide la distancia promedio.

$$RMSE = \left[\frac{1}{N} \sum_{n=1}^N (f_n - O_n)^2 \right]^{1/2}$$



METODOLOGÍA



Ensamble Multimodelo:

- Se seleccionó el método de **Ensamble de Confiabilidad Ponderada** (REA - *Reliability Ensemble Averaging*) (Giorgi & Mearns, 2001; Tebaldi & Knutti, 2007).

$$\text{Cambios proyectados: } \widetilde{\Delta T} = \widetilde{A}(\Delta T) = \frac{\sum_i R_i \Delta T_i}{\sum_i R_i}$$

$$\text{Ponderaciones: } R_i = \left[(R_{B,i})^m \times (R_{D,i})^n \right]^{1/(m \times n)}$$

$$\text{Incertidumbre: } \tilde{\sigma}_{\Delta T} = \left[\frac{\sum_i R_i (\Delta T_i - \widetilde{\Delta T})^2}{\sum_i R_i} \right]^{1/2}$$

Esta metodología ha sido utilizada en la generación de proyecciones para distintas comunicaciones nacionales en Latinoamérica:

- Quinta Comunicación Nacional de México (Cavazos et. al., 2013)
- Terceras Comunicaciones Nacionales de Colombia (IDEAM et. al., 2015), Ecuador (MAE et. al., 2017) y El Salvador (2018).

Giorgi, F. and Mearns, L. (2001). Calculation of Average, Uncertainty Range, and Reliability of Regional Climate Changes from AOGCM Simulations via the “Reliability Ensemble Averaging” (REA) Method. *American Meteorological Society* Vol. 15. 1141-1158.



RESULTADOS

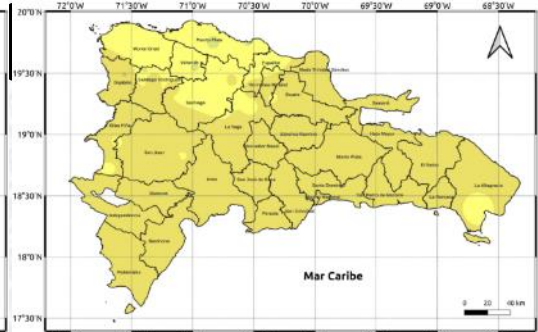
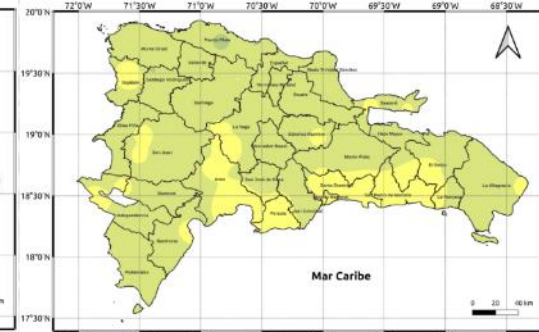
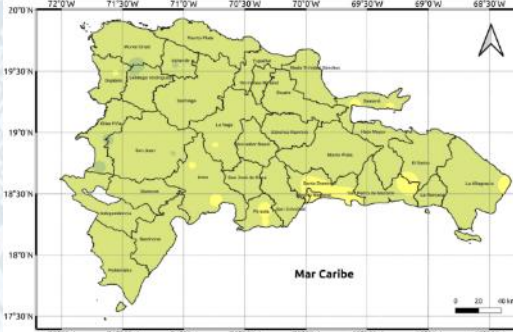
2021-2040

2041-2060

2061-2080

2081-2100

RCP
2.6

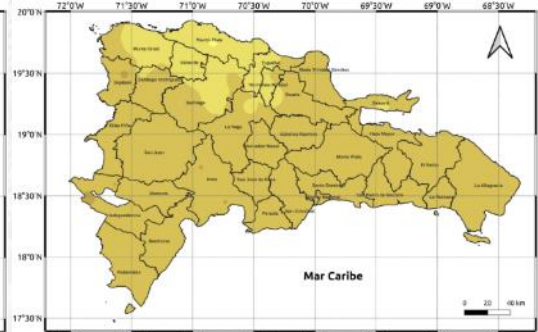
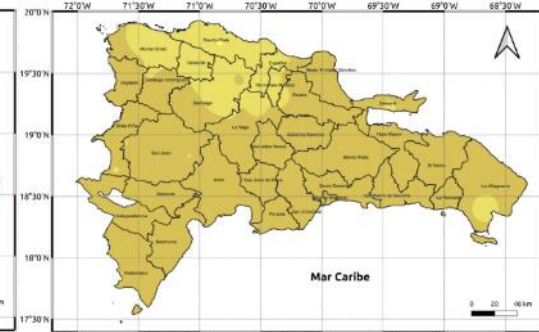
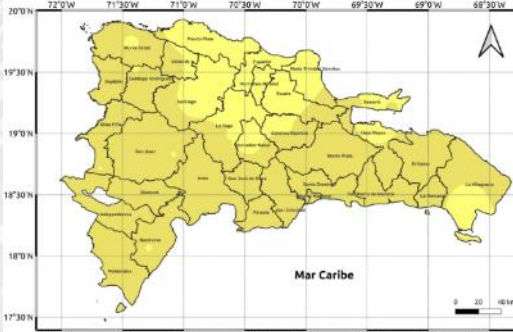


Legenda

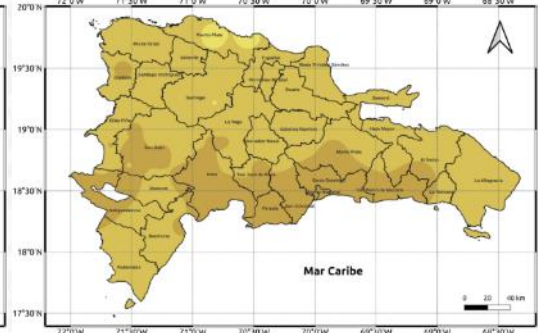
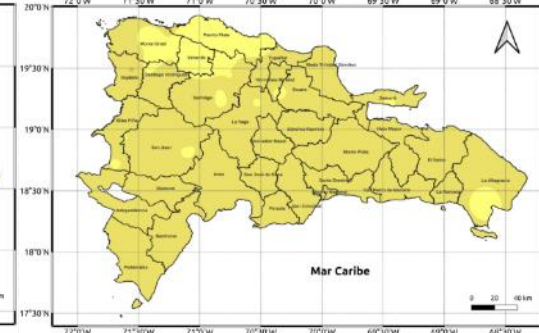
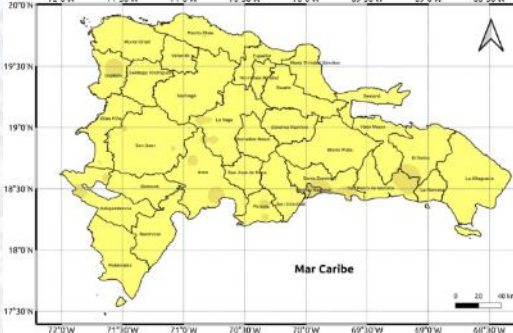
Cambio (%) de la Precipitación

- Menor a -30%
- Entre -30% y -25%
- Entre -25% y -20%
- Entre -20% y -15%
- Entre -15% y -10%
- Entre -10% y -5%
- Entre -5% y 0%
- Entre 0% y 5%
- Entre 5% y 10%
- Entre 10% y 15%
- Entre 15% y 20%
- Entre 20% y 25%
- Entre 25% y 30%
- Mayor a 30%

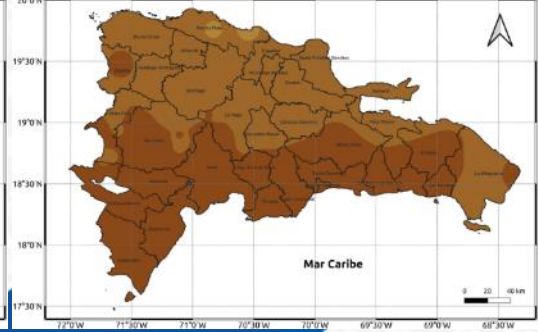
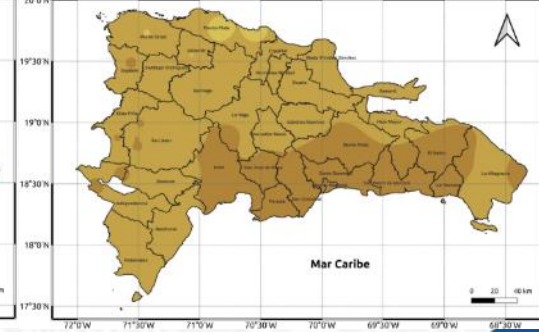
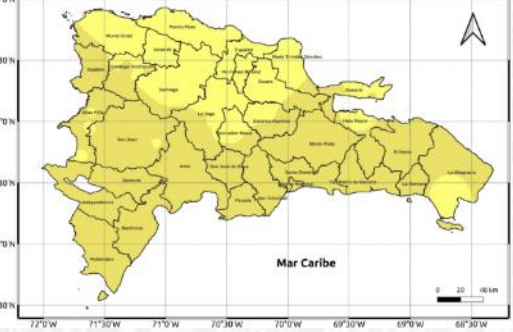
RCP
4.5



RCP
6.0



RCP
8.5



Precipitación

RESULTADOS

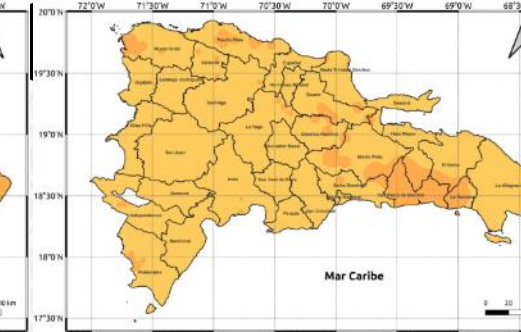
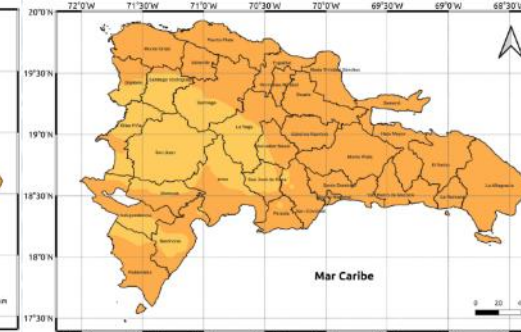
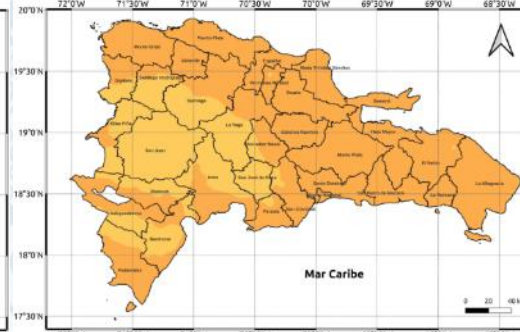
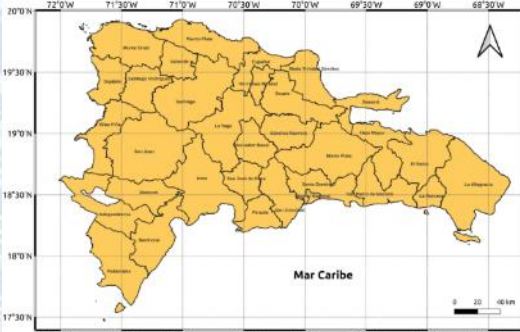
2021-2040

2041-2060

2061-2080

2081-2100

RCP
2.6

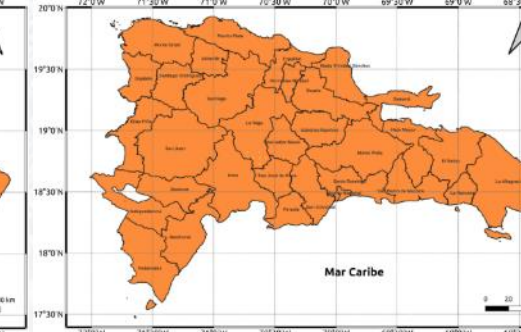
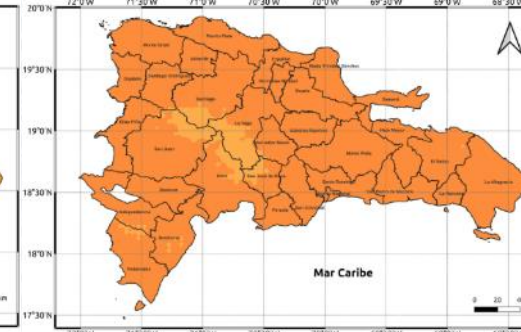
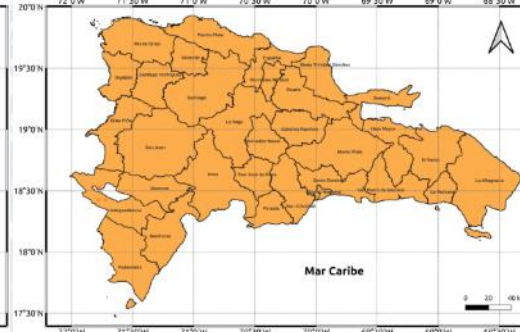
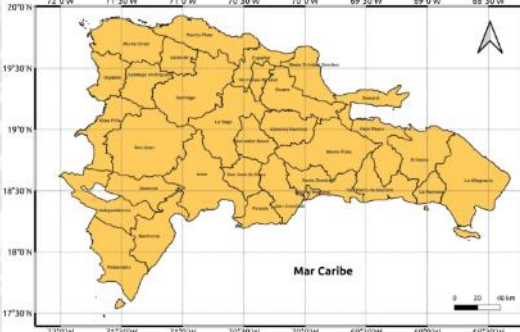


Leyenda

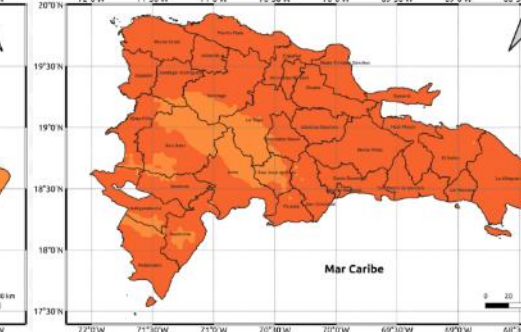
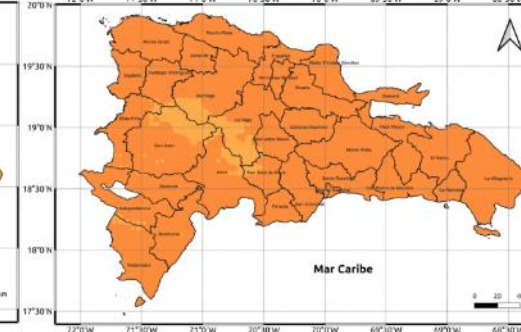
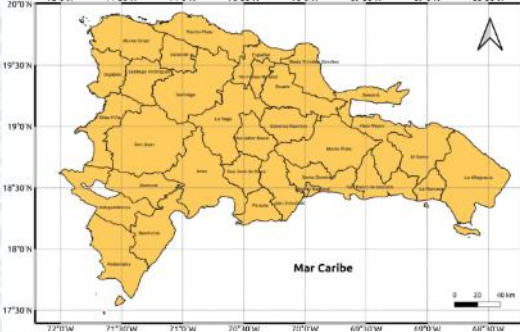
Aumento (°C) de la Temperatura

RCP
4.5

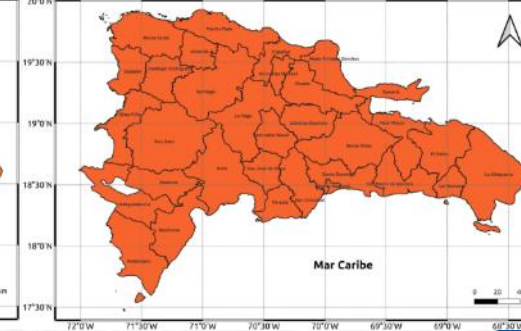
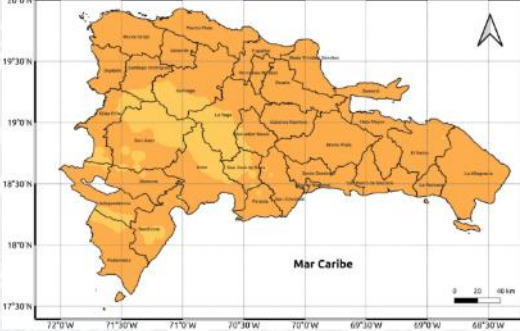
- Entre 0°C y 0.5°C
- Entre 0.5°C y 1°C
- Entre 1°C y 1.5°C
- Entre 1.5°C y 2°C
- Entre 2°C y 3°C
- Entre 3°C y 4°C
- Entre 4°C y 5°C
- Mayor a 5°C



RCP
6.0



RCP
8.5



Temperatura
Máxima

RESULTADOS

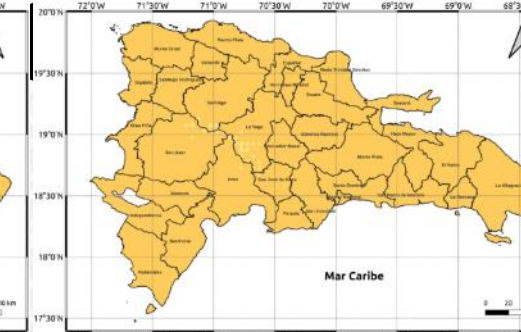
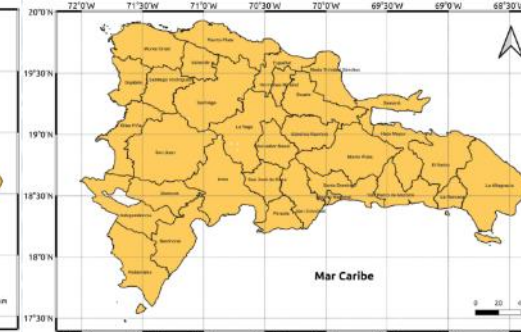
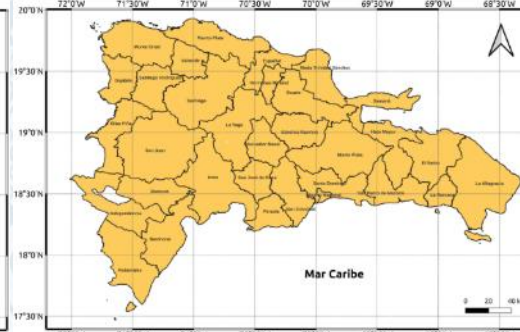
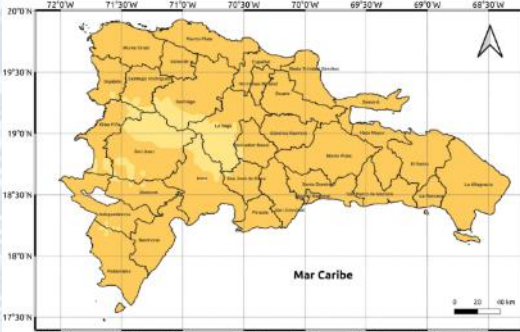
2021-2040

2041-2060

2061-2080

2081-2100

RCP
2.6



Leyenda

Aumento (°C) de la Temperatura RCP
4.5

Entre 0°C y 0.5°C

Entre 0.5°C y 1°C

Entre 1°C y 1.5°C

Entre 1.5°C y 2°C

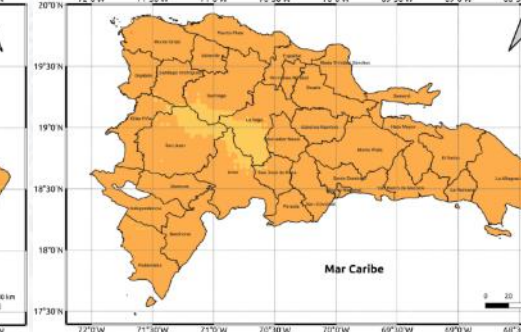
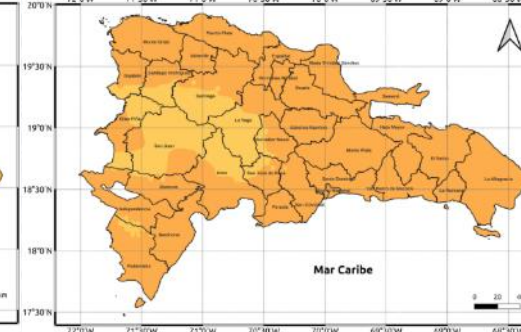
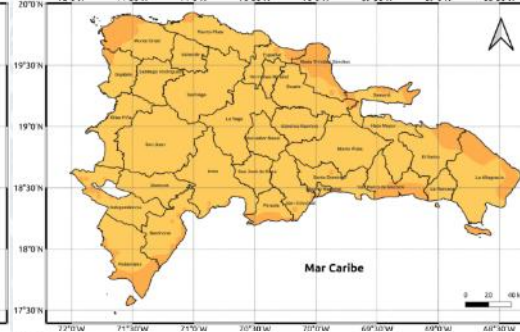
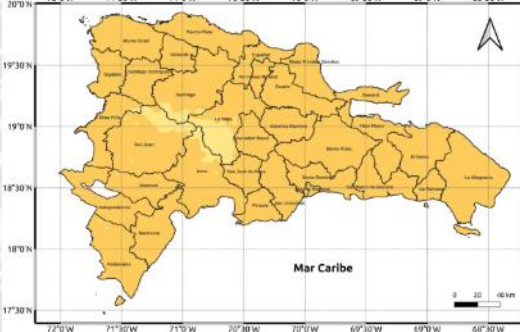
Entre 2°C y 3°C

Entre 3°C y 4°C

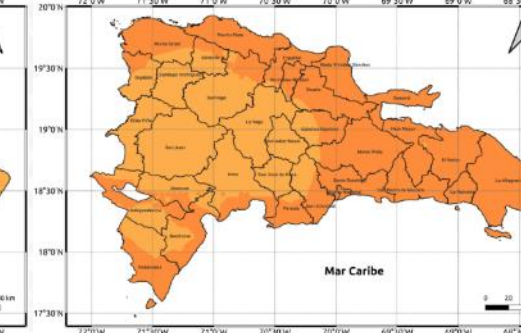
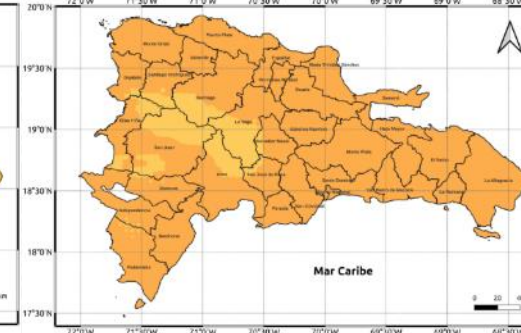
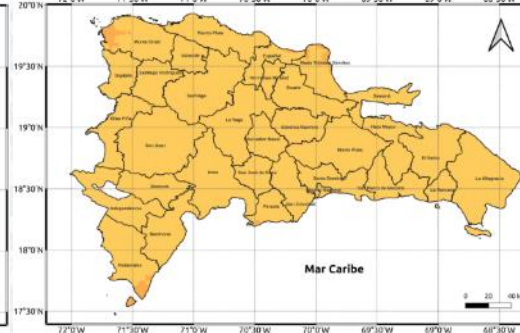
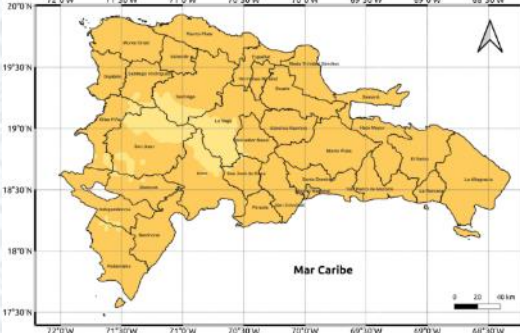
Entre 4°C y 5°C

Mayor a 5°C

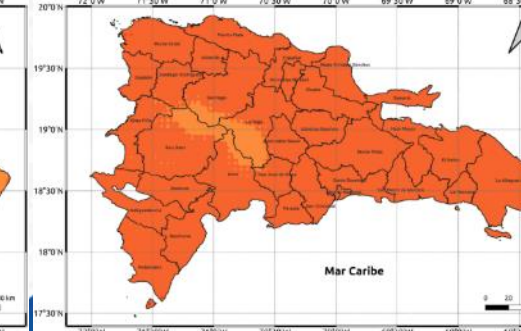
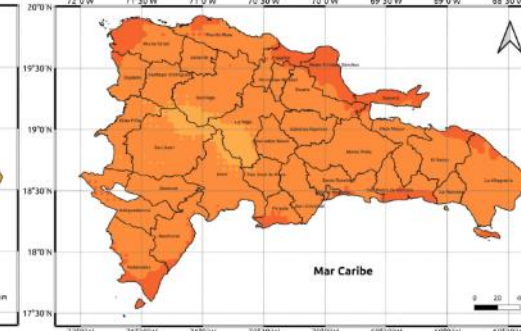
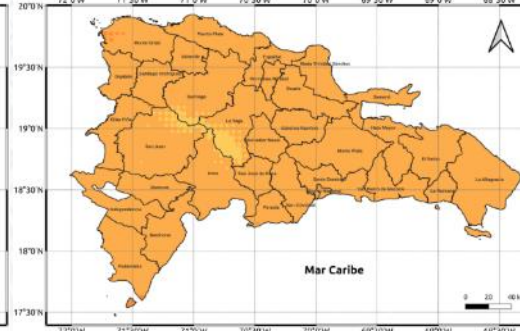
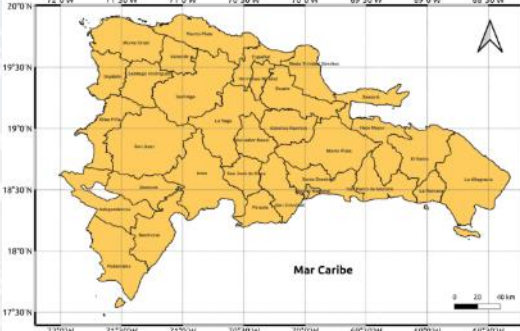
RCP
4.5



RCP
6.0



RCP
8.5



Temperatura
Mínima

RESULTADOS

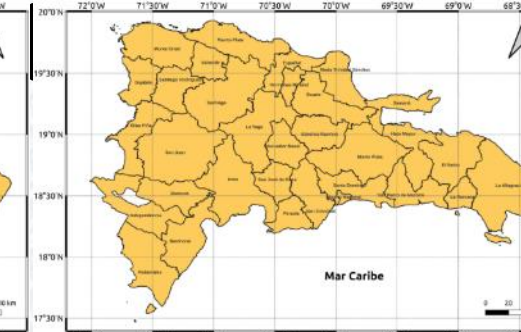
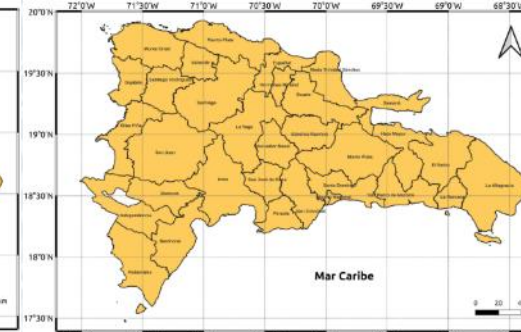
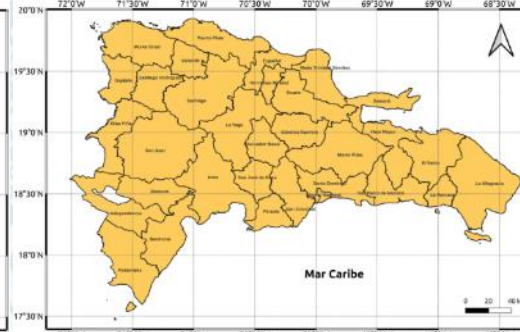
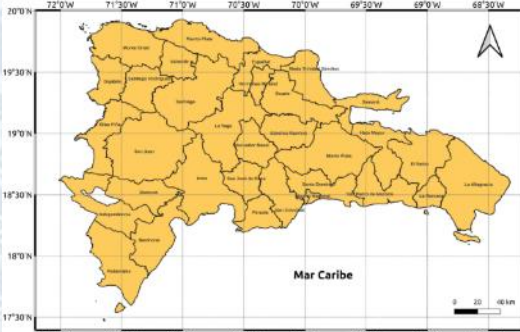
2021-2040

2041-2060

2061-2080

2081-2100

RCP
2.6



Leyenda

Aumento (°C) de la Temperatura RCP
4.5

Entre 0°C y 0.5°C

Entre 0.5°C y 1°C

Entre 1°C y 1.5°C

Entre 1.5°C y 2°C

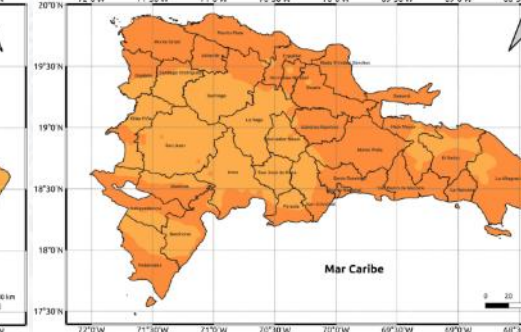
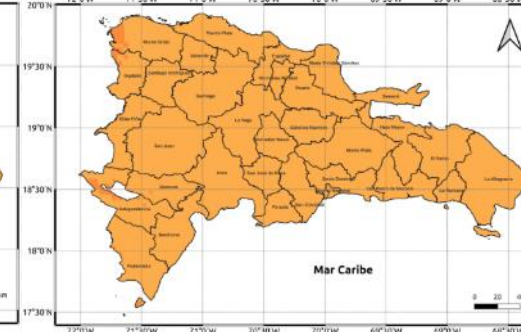
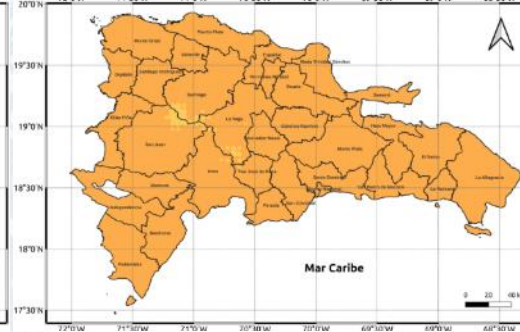
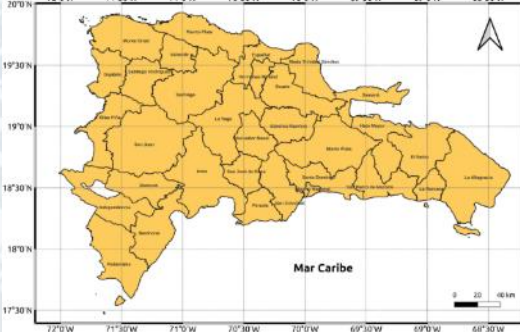
Entre 2°C y 3°C

Entre 3°C y 4°C

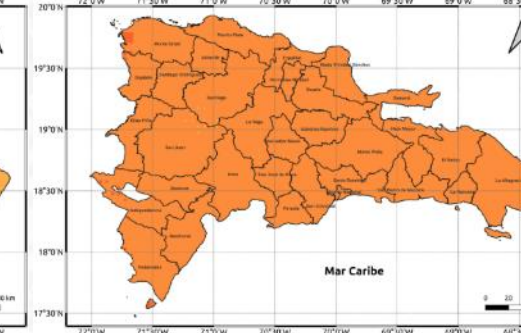
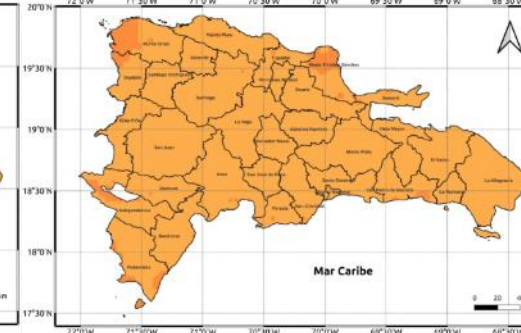
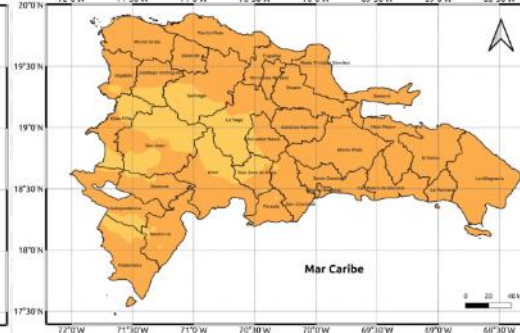
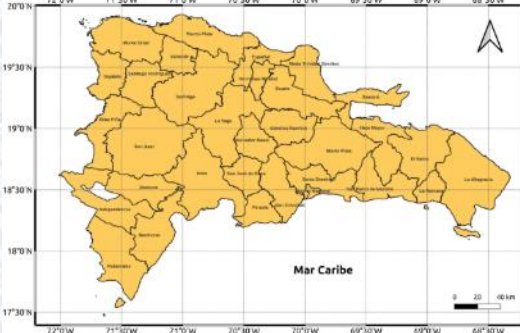
Entre 4°C y 5°C

Mayor a 5°C

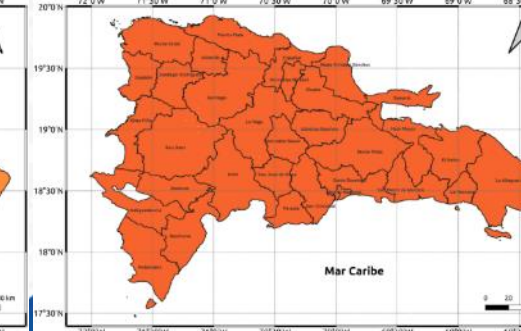
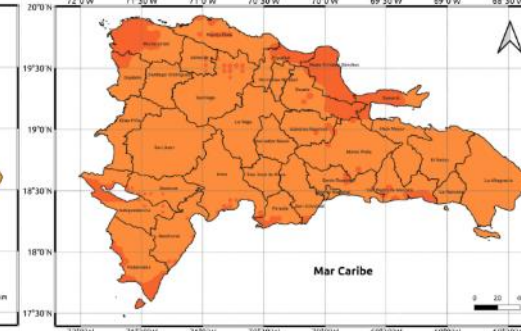
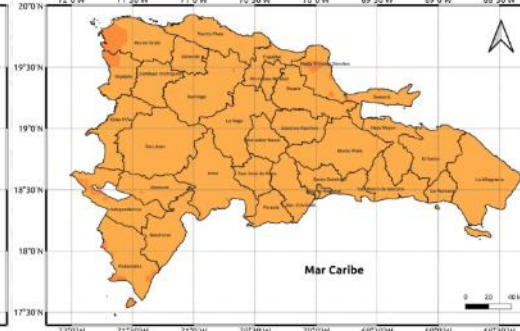
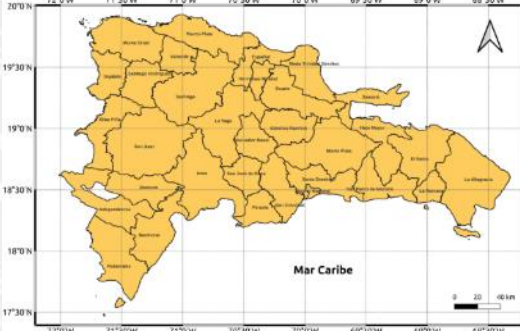
RCP
6.0



RCP
8.5



RCP
8.5



Temperatura Media

RESULTADOS

2021-2040

2041-2060

2061-2080

2081-2100

RCP
2.6



RCP
4.5



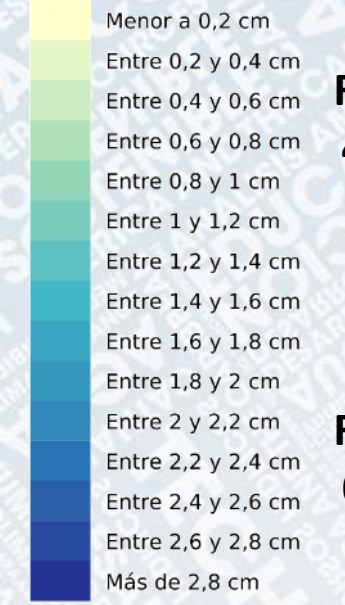
RCP
6.0



RCP
8.5



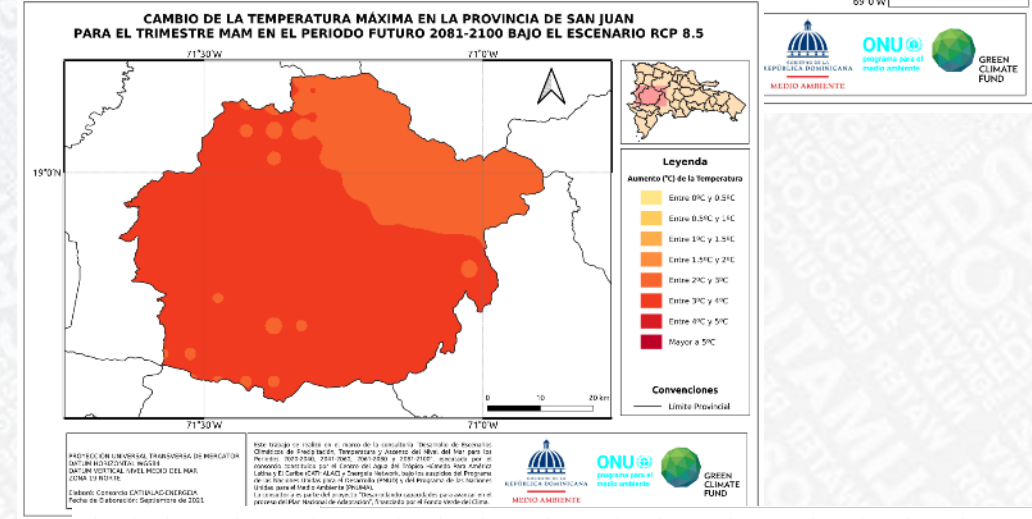
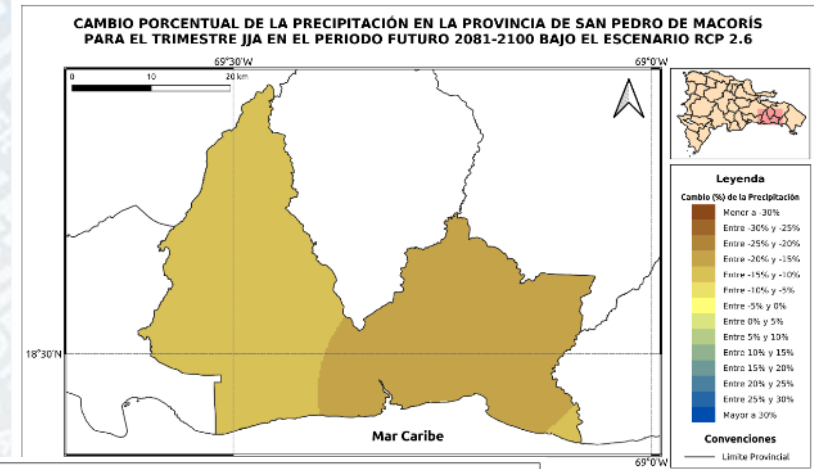
Aumento del Nivel del Mar (cm)



Nivel del Mar

RESULTADOS

- Se tienen los mapas y análisis para cada una de las 32 provincias de República Dominicana, tanto a nivel anual como estacional (DEF, MAM, JJA y SON).
- Además del documento de los escenarios (y los anexos), se tienen los siguientes insumos:
 - Tablas en formato Excel con las series mensuales de las 4 variables (precipitación y en la temperaturas máxima, mínima y media) tanto del periodo histórico 1981-2005 como del periodo futuro 2021-2100 para cada uno de los 4 escenarios RCP.
 - Mapas y capas en formato ráster con los cambios proyectados.



Elemento de información	Cantidad y Detalle
Escenarios RCP	4 (2.6, 4.5, 6.0 y 8.5)
Periodos de análisis	4 (2021-2040, 2041-2060, 2061-2080 y 2081-2100)
Subperiodos de análisis	5 (Anual y estacional –DEF, MAM, JJA, SON–)
Variables climáticas	4 (Precipitación, Temperaturas media, máxima y mínima)
Regiones espaciales de República Dominicana	33 (1 Nacional y 32 provincias del país)
TOTAL	10560 (4 escenarios x 4 periodos x 5 subperiodos x 4 variables x 33 regiones espaciales)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
1	Anyo	Mes	A. Herrera	A. La Union	Arroyo Barril	Azuza	Bani	Barahona	Constanza	Cotuí	El Cercado	Hondo Valle	Imbert	Jimani	La Vega	Las Américas
2	2021	1	64,3	136,5	11,4	23,6	21,3	27,7	85	14,5	25	139,9	10,4	90,2	39,5	
3	2021	2	49,5	72,1	65,3	10,9	23,4	16,7	18	43,9	15,5	24,2	84,3	15,5	55,2	29
4	2021	3	52,6	81,6	83,5	30,9	26,9	52,6	23,9	59,4	42,7	64,9	94,6	37,7	75,8	28,8
5	2021	4	54,1	95,1	108,5	33,3	32,1	63,4	41,8	81	67,9	99,6	92,2	55,3	110,1	45,5
6	2021	5	211,8	173,9	323,5	96,9	148,7	188,2	176,6	225,8	217,8	289,8	156,7	131,7	262,3	162,8
7	2021	6	134,9	65,9	173,6	64	146,7	140,6	108,7	130,1	109	163,3	101,6	63,5	108,8	98,8
8	2021	7	151,4	79,2	214,3	39,1	95,8	42,6	81	169,4	62,2	122,3	94,5	25,9	129,4	109,9
9	2021	8	131	36,6	131,6	62,1	87,4	59,7	79,2	99,6	92	191,6	34,5	34,1	69	86,8
10	2021	9	154,5	56,4	170,5	88,6	123,4	97,2	96	95,6	125,2	203,6	59,4	80,5	109,8	116,2
11	2021	10	175,6	134,4	252,6	98,9	140,5	152,7	111,4	141,4	177,1	273,7	175,5	132,2	172,9	122,1
12	2021	11	115,8	159,3	194,3	35,3	58,5	74,8	57,9	119,8	48,4	69	141,7	36,9	120	92,5
13	2021	12	81,7	161,7	201,2	23,2	49,9	66,9	47,7	96,9	32,6	42,7	130,6	18,6	111,4	57,5
14	2022	1	93,6	230,5	169,9	17,2	34,4	28,9	39,8	112,8	20,1	34,6	201,9	14,6	119,7	57,5
15	2022	2	75,7	115,4	95,3	16,2	35,9	23,8	26,7	66,5	22,7	35,6	132,3	27,3	83,5	44,4
16	2022	3	85,9	117,4	120,9	55,4	44	95,5	42,5	92,5	78,5	119,3	148,1	64,5	118,1	47
17	2022	4	67,4	109	127,1	39,8	40	75,1	54,9	99,4	87,6	128,4	110,5	68,3	134,9	56,7
18	2022	5	117,7	82,8	173,8	52,3	82,5	86,2	67,7	133,7	130,7	173,2	78,9	81,7	155,2	88,2

CONCLUSIONES



- **Por primera vez para República Dominicana la cantidad de estaciones con datos mensuales observados, confiables y suficientes (al menos con el 85% de información), para el periodo de referencia 1981-2005, supera en más de 5 veces las utilizadas en comunicaciones nacionales de cambio climático anteriores, y se tiene una cobertura espacial muy completa de las mismas para todo el país.**
- **En el caso de las temperaturas se tienen muy pocas estaciones con información suficiente y confiable, y no se contó con datos observados suficientes en la zona occidental y centro del país.**

Si bien se haya realizado un riguroso ejercicio para suplir esta falencia con datos derivados de satélite (CHIRTS), el no contar con estaciones en estas zonas hace que la incertidumbre en las proyecciones sea mayor en ellas, en comparación con las otras áreas donde se cuenta con al menos una estación que mide estas variables.



CONCLUSIONES



- Los datos futuros del ensamble multimodelo *per se* presentan tendencias para cada uno de los escenarios. En el caso de las **temperaturas media, máxima y mínima**, todas presentan tendencias al aumento, siendo la magnitud del cambio más marcado para los periodos 2061-2080 y 2081-2100. Bajo el escenario “de bajas emisiones” (RCP 2.6), el aumento de las temperaturas oscila entre 0.7 y 1.2°C, mientras que para **el escenario “más alto en emisiones” (RCP 8.5)**, el cambio que podría darse se encuentra entre **0.9 y 3.8°C para la temperatura máxima**, entre **0.7 y 2.8°C para la temperatura mínima** y entre **0.8 y 2.9°C para la temperatura media**.
- En la mayoría de los casos, ***los incrementos menores de estas temperaturas se presentarían en la región centro-occidental del país***, mientras que en el resto del país se darían los aumentos más significativos.

CONCLUSIONES



- Por otra parte, **para la precipitación**, en los dos primeros períodos (2021-2040 y 2041-2060) y bajo los escenarios RCP 2.6 y 4.5, se muestra una leve tendencia de aumento de las lluvias, la cual **no supera el 5%**, en comparación con el periodo histórico 1981-2005.
- En los demás escenarios y períodos, la tendencia para todo el territorio nacional es a que se presenten **reducciones de al menos el 10%** de las precipitaciones, y, bajo los escenarios RCP 6.0 y 8.5, la magnitud de las **disminuciones sobrepasaría el 20% en la mayor parte del país**.
- **En los últimos dos periodos** (2061-2080 y 2081-2100) es probable que la **reducción de los totales anuales de precipitación sea mayor del 30%** en la parte sur de República Dominicana.

CONCLUSIONES



- En cuanto al **aumento del nivel del mar**, las proyecciones futuras de esta variable bajo los 4 escenarios RCP indican **un probable incremento entre 0.3 y 0.8 centímetros en el corto y mediano plazo (2021-2040 y 2041-2060), y de 1.0 a 3.0 centímetros de mitad del siglo en adelante.**
- Si bien se podría presentar un comportamiento similar al de la temperatura bajo los 4 escenarios (es decir con aumentos de “bajas” magnitudes en el corto y mediano plazo), **la afectación que podrían generar estas magnitudes de aumento del nivel del mar en la zona costera son significativas**, puesto que se podría perder entre un 5 y un 10% del área de costa, lo que ocasionaría afectaciones en muchos aspectos: daños en infraestructura costera, mayores costos de mantenimiento e instalación de obras para enfrentar el aumento del nivel del mar, afectaciones en turismo por la reducción de zona de playa y/o posibles daños a hoteles e instalaciones, daños y pérdidas de ecosistemas costeros, entre otros.

CONCLUSIONES



- Este comportamiento proyectado por el ensamble multimodelo bajo los cuatro escenarios RCP del AR5 para la precipitación y las temperaturas media, máxima y mínima pone en **alerta sobre el impacto que podría darse en los ecosistemas, los sistemas socioeconómicos y los diversos sectores**, ya que una reducción de las precipitaciones podría traer problemas en los recursos hídricos del país, así como el incremento de las temperaturas traería mayores riesgos en la salud, la seguridad energética, la seguridad hídrica y la seguridad alimentaria de las personas, entre otras implicaciones.



RECOMENDACIONES



- **Aumentar el conocimiento y dominio de la incertidumbre asociada en los escenarios de clima futuro.** Se debe tener una claridad sobre los escenarios RCP, y particularmente sus usos y límites. Los escenarios no son ni predicciones ni recomendaciones políticas. Fueron diseñados y seleccionados para que se cuente con una amplia gama de posibles resultados climáticos de acuerdo a ciertas condiciones que podrían darse hacia el futuro.



RECOMENDACIONES



- **Los resultados de las proyecciones de los Escenarios de Clima muestran que aún quedan retos para que se pueda interpretar con el detalle necesario el comportamiento del clima futuro, con especial enfoque en los eventos extremos.** Los resultados obtenidos con estos escenarios muestran los cambios promedio para períodos climatológicos, tomando como referencia otro período histórico similar.
 - Por ejemplo, si un RCP no muestra diferencias significativas de precipitación en el periodo 2021-2040 con relación al período de referencia 1981-2005, *esto no quiere decir que se estén manteniendo las mismas tendencias y/o comportamientos de los eventos extremos y de variabilidad climática para el periodo futuro.*
 - **En este período podrían presentarse con más frecuencia eventos extremos** (los cuales se dan a escalas temporales diaria e inferiores), y *sin embargo los promedios mensuales de estas variables podrían no verse influenciados por estos eventos.*

RECOMENDACIONES



- **Es necesario fomentar la generación y uso de escenarios de clima para su aplicación a una escala provincial o local.** Los escenarios de cambio climático no deben ser tratados como únicos y estáticos.



Así como los modelos climáticos globales mejoran día a día en la representación de la dinámica del sistema climático y en la resolución espacial, **los escenarios van mejorando, involucrando más elementos que permitan ir reduciendo las incertidumbres**, tanto a nivel regional como en la evolución de las concentraciones de gases de efecto invernadero, entre otros aspectos.

- Por ello, al comprender sus incertidumbres y al mejorar las mediciones y registros locales, es posible *su aplicación en un contexto subnacional que permita una mejor orientación de planes estratégicos para la atención del cambio climático.*

RECOMENDACIONES



- **Promover la investigación científica en tema de variabilidad climática históricas en República Dominicana.** Los avances en tema de escenarios, modelaciones y proyecciones **deben ser acompañados por una mejora de la capacidad investigativa del país en estos temas, generando programas de formación en las Universidades y promoviendo el desarrollo de centros de investigación.**

Adicionalmente, **se debe potenciar a la Oficina Nacional de Meteorología (ONAMET)**, así como al Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INDRHI) de República Dominicana, no sólo incrementando cantidad y calidad de las redes de medición en el país, sino también **mejorando su capacidad institucional y fomentando iniciativas investigativas en temas relacionados al cambio climático.**

RECOMENDACIONES



- Lo anterior, resulta ser un insumo importante para:
 1. Comprender la vulnerabilidad ante amenazas climáticas y
 2. Facilitar la identificación de las medidas de adaptación.
- Así mismo, **se debe potenciar tanto la sinergia interinstitucional como la colaboración con la academia y los centros de investigación nacionales**, a fin de fortalecer el gremio técnico científico que brinde un mayor respaldo en las directrices para la atención del cambio climático.





GRACIAS POR LA ATENCIÓN

CONSORCIO CATHALAC – ENERGEI NETWORK
