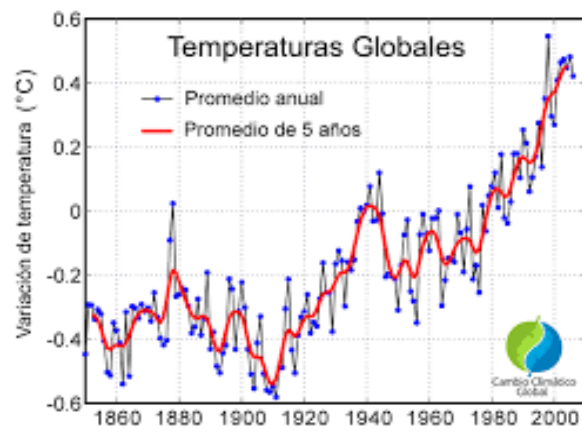


CAMBIO CLIMÁTICO EN VENEZUELA



EL CAMBIO CLIMÁTICO EN VENEZUELA.

Breve descripción.

La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) define al cambio climático como 'un cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana, que altera la composición de la atmósfera mundial'. En múltiples estudios se han encontrado evidencias de que el clima en el planeta está cambiando a un ritmo más acelerado que lo esperado, y es hoy en día una realidad aceptada por todos, ya sean políticos, científicos, productores y población en general.

Un hecho también reconocido es que la sociedad no está preparada para asumir las consecuencias que se ligan al cambio del clima en múltiples aspectos de la vida.

El reconocimiento o aceptación de esa realidad lleva a la búsqueda de medidas para mitigar los daños esperados, y la elección de medidas de adaptación a esos cambios. El paso indispensable en lo planteado está en el conocimiento de cuales condiciones se esperan en el futuro.

En la Primera Comunicación Nacional de Cambio Climático de Venezuela, se estudió lo ocurrido en la precipitación y la temperatura, en cuanto a cambios en valores y variabilidad, en las series de datos correspondientes al período base o normal del siglo XX. En la Segunda Comunicación Nacional de Cambio Climático se logró la construcción de escenarios del clima para períodos centrados en los años 2030, 2060 y 2090, que permitirán elaborar y establecer programas de Adaptación y de Mitigación. Estos programas deben estar en concordancia con las Líneas de Acción que dictarán los organismos internacionales competentes para preservar la vida del planeta y salvar la especie humana, tal como Venezuela lo tiene establecido en el Programa de la Patria 2013-2019.

Qué pasó con los principales elementos del clima en el siglo XX.

En investigaciones realizadas sobre los cambios en los regímenes de precipitación, se divide el territorio de Venezuela en 8 regiones, tres en el Oriente y el Centro y dos en el Occidente, cuya definición obedece a la fuente de los datos utilizados. De acuerdo con los resultados de las investigaciones, las precipitaciones totales anuales han disminuido en porcentajes superiores al 15% para las regiones del Centro y del Occidente, mientras que para las regiones Orientales los porcentajes de disminución están entre 5 y 10%. En la Tabla 1 se muestran los resultados para el período anual.

Para el elemento temperatura del aire, se tomaron series de 65 años de longitud de 9 estaciones meteorológicas de superficie.

La temperatura tiene características propias, ya que en este elemento se distinguen las variables temperatura máxima (Tx), temperatura mínima (Tn) y oscilación térmica (Ot), que se miden cada día, y que revisten una importancia especial respecto a la población y la vida en general. En particular, la Ot está relacionada con las condiciones de confort humano y los desarrollos animal y vegetal. En la Tabla 2 se muestran los incrementos extraídos de las rectas de tendencia anuales de la Tx, la Tn y la Ot, así como la significación de cada recta de tendencia.

Para la Temperatura Máxima, las tendencias son significativas sólo en la mitad de las estaciones, no obstante, excepto en la estación Cagigal, los cambios son de disminución de esa variable. Lo que ocurre en la estación Cagigal, con un ligero aumento en ese período, puede ser ocasionado por la fuerte urbanización que ha ocurrido en su entorno.

Tabla 1. Porcentajes de cambios en los totales de precipitación entre los períodos consecutivos 1911 - 1975 y 1976 – 1998.

Región	Intervalo Latitud (°N)		Intervalo Longitud (°W)		Incremento del total anual (%)
Occidente Norte	10	15	-70	-80	-22,71
Occidente Centro	5	10	-70	-80	-18,35
Centro Norte	10	15	-60	-70	-13,22
Centro	5	10	-60	-70	-20,83
Centro Sur	0	5	-60	-70	-16,48
Oriente Norte	10	15	-50	-60	-6,34
Oriente Centro	5	10	-50	-60	-9,91
Oriente Sur	0	5	-50	-60	-5,77

Tabla 2. Incrementos en 65 años de la Temperatura Máxima (Tx), de la Temperatura Mínima (Tn) y de la Oscilación Térmica (Ot) y significación de la línea de tendencia.

Tx	Anual	
	Incremento	sig. de T
Cagigal	0.05	0.820
Mérida	-0.19	0.720
Bolívar	-0.42	0.290
Coro	-3.85	0.000
Maracaibo	-0.31	0.468
Barquisimeto	-0.75	0.085
Maracay	-1.04	0.011
San Fdo. Apure	-1.47	0.002
Maturín	-2.26	0.000
Tn	Anual	
	Incremento	sig. de T
Cagigal	1.48	0.000
Mérida	2.80	0.000
Bolívar	1.10	0.004
Coro	4.84	0.000
Maracaibo	0.88	0.051
Barquisimeto	1.34	0.000
Maracay	3.72	0.000
San Fdo. Apure	1.14	0.001
Maturín	3.57	0.000
Ot	Anual	
	Incremento	sig. de T
Cagigal	-1.43	0.000
Mérida	-2.99	0.000
Bolívar	-1.52	0.001
Coro	-8.69	0.000
Maracaibo	-1.19	0.071
Barquisimeto	-2.09	0.002
Maracay	-4.76	0.000
San Fdo. Apure	-2.61	0.000
Maturín	-5.83	0.000

Para la Temperatura Mínima existe una tendencia al aumento que es significativa para todas las estaciones y tiene valores superiores a 1°C. Para la Oscilación Térmica,

existe tendencia significativa para todas las estaciones con incrementos negativos, es decir, esta variable está disminuyendo en valor de forma progresiva en todas las estaciones.

El aumento de la Temperatura Mínima por sí misma es un aspecto del Cambio Climático que resulta desfavorable para la población, pero si a esto se suma la disminución de la Oscilación Térmica, las condiciones empeoran.

Un problema adicional a los cambios en valores de los elementos, está en los cambios en las probabilidades de ocurrencia de eventos extremos, es decir valores muy grandes o muy pequeños de las variables. En la Primera Comunicación Nacional de Cambio Climático se utilizaron dos períodos, el primero hasta el año 1975 y el segundo desde el 1976 en adelante.

En la temperatura mínima (T_n), el cambio importante está en que es mucho menos frecuente que se tengan valores bajos de este elemento. En el primer período, cada 100 años podía ocurrir un valor tan bajo como 18,1 °C, mientras que en el segundo período, sólo puede ser tan bajo como 20,7 °C cada 100 años.

En la Oscilación térmica diaria (O_t), ocurre que el cambio importante está en que es mucho más probable que ocurran valores bajos de esa variable. Cada 100 años podían alcanzarse en el primer período valores tan altos como 14,8 °C, mientras que en las condiciones del segundo período, la O_t sólo puede alcanzar valores tan altos como 9,8 °C cada 100 años.

De lo mostrado está claro que lo ocurrido en el Siglo XX puede considerarse como evidencia de Cambio Climático y que además resulta desfavorable para el país, tanto para la vida del hombre, como para algunas ramas de la economía.

Simulación del Clima futuro.

Para simular el clima futuro, se estimaron las precipitaciones y temperaturas medias mensuales, trimestrales y anuales para tres períodos centrados en los años 2030, 2060 y 2090.

La construcción de escenarios del clima dependen directamente de los **Escenarios de Emisión de Gases de Efecto Invernadero** (EEGEI), que en este caso fueron los llamados intermedio (RCP4.5) y pesimista (RCP8.5), cuyas siglas responden a las concentraciones de GEI que se espera sean emitidas a la atmósfera.

Para la construcción de escenarios se utilizan las salidas de muchos Modelos Climáticos con los que se obtienen valores futuros de los principales elementos. Esos modelos han sido desarrollados por centros mundiales del clima con muy amplias posibilidades de modelación, que presentan entre ellos variaciones notables en los escenarios. Los modelos elegidos para las simulaciones del clima futuro en Venezuela fueron el HADGEM2 (Inglaterra) y el MIROC5 (Japón), que presentaron, respecto a la línea base climática (1961 a 1990), tendencias similares, distribuciones espaciales también similares y las más pequeñas diferencias en valores.

Una característica general de los modelos Climáticos es su baja resolución espacial, que para los más desarrollados, llegan a grillas con pasos de unos 200 Km. Esta resolución espacial se mejora con modelos de escala regional que permiten resoluciones espaciales mucho más finas de hasta 20 Km.

Modelos de Cambio Climático utilizados.

A través de una colaboración científica entre el Instituto Nacional de Pesquisas Espaciales (INPE), de Brasil y el INAMEH se obtuvieron las salidas de los dos Modelos Climáticos corridos en el ETA (Modelo Climático Regional desarrollado por el INPE), versiones denominadas en adelante como Eta_HADGEM2 y Eta_MIROC5, que presentan los resultados en grillas de 20 km de lado. Las salidas tomadas están entre -74 y -58 °W, y entre 0 y 13 °N, que con esa resolución espacial se llega a 5343 grillas.

Para la elección de los modelos a utilizar se partió de la comparación de éstos con la Línea Base Climática construida con datos medidos en estaciones nacionales, en el período 1961 a 2000, donde están incluidas las normales climáticas 1961 a 1990 y 1971 a 2000. Lo anterior es posible porque en las salidas de los modelos se brinda, además de los valores futuros, los correspondientes a las líneas base de cada elemento según esos modelos. En la Figura 1 se brinda, a modo de ejemplo, la Línea Base de precipitación construida con datos medidos por estaciones de superficie y la correspondiente al modelo Eta_HADGEM2 así como su diferencia.

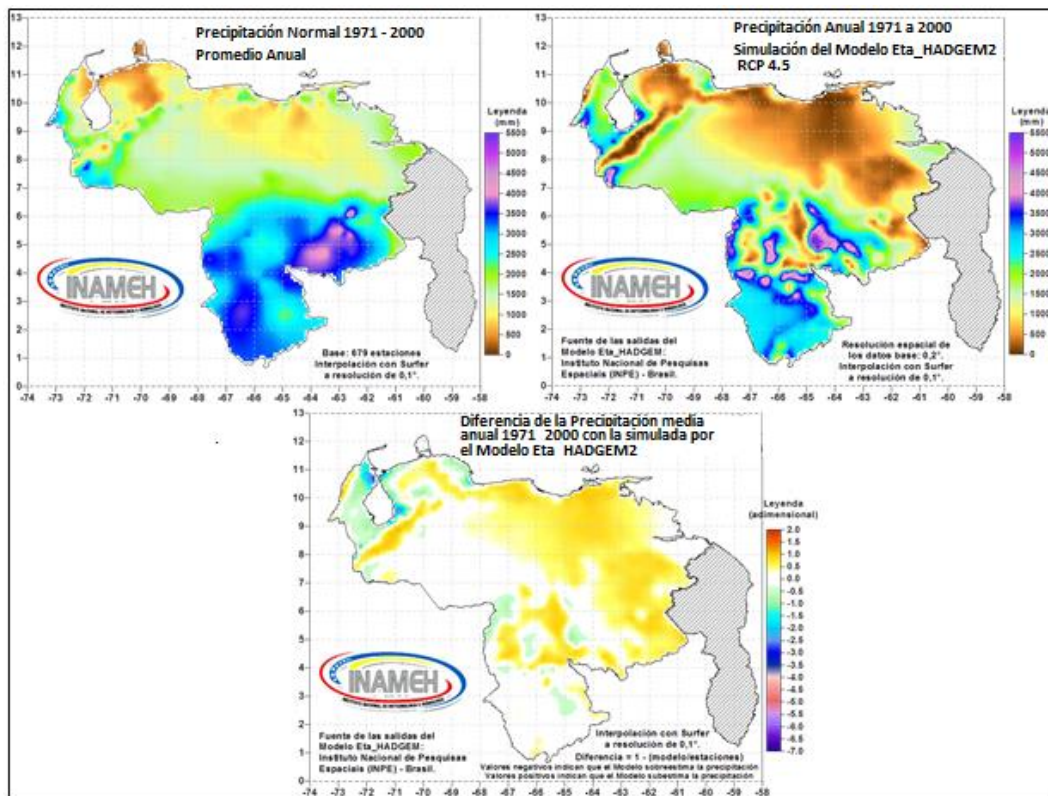


Figura 1. Precipitación media anual (Línea Base Climática), la simulada por el Modelo Eta_HADGEM2 (RCP4.5) y su diferencia.

Escenarios de temperatura media anual y total anual de precipitación para los años 2030, 2060 y 2090.

En general, para períodos futuros, ambos modelos simulan un incremento de la temperatura media con el paso del tiempo, sus patrones son muy similares; los dos modelos simulan correctamente al período Dic-Feb como el trimestre más frío del año,

y a Mar-May como el más cálido. No obstante, un estudio más detallado mostró que el modelo Eta-HADGEM2, presenta resultados más consistentes con las condiciones climáticas de Venezuela para ambos elementos, por lo que nos centraremos en las salidas de ese modelo.

Por lo planteado, se presentarán los resultados de temperatura y precipitación según el modelo HADGEM2 con su perspectiva pesimista de emisión que causaría un forzamiento radiativo de $8,5 \text{ W m}^{-2}$. En la Figura 2 se presentan los valores de percentiles 50 (P50 o mediana) de temperatura y precipitación anuales, para los períodos anteriormente descritos.

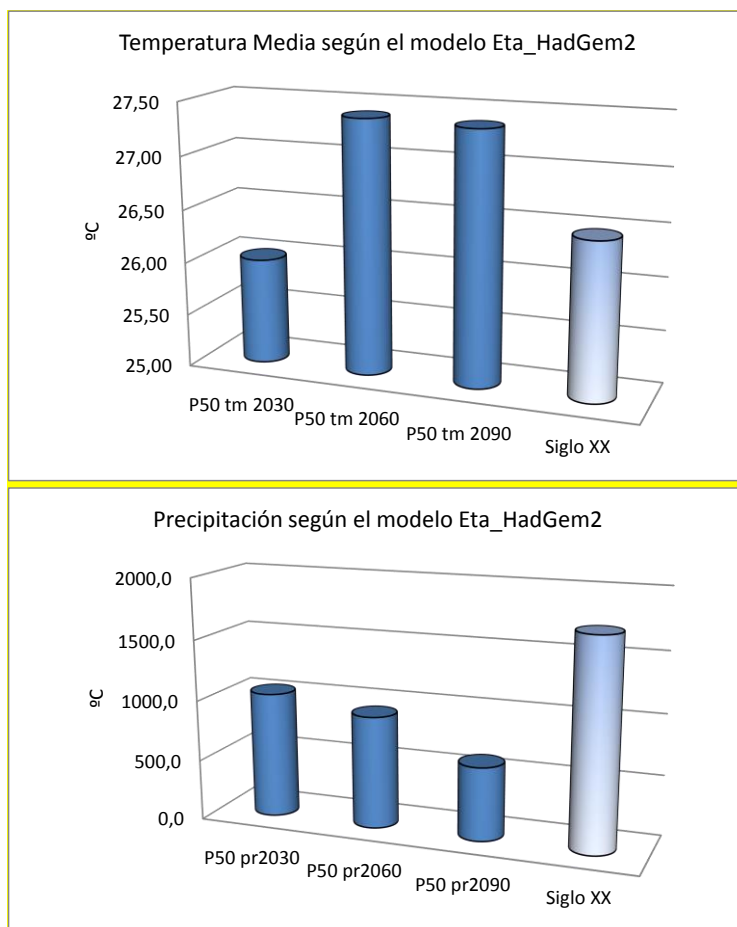


Figura 2. Valores medios anuales (P50) de la temperatura media del aire y del total anual de precipitación según el escenario pesimista del Modelo Eta_HadGem2.

Como se puede apreciar en la Figura 2, la temperatura media para el 2030 estaría algo por debajo del valor actual, y para los siguientes períodos (2060 y 2090) más de $1 \text{ }^\circ\text{C}$ sobre el valor correspondiente a la Línea Base. Para la precipitación, la perspectiva es que desde el 2030 se presentan disminuciones serias de los totales anuales y que estas disminuciones sean mayores en los siguientes períodos (2060 y 2090).

Las condiciones esperadas de aumento de la temperatura y de disminución de la precipitación son generales y no necesariamente se presentarán para cada lugar o pequeña región del país. La perspectiva general es de empeoramiento de las condiciones del clima para muchas ramas de la economía y la sociedad.

QUÉ HACE HOY EL INAMEH

Como se ha evidenciado en varios trabajos científicos, como los incluidos en la Primera Comunicación de Cambio Climático, los cambios en variabilidad de los principales elementos son tales, que es más difícil buscar medidas de adaptación o mitigación a esos cambios, que a los cambios en valores de los elementos. Estos cambios se manifiestan en que sucesos de valores muy altos o muy bajos de elementos, que ocurrían una vez en un número alto de años, pueden presentarse cada un número de años mucho menor.

Por lo anterior, hoy en el INAMEH se desarrollan trabajos de investigación dirigidos a la estimación de cambios en la variabilidad de los elementos precipitación y temperatura media de acuerdo a la salida de los modelos, así como la diferenciación de las tendencias esperadas por regiones de Venezuela.

Como resulta evidente de lo planteado, los trabajos de investigación que se desarrollan están dirigidos a permitir que las medidas de adaptación y mitigación, de los posibles efectos negativos del cambio climático, tengan una base científica sólida.