

5. IMPACTOS AMBIENTALES Y SOCIOECONÓMICOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO. POSIBLES MEDIDAS DE ADAPTACIÓN

5.1 Introducción

Bajo este capítulo se analizan algunas de las implicaciones ambientales más generales que se derivan del cambio de los patrones espacio-temporales de la precipitación y la temperatura, lo que repercute en aspectos tales como el tipo climático de grandes áreas del país, la disponibilidad climática de agua y el confort humano y animal. A su vez los cambios en estos aspectos tienen consecuencias importantes sobre la capacidad productiva vegetal y animal, la problemática de uso de agua y manejo de embalses, y la generación de energía.

Es importante señalar que no hay realmente forma de predecir cómo será el clima futuro, ya que aún no es completo el conocimiento del Sistema Climático, por lo que manejar el concepto de incertidumbre es importante. Se sabe que el efecto antrópico se añade a todas las interacciones naturales, pero aún si fuera posible simular perfectamente la parte física del Sistema Climático (poco probable en el corto plazo), quedarían por resolver otros dos tipos de incertidumbres : una de carácter socioeconómico, relativa a cuánto más gases de efecto invernadero (GEI) habría en la atmósfera, ya que eso depende exclusivamente de factores como las tasas de crecimiento demográfico y económico, el crecimiento en el uso y tipo de energía, los avances tecnológicos en materia energética, las políticas mundiales sobre la emisión de gases de efecto invernadero, entre otros; el segundo tipo de incertidumbre es el relativo a la sensibilidad climática.

Dada esta circunstancia, la estrategia para analizar el clima futuro y su impacto en los ecosistemas y las actividades humanas, es el desarrollo de Escenarios. Éstos no son predicciones ni pronósticos, sino “una descripción plausible, coherente e internamente consistente de un posible estado futuro del mundo” (IPCC, 2001). Deben ser entendidos como ejemplos de lo que pudiera pasar bajo premisas particulares. Los Escenarios Climáticos se basan en Escenarios de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero, que a su vez se basan en Escenarios Socioeconómicos.

5-2075 Escenarios y Modelos utilizados en la Primera Comunicación Nacional

Para el desarrollo de los Escenarios en la Primera Comunicación Nacional se usó prioritariamente el Escenario de Emisión de Gases de Efecto Invernadero denominado SRES-A2 (IPCC, 2001c) que describe un mundo muy heterogéneo, la tasa de crecimiento demográfico es siempre creciente durante todo el siglo XXI, el desarrollo económico está orientado regionalmente (poca globalización) y tanto el crecimiento económico per cápita como el cambio tecnológico son muy lentos y fragmentados. También se usó como punto de comparación el

Escenario de Emisión de Gases de Efecto Invernadero SRES-B1 para el Escenario Climático “Optimista”. El SRES-B1 describe un mundo más convergente (más globalizado): la población alcanza un máximo a mitad del siglo XXI y luego desciende, hay un rápido cambio en las estructuras hacia una economía de servicios e información, y se introducen tecnologías limpias y recurso-eficientes; el énfasis está en soluciones globales para la sostenibilidad económica, social y ambiental, incluyendo una mayor equidad. Todos los Escenarios SRES asumen que no se tomarán medidas para controlar la emisión de gases, es decir, diseñan un mundo futuro donde no se implementa la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático ni su Protocolo de Kyoto (IPCC, 2001c).

Los escenarios climáticos se definen como combinaciones de los escenarios de emisión de gases de efecto invernadero y los niveles de sensibilidad climática. Para simular los elementos de precipitación y temperatura en el futuro, que son modificados por los cambios en el Sistema Climático inducidos por el calentamiento debido a la mayor cantidad de GEI, se utilizan Modelos Acoplados de Circulación General Atmósfera–Océano (MACGAO), corridos para los escenarios climáticos.

Dado que los MACGAO son una herramienta tecnológica que requiere un enorme poder computacional, disponible en muy pocos lugares del mundo, el Programa de Apoyo a las Comunicaciones Nacionales de los Países No Anexo I coordinó el desarrollo de una metodología simplificada, que se materializó como el software MAGICC/SCENGEN – Model for the Assessment of Greenhouse Induced Climate Change / Scenario Generator (Hulme et al. 2000), desarrollado por la Climate Research Unit (University of East Anglia, UK). El componente MAGICC es un modelo climático simplificado, que permite determinar la temperatura media global y las consecuencias en el nivel del mar a partir de emisiones de gases invernadero especificadas por el usuario. El componente MAGICC es en esencia una biblioteca de corridas de 16 de los MACGAO más utilizados en el mundo.

Se realizó el análisis del comportamiento de los dieciséis (16) MACGAO (Martelo, 2003), que se incluyen en el MAGICC-SCENGEN, bajo cinco Escenarios de Emisión de Gases de Efecto Invernadero (IS92A, SRES–A1, SRES–A2, SRES–B1, SRES–B2) y tres niveles de Sensibilidad Climática, a fin de considerar con amplitud las diferentes incertidumbres asociadas al proceso de simulación del clima futuro.

Se utilizaron varios criterios para el desarrollo de los escenarios climáticos y la selección de los modelos. Fundamentalmente, se basaron en la idea que el clima en el siglo XXI debería continuar la tendencia mostrada en el siglo XX, cuando ocurrió el incremento de los gases de efecto invernadero; como se señaló en el capítulo anterior (Cárdenas y Alonso, 2003; Cárdenas y De Grazy, 2003), durante el siglo XX en Venezuela se produjo un incremento de la temperatura y la disminución generalizada de la precipitación en casi todo el país, especialmente durante la época lluviosa. El segundo criterio utilizado fue el impacto del evento “El Niño” en el país; conocidos sus efectos (Cárdenas y Gil, 2003; Martelo, 2002) y aceptando que se espera en el futuro un incremento en su ocurrencia (Martelo y Puche, 1997) se eligieron

modelos que simulen dichos efectos. Finalmente, el tercer criterio se basó en que la mayoría de los modelos, incluyendo a los que en general simulan un futuro más lluvioso, señalan una disminución de la precipitación en algunos meses de la temporada lluviosa, en diversas regiones del país (Martelo, 2003).

Para discutir los resultados y decidir cuáles modelos se incluirían en esta Primera Comunicación Nacional, se realizó un Taller de Expertos (Martelo, 2003) en Meteorología y Climatología. En el Taller se decidió utilizar dos de los modelos incluidos en el MAGICC–SCENGEN, el UKTR, desarrollado por el United Kingdom Meteorological Office (Inglaterra), y el CCC-EQ desarrollado por el Canadian Center for Climate Modelling and Analysis (Canadá). Estos modelos simulan el cambio promedio de temperatura y precipitación para lapsos de 30 años, y para estimar los valores promedios futuros, se aplica dicho cambio al valor promedio actual del período de 30 años 1960–1990. En cuanto a la resolución espacial, es muy gruesa, trabajando con cuadrículas (grillas) de 5 grados de latitud x 5 grados de longitud, lo que constituye una de las principales limitaciones para realizar un análisis de vulnerabilidad más preciso. Venezuela está cubierta por ocho (8) grillas de 5° x 5°.

El Taller decidió correr cada uno de los dos modelos bajo tres Escenarios Climáticos. En el Cuadro 1 se muestran las condiciones que conforman los tres escenarios climáticos. El Escenario “Optimista” es el que simula menores cambios en temperatura y precipitación, el Escenario “Pesimista” es el que simula los mayores cambios en el futuro.

El Taller sugirió analizar tres lapsos futuros que, por comodidad se citan usando como referencia el año central de dicho período; los tres lapsos están contenidos en la primera mitad de este siglo, ya que la incertidumbre aumenta al simular futuros más lejanos. Los lapsos fueron: el 2005 al 2035, 2025 al 2055 y el 2045 al 2075, centrados respectivamente en el 2020, 2040 y 2060. Con relación a los Escenarios de Emisión de Gases de Efecto Invernadero, se decidió utilizar los que provocan cambios de temperatura global máximos y mínimos, es decir, el SRES-A2 y el SRES-B1 (Martelo, 2003; Cárdenas y Gil, 2003).

Cuadro 5.1. Resumen de las características que definen a los Escenarios Climáticos, Lapsos y Modelos de Circulación Global de la Atmósfera a ser utilizados en la Primera Comunicación Nacional en Cambio Climático.

	ESCENARIOS CLIMÁTICOS		
	Optimista	Intermedio	Pesimista
Escenario de Emisión de Gases de Efecto Invernadero	SRES-B1	SRES-A2	SRES-A2
Sensibilidad Climática	Baja (1,5°C)	Media (2,5°C)	Alta (4,5°C)
Lapsos	2005-2035 (centrado en 2020) 2025-2055 (centrado en 2040) 2045-2075 (centrado en 2060)	2005-2035 (centrado en 2020) 2025-2055 (centrado en 2040) 2045-2075 (centrado en 2060)	2005-2035 (centrado en 2020) 2025-2055 (centrado en 2040) 2045-2075 (centrado en 2060)
Modelos	UKTR y CCC-EQ	UKTR y CCC-EQ	UKTR y CCC-EQ

Asimismo, el Taller de Expertos recomendó que para los análisis de impactos y vulnerabilidad ante el cambio climático en los sectores agrícola y de recursos hídricos, se utilizaran los modelos corridos bajo el Escenario Climático Intermedio, mientras que los resultados de los Escenarios Optimista y Pesimista se usen sólo como punto de comparación.

Una vez tomadas estas decisiones, se calcularon los cambios mensuales, trimestrales y anuales de precipitación y temperatura para los tres períodos de 30 años, según los dos modelos bajo los tres Escenarios Climáticos.

5.3 Cambios Ambientales generales

En este capítulo se describen los cambios generales esperables en el futuro para los dos principales elementos climáticos, la temperatura y la precipitación, así como los cambios derivados en términos del tipo climático, la disponibilidad climática de agua y el confort humano.

Como resultados generales de correr los modelos para el escenario climático intermedio se obtienen incrementos de la temperatura en todas las grillas de 5° x 5°, mientras que para la precipitación, aunque la tendencia general de las simulaciones es hacia una disminución de la lluvia, en alguna de las grillas, en algún momento del año, ambos modelos simulan mayor precipitación. En la Figura 5.1 se muestra el signo de las simulaciones para la precipitación futura según ambos modelos; dicho signo se mantiene para todos los escenarios de emisión de GEI y los tres niveles de sensibilidad climática.

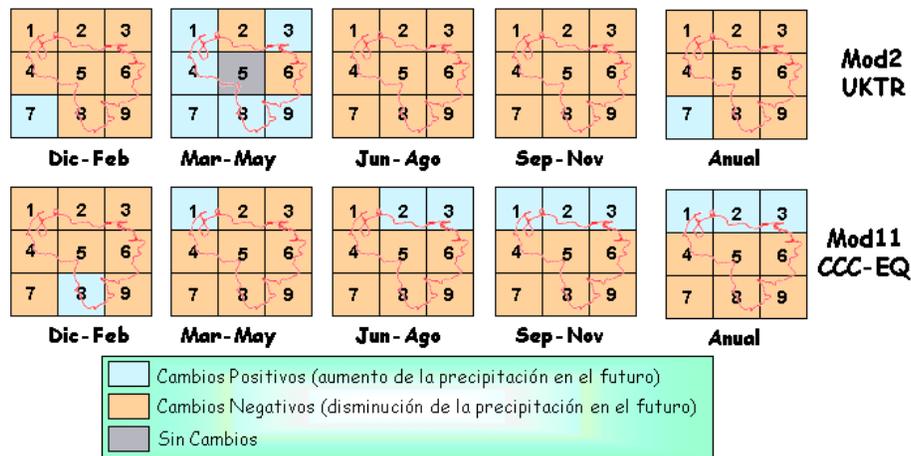


Figura 5.1. Representación esquemática del Signo de cambio (positivos o negativos) de la precipitación trimestral y anual futura en cada grilla del país, según los modelos UKTR (Mod2) y CCC-EQ (Mod11). El signo es consistente para todos los Escenarios de Emisión de Gases de Efecto Invernadero (IS92a, SRES-A1, SRES-A2, SRES-B1 y SRES-B2), para los tres niveles de Sensitividad Climática y para cualquier grupo de 30 años incluido en el Siglo XXI.

Las consecuencias de la disminución de la precipitación son muy preocupantes. En la zona norte del país, donde se concentra la mayor parte de la población y la infraestructura productiva

ya hoy día existen problemas serios de disponibilidad de agua, que se evidenciaron con la sequía durante los años 2001–2002, la cual afectó muy severamente a dos de los principales embalses del país, uno para riego (Guárico) y otro que surte a Caracas (Camatagua), de modo que debió establecerse un programa de racionamiento de varios años para lograr la recuperación de los embalses. Este tipo de situaciones implica la necesidad urgente de comenzar a tomar medidas de adaptación. Asimismo, la ocurrencia más frecuente de precipitaciones intensas implica mayor riesgo de inundaciones repentinas y deslaves, especialmente graves en áreas ya de por sí vulnerables, como las zonas montañosas altamente urbanizadas.

Por su parte, el incremento de la temperatura es un problema muy serio que implica un mayor gasto de agua (que será cada vez más escasa), un mayor gasto de energía (más aires acondicionados encendidos durante más tiempo) y un mayor riesgo de mortalidad en animales y humanos, por lo que tiene implicaciones en la definición de políticas energética, agrícola y sanitaria en el país.

5.3.1 Cambios en los patrones de temperatura

Actualmente, no se cuenta con la densidad adecuada de estaciones climáticas necesarias para generar los mapas de temperatura, por lo que se analizará el comportamiento de algunas estaciones seleccionadas, representativas de las diferentes condiciones climáticas del país.

Excepto en las estaciones de altura como la de la Colonia Tovar (1.790 msnm) y Mérida (1.479 msnm), las temperaturas medias del país son elevadas, como corresponde a nuestra ubicación latitudinal. En 14 de las 17 estaciones analizadas, la temperatura media sobrepasa los 25 °C y en 4 incluso los 28 °C (Maracaibo, Coro, Musinacio, y Ciudad Bolívar). Según el modelo británico (UKTR), para el 2060 serán 13 de 17 estaciones las que tengan una temperatura media que sobrepase los 28 °C, y 11 según el modelo canadiense.

Aunque el aumento de temperatura en el país no sería muy grande en el Escenario Climático Intermedio (en general, para el 2060 estaría entre 1 y 2 °C), el problema es que ya hoy las temperaturas son muy elevadas, de modo que incluso pequeños incrementos pueden tener efectos severos en funciones biológicas (fotosíntesis, respiración) y físicas (difusión, evaporación), afectando a los seres vivos (humanos, plantas, animales) y a procesos complejos, tales como el movimiento del agua y nutrientes en el suelo o la capacidad de auto-depuración del agua en movimiento.

Se analizó de modo simplificado el efecto del incremento de la media sobre la distribución de frecuencia empírica de la temperatura (efecto del corrimiento de la media hacia la derecha en la distribución de probabilidades). Para un subconjunto de 13 estaciones con 30 años de registro, se calcularon los valores probables a 75% y 90% actuales, y se compararon con los valores promedio (probables al 50%) futuros; en el 74% de los casos, las temperaturas promedio futuras serán mayores que el actual valor del Percentil 90%, es decir, que un valor tan alto que

hoy día ocurre sólo en el 10% de los años va a ser tan común que ocurrirá por lo menos en la mitad de los años.

Una de las principales consecuencias del incremento de la temperatura se relaciona con la expansión del área propicia para la proliferación de vectores transmisores de enfermedades como el dengue y la malaria; no solo se corre el riesgo de que sean mayores las zonas donde hoy estas enfermedades son endémicas, sino que será mayor también el riesgo de epidemias. Asimismo, el aumento de la temperatura mínima tendrá en el trópico, incluida Venezuela, una influencia negativa en la productividad agrícola, ya que aumentará el gasto respiratorio nocturno, reduciendo en consecuencia la acumulación neta de materia seca.

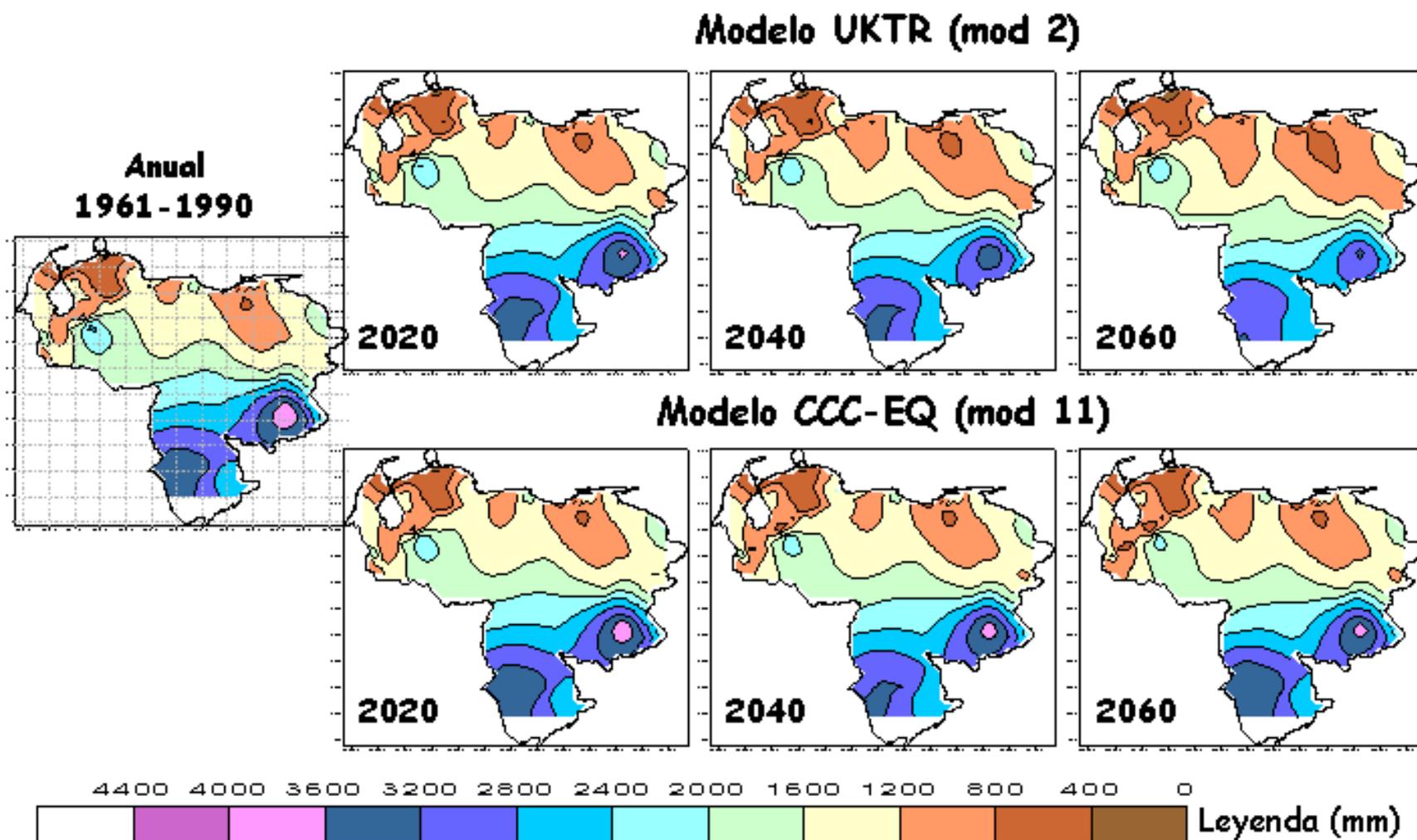
Es importante recordar que la tasa de incremento de la temperatura mínima (la de la madrugada) es prácticamente el doble que la temperatura máxima, que generalmente se produce entre las 1:00 y 3:00 pm, lo que indica que la Oscilación Térmica Diaria (OTD) ha estado disminuyendo durante el siglo XX (Cárdenas y Alonso, 2003; Martelo y Puche, 1997) y se espera que continúe disminuyendo durante el siglo XXI. Ello implica que cada vez con mayor frecuencia se presentarán noches muy cálidas, aunque durante el día la temperatura no haya sido muy elevada.

5.3.2 Cambios en los patrones de precipitación

A continuación se presentan los mapas generados con el software de geoestadística con capacidad gráfica SURFER para la precipitación a los niveles anual (Figura 5.2) y trimestral (Figuras 5.3 a la 5.7). En cada una de las Figuras se muestra la situación actual, correspondiente al valor promedio de la Normal 1961–1990 y los seis mapas de las situaciones futuras en 2020, 2040 y 2060, según los modelos UKTR (modelo británico, mod2) y CCC-EQ (modelo canadiense, mod11), corridos bajo el Escenario Climático Intermedio (Escenario de Emisión de Gases de Efecto Invernadero, SRES-A2 y Sensitividad Climática Media 2,5 °C). La resolución espacial (tamaño de grilla) de estos mapas es de aproximadamente unos 30 km, en lugar de las grillas de 500 km (5°) de lado del SCENGEN.

En el caso particular del trimestre diciembre–febrero, que corresponde al más seco del año, se preparó un mapa con una escala más reducida, para diferenciar mejor el incremento de superficie con precipitaciones extremadamente bajas (menos de 25 mm acumulados en 3 meses); aquí se muestran sólo los resultados de los dos modelos para el 2060 (Figura 5.3).

En la Figura 5.2, correspondiente al total anual de precipitación, puede observarse que el UKTR (mod2) señala un futuro más seco que el CCC-EQ (mod11). El efecto es especialmente notable al sur del estado Bolívar, donde según mod2 el núcleo actual de 3600 a 4000 mm de lluvia se reduciría en el 2060 al rango de 2800 a 3200 mm, es decir unos 800 mm menos de lluvia al año. Las posibles consecuencias para el tipo de vegetación pudieran ser muy graves, implicando un cambio severo en el ecosistema.



Ing. MsC. María Teresa Martelo – Dirección de Hidrología, Meteorología y Oceanología

Figura 5.2. Comparación entre la Precipitación Media Anual Actual (1961–1990) y la Precipitación Media Anual Futura bajo el Escenario Climático Intermedio (SRES–A2, Sensitividad Climática Media 2,5 °C) según los modelos UKTR (mod2) y CCC–EQ (mod11).

También para la zona norte el mod2 señala un futuro muy preocupante, al norte del río Orinoco se concentra el 90% de la población, y específicamente en la zona norte-costera, que ocupa aproximadamente el 2% del territorio nacional, se concentra cerca del 40% de la población, el 75% del sector industrial, y alrededor del 40% del capital fijo del país. Según este modelo, prácticamente toda la zona pasaría a recibir menos de 1200 mm/año, situación que hoy día está limitada al norte del estado Zulia, la Depresión Lara-Falcón, la Depresión del Lago de Valencia, la Cuenca de Unare y los Andes a alturas superiores a los 2500 msnm, aproximadamente.

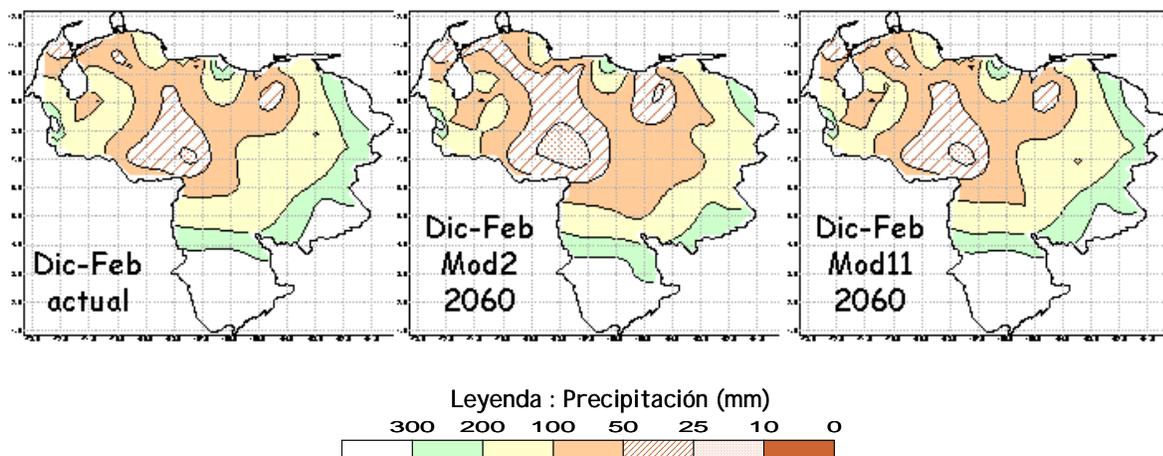
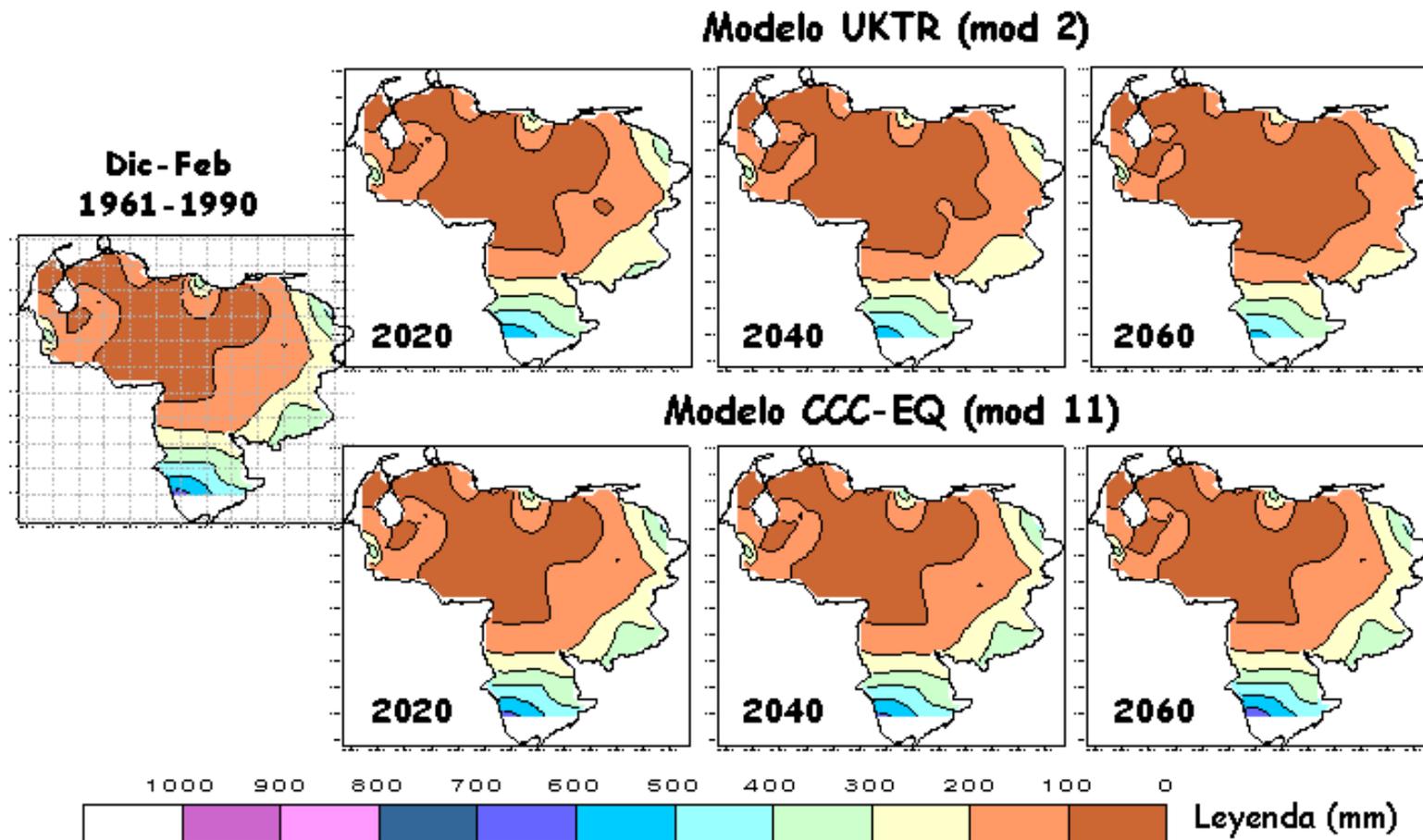


Figura 5.3. Comparación entre la Precipitación trimestral Dic-Feb actual y futura según los modelos UKTR (mod2) y CCC-EQ (mod11) para el 2060 bajo el Escenario Climático Intermedio (SRES-A2, Sensitividad Climática Media 2,5°C) – escala reducida.

El mod11, por el contrario, señala muy ligeros aumentos de la precipitación al norte de los 10° N, en toda la zona norte-costera del país. Este modelo también muestra disminución de la precipitación al sur del país, pero en menor grado. Sin embargo, señala fuertes disminuciones hacia los Andes y el Piedemonte Llanero, donde ya para el 2020 desaparece el núcleo 2400-2800 mm, disminuye significativamente el área lluviosa de la Costa Oriental del Lago de Maracaibo y se extiende significativamente el área con menos de 800 mm/año en los valles intra-andinos.



Ing. MsC. María Teresa Martelo – Dirección de Hidrología, Meteorología y Oceanología

Figura 5.4. Comparación entre la Precipitación trimestral Dic-Feb actual (1961-1990) y la Precipitación Trimestral Media Futura según los modelos UKTR (mod2) y CCC-EQ (mod11) para el 2060 bajo el Escenario Climático Intermedio (SRES-A2, Sensitividad Climática Media 2,5°C).

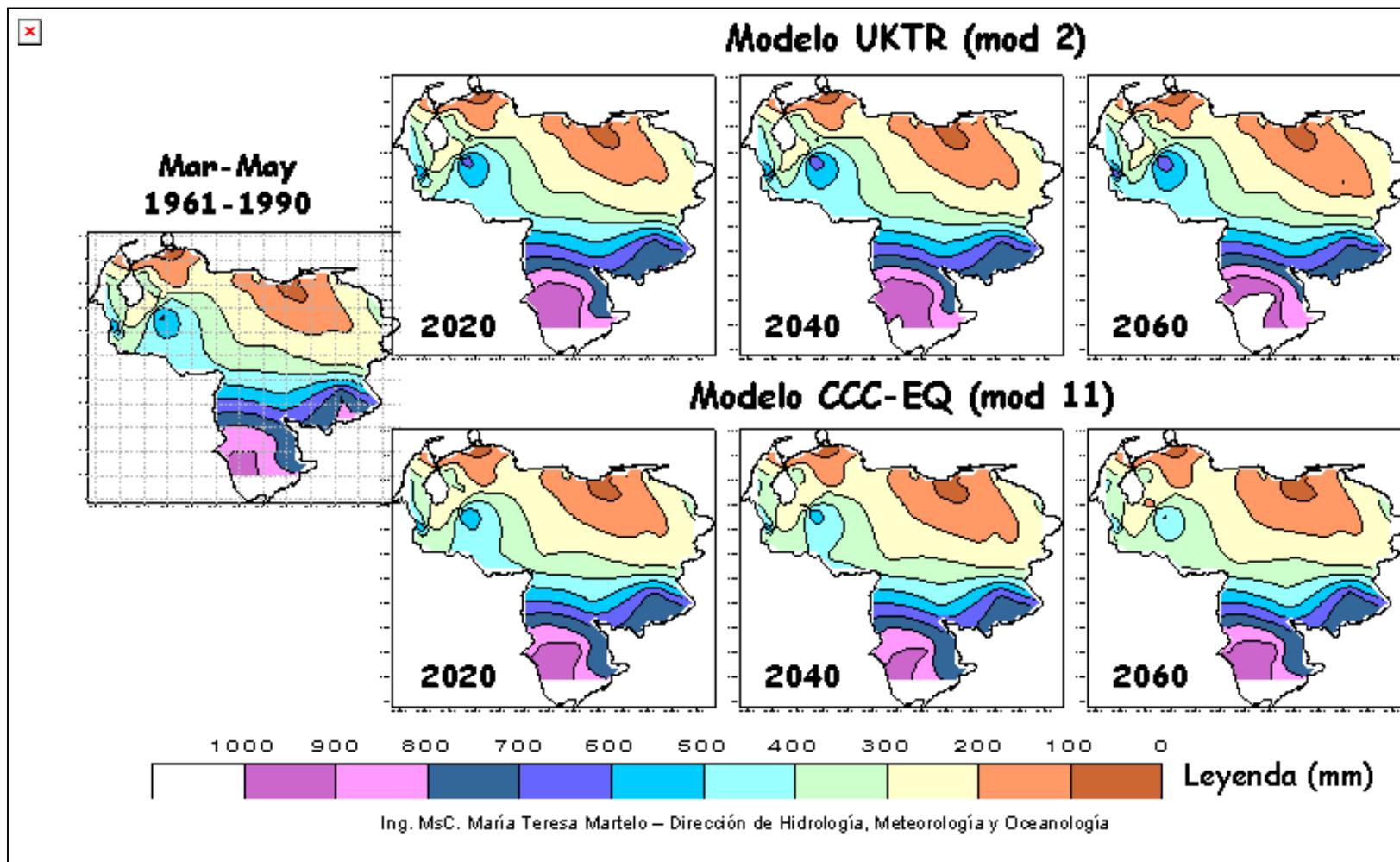


Figura 5.5. Comparación entre la Precipitación trimestral Mar-May actual (1961-1990) y la Precipitación Trimestral Media Futura según los modelos UKTR (mod2) y CCC-EQ (mod11) para el 2060 bajo el Escenario Climático Intermedio (SRES-A2, Sensitividad Climática Media 2,5°C)

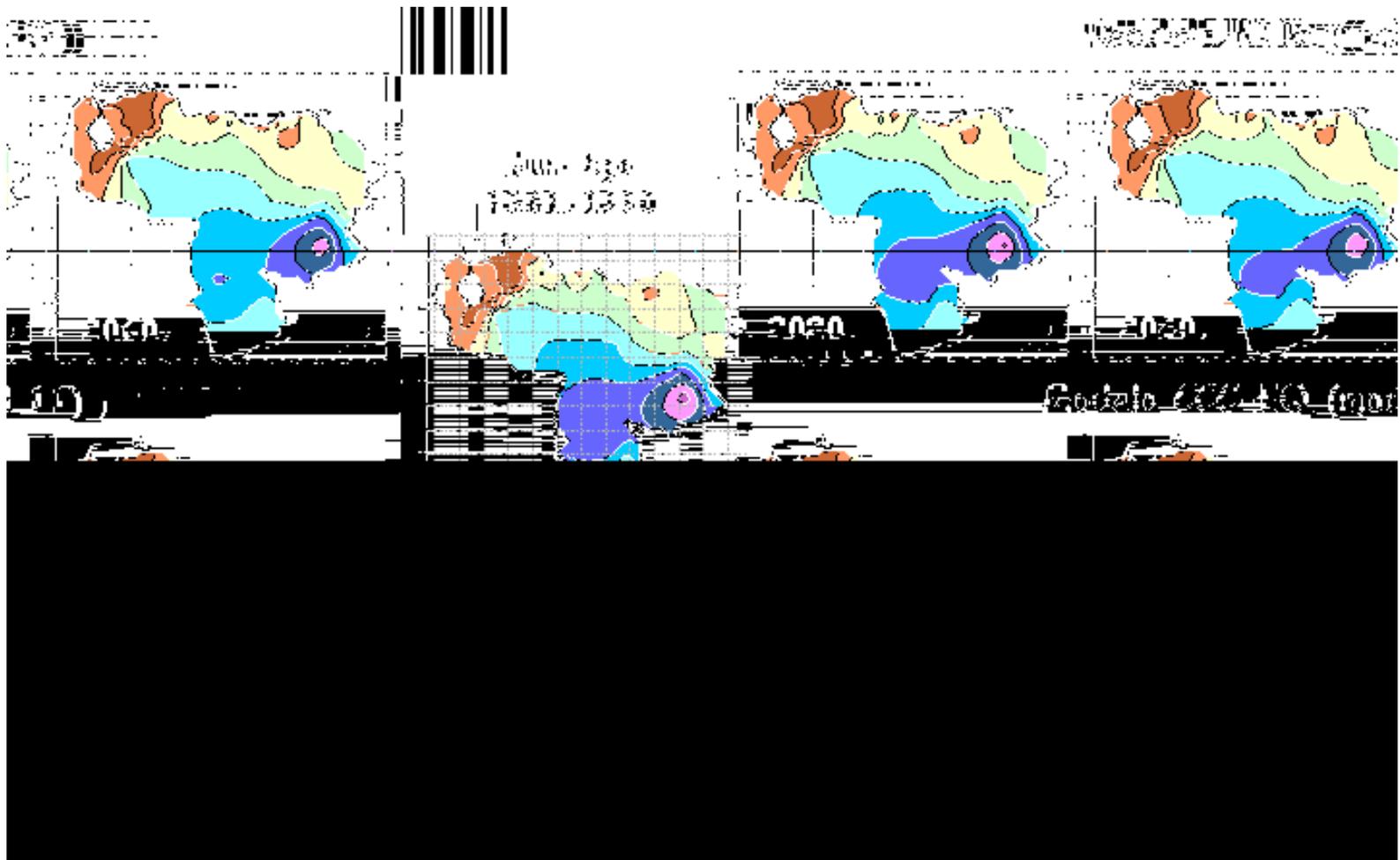


Figura 5.6. Comparación entre la Precipitación trimestral Jun-Ago Actual (1961-1990) y la Precipitación Trimestral Media Futura según los modelos UKTR (mod2) y CCC-EQ (mod11) para el 2060 bajo el Escenario Climático Intermedio (SRES-A2, Sensitividad Climática Media 2,5°C)

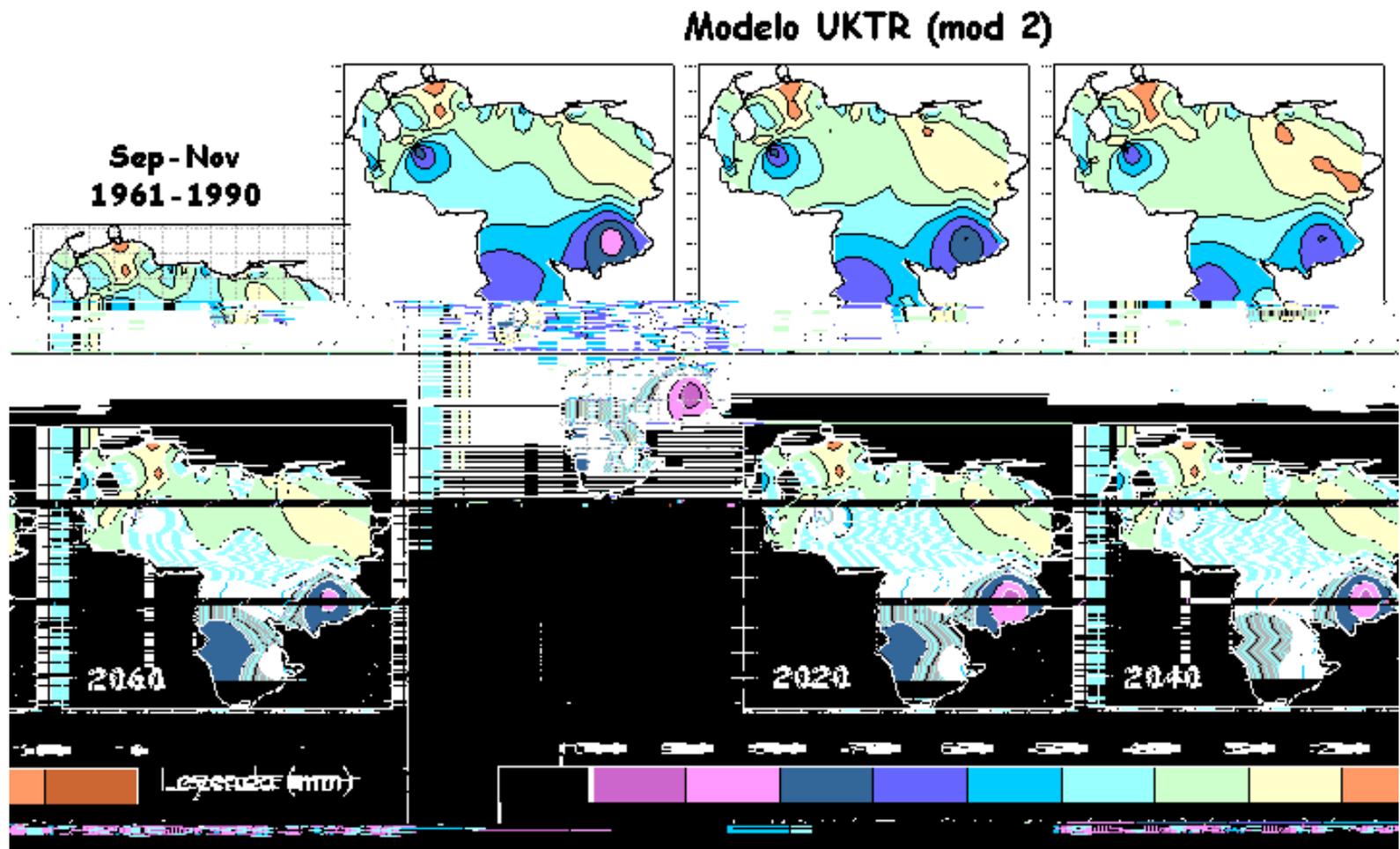


Figura 5.7. Comparación entre la Precipitación trimestral Sep-Nov Actual (1961-1990) y la Precipitación Trimestral Media Futura según los modelos UKTR (mod2) y CCC-EQ (mod11) para el 2060 bajo el Escenario Climático Intermedio (SRES-A2, Sensitividad Climática Media 2,5°C)

5.3.3 Cambios en los patrones de tipos climáticos según Thornthwaite

En Venezuela existe una gran variedad de tipos climáticos, lo cual es una de las causas de nuestra enorme biodiversidad. Para este trabajo se utilizó la clasificación de Thornthwaite, que se seleccionó con preferencia a la de Köeppen, ya que ésta última se basa principalmente en la temperatura, elemento poco variable espacialmente en el trópico, mientras que Thornthwaite se basa en el régimen hídrico, que presenta mucha variación.

En el país se presenta la gama completa de tipos climáticos de Thornthwaite, de los áridos a los superhúmedos. En la Figura 5.8 se presenta, con base en los Balances Hídricos corridos en las 103 estaciones, la distribución actual del Índice Hídrico, que determina el tipo climático.

Puede observarse que prácticamente toda el área al norte del 9º N, con las excepciones de Barlovento, los valles de Aroa y Yaracuy y parte del Delta, presenta los tres tipos de climas secos (árido, semiárido y sub-húmedo seco), que la Convención de las Naciones Unidas para la Desertificación y Lucha contra la Sequía considera como climas críticos. En esta zona tan vulnerable climática y morfológicamente (Cordillera de la Costa y Macizo de Turimiquire), se concentra la mayoría de la población y de las actividades socioeconómicas. A medida que aumenta el número de habitantes, se incrementa la presión sobre el recurso hídrico que es, climáticamente hablando, escaso, por lo que la vulnerabilidad de los sistemas de abastecimiento de agua se ha incrementado significativamente en los últimos años.

En la Figura 5.9 se presenta la distribución espacial de los tipos climáticos en el futuro, según los dos modelos corridos para el Escenario Climático Intermedio.

Nuevamente se nota la influencia diferenciada de los dos modelos: mod2 (UKTR) arroja una afectación significativa del sur y del oriente del país, llegando en el 2060 a cambiar la clasificación de la cuenca del río Caroní de super-húmedo a muy húmedo, y ampliando significativamente el área semiárida de la Cuenca de Unare hacia todos los llanos orientales y el norte de Bolívar. Mod11 (CCC-EQ) indica que se afecta más al occidente: se incrementa significativamente el área de Lara-Falcón hasta ocupar los Andes Centrales, y prácticamente desaparece, en el 2060, el área sub-húmeda seca de la costa oriental del Lago de Maracaibo. En la costa central, ambos modelos disminuyen el área sub-húmeda húmeda de Barlovento e incrementan el área semiárida de la Depresión del Lago de Valencia.

De un análisis somero de los cambios de la superficie ocupada por cada tipo climático en el futuro respecto a la situación actual, se pudo observar que hoy aproximadamente un 2% del área nacional está ocupada por el clima árido, un 11% por el semiárido y un 26% por el sub-húmedo seco, lo que implica que cerca del 39% del territorio está bajo climas secos, que son más vulnerables a la desertificación. Ambos modelos simulan que hacia el 2060 el porcentaje del territorio nacional bajo los tres climas secos se incrementará a más de 47%.

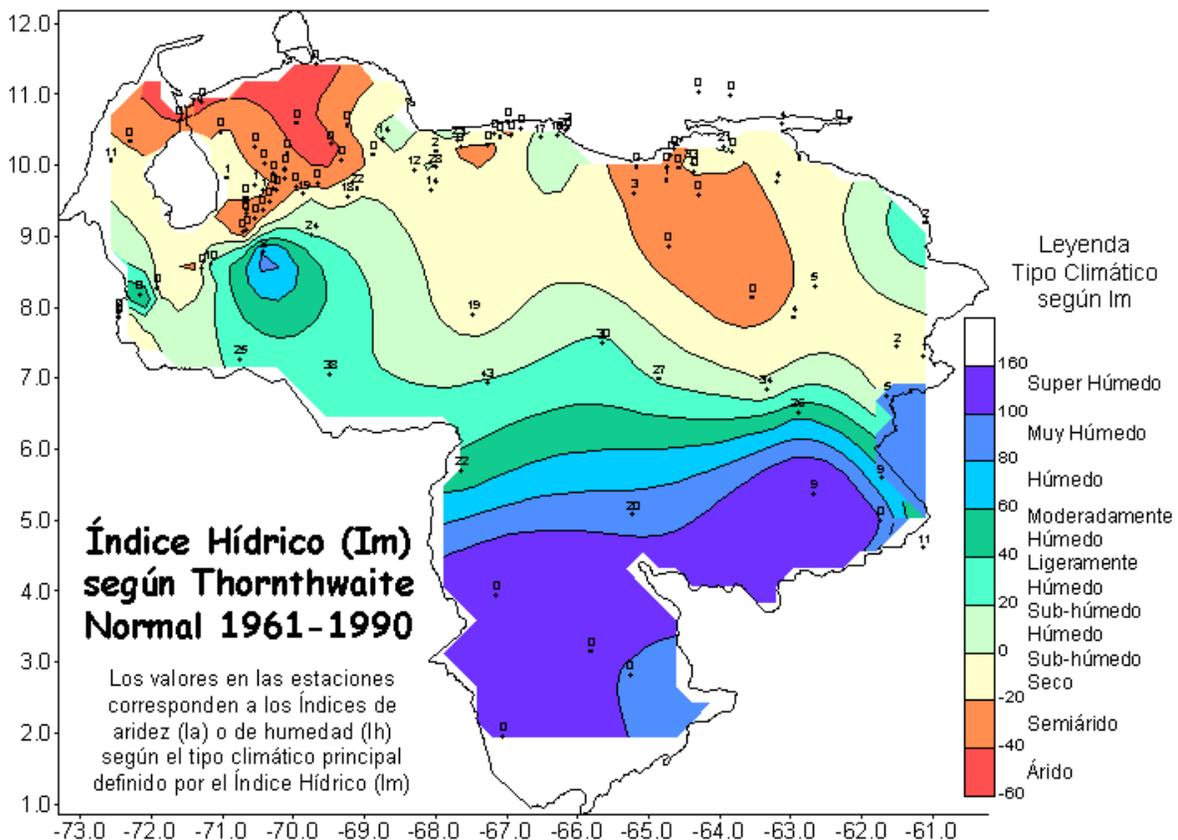


Figura 5.8. Distribución actual (1961-1990) de los tipos climáticos según Thornthwaite.

El cambio de tipos climáticos de sub-húmedos secos a semiáridos es especialmente grave en las zonas agrícolas, ya que un país del trópico húmedo como es Venezuela, el principal disparador de la desertificación es el mal manejo de las tierras agrícolas. Esta problemática indica la necesidad de tomar medidas de adaptación urgentes en el sector agrícola, ya que la degradación de la tierra tiene enormes implicaciones negativas para el desarrollo sostenible.

5.3.4 Cambios en los patrones del número de meses húmedos

Al realizar los Balances Hídricos clásicos (Martelo y Puche, 1997) se usó las características que se usaron fueron: un suelo de 1 m de profundidad, 100 mm de capacidad máxima de almacenamiento y 90% de lluvia efectiva. Aunque éstas no son las características ideales para un balance de cultivos, se puede tener una aproximación de la duración de la época de crecimiento al analizar los meses en los que la Evapotranspiración real es igual a la Evapotranspiración Potencial (ETR = ETP), condición que implica que se cubre el requerimiento máximo de agua del ambiente.

Dado que el tipo climático se define con base a rangos de valores del Índice Hídrico, es factible que zonas con climas sub-húmedos secos y sub-húmedos húmedos tengan sin embargo el mismo número de meses húmedos, lo que explica por qué un cultivo puede crecer en zonas climáticas distintas.

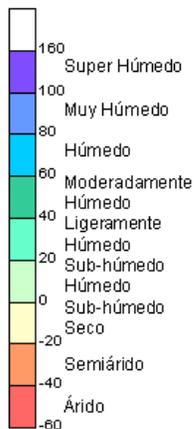
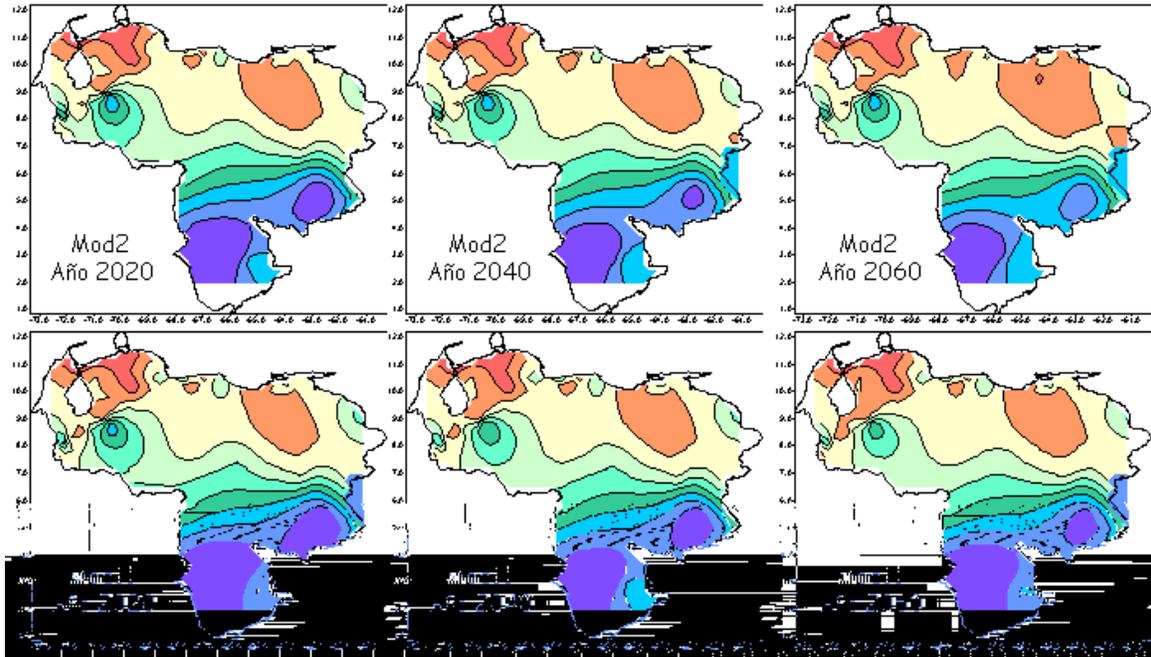


Figura 5.9. Distribución espacial de los tipos climáticos de Thornthwaite según los modelos UKTR (Mod2) y CCC-EQ (Mod11) para 2020, 2040, 2060, bajo el Escenario Climático Intermedio (SRES-A2, Sensitividad Climática Media 2,5°C).

Para este análisis se presentan en la Figura 5.10 los mapas comparativos de la situación actual (1961-1990) con la situación futura, pero sólo en 2060, según los dos modelos del Escenario de Cambio Intermedio.

En estos mapas también se observa el comportamiento diferenciado de los dos modelos: el UKTR indica una disminución significativa del área con más de 10 meses húmedos en el sur de Bolívar, y un incremento significativo del área con menos de 2 meses húmedos en la Cuenca de Unare y costa centro-oriental. Por su parte, CCC-EQ arroja que se afecta mucho más al occidente, extendiendo la zona con menos de 4 meses húmedos a la totalidad de los Andes, incluyendo grandes áreas con una muy severa situación de 2 meses húmedos, sin embargo, en la costa oriental del Lago de Maracaibo aumenta ligeramente el área con 2-4 meses húmedos y disminuye ligeramente el

área con menos de 2 meses húmedos. Ambos modelos disminuyen significativamente el área húmeda de Barlovento y, especialmente CCC-EQ, incrementa la superficie de Depresión del Lago de Valencia con menos de 4 meses húmedos al año.

Especialmente grave sería la expansión de la superficie con menos de 4 meses húmedos para los Andes y la Depresión del Lago de Valencia. En los Andes se concentra actualmente el 77% de la producción nacional de café, el 96% de la producción de papa y el 36% de la producción de hortalizas (tomate, cebolla, zanahoria, pimentón y todas las hortalizas de piso alto); por su parte, en los alrededores del Lago de Valencia se produce el 18% de la producción nacional de tomate, y se concentra una enorme proporción de ganado porcino (más del 70% del rebaño nacional) así como más del 60% de los pollos de engorde (Cárdenas, Martelo, García y Gil, 2003).

La redistribución de las áreas con diferentes longitudes de período de crecimiento puede implicar cambios significativos en el tipo de cultivos que actualmente se siembran en cada área (por ejemplo, un incremento en cultivos que utilizan poco agua y resisten sequía) así como en la organización de las labores agrícolas. Asimismo, significa cambios en los patrones y cantidades de riego actualmente utilizados en el país, que deberían modificarse para adaptarse a las nuevas situaciones.

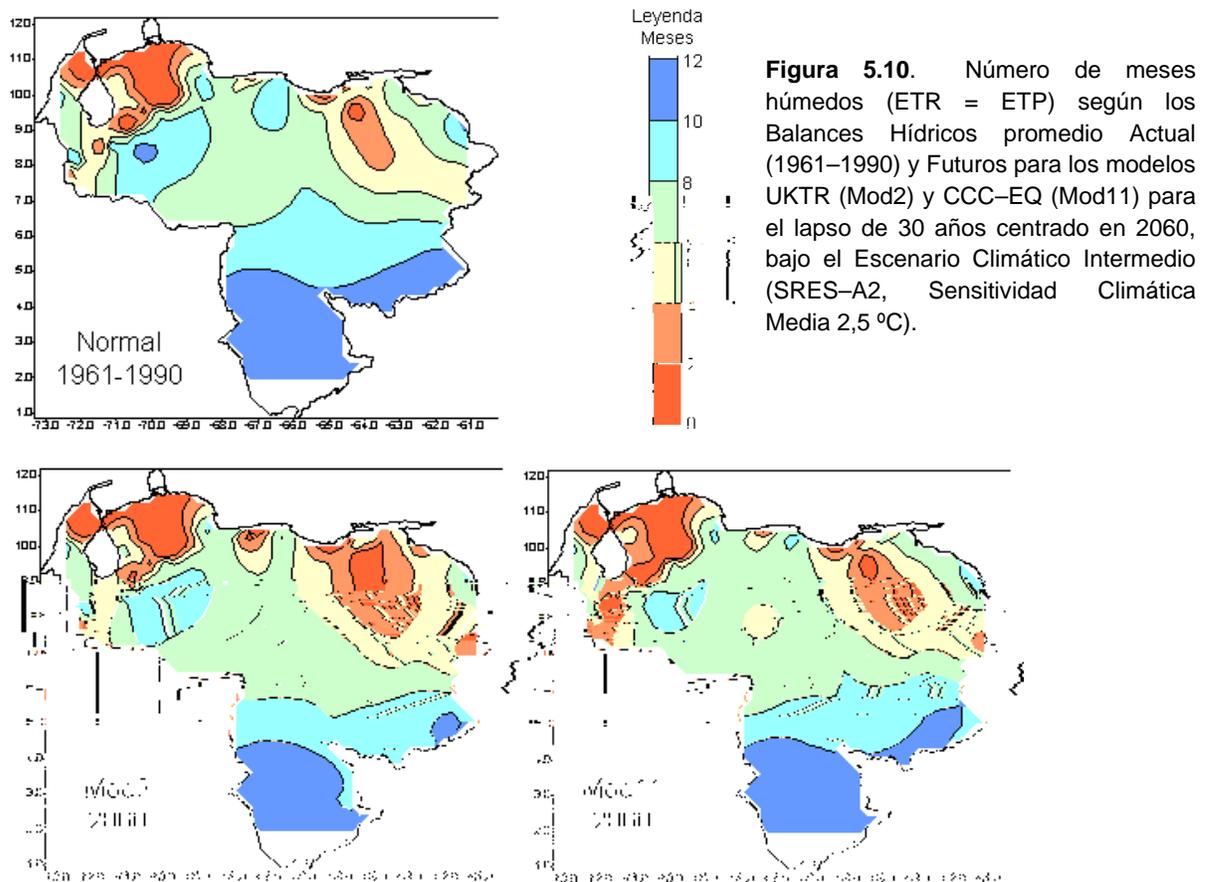


Figura 5.10. Número de meses húmedos (ETR = ETP) según los Balances Hídricos promedio Actual (1961–1990) y Futuros para los modelos UKTR (Mod2) y CCC–EQ (Mod11) para el lapso de 30 años centrado en 2060, bajo el Escenario Climático Intermedio (SRES–A2, Sensitividad Climática Media 2,5 °C).

5.3.5. Cambios en los patrones de excesos de agua

Dado que los modelos seleccionados simulan en general un futuro más seco y una mayor pérdida de agua por evapotranspiración, es esperable que simulen una disminución de los excesos de agua. En la Figura 5.11 se muestra la distribución espacial del exceso anual para la situación actual (1961-1990) y las situaciones futuras en el 2060, según los dos modelos (el UKTR y el CCC-EQ) para el Escenario Climático Intermedio.

En algunas zonas del país y en algún momento del año, ambos modelos simulan un incremento en la precipitación, y en algunos casos éste es lo suficientemente grande para contrarrestar el incremento de la pérdida de agua (ETP), con lo cual simulan un aumento en el escurrimiento. Este es especialmente el caso con el CCC-EQ tanto para la simulación anual como en los trimestres Jun-Ago y Sep-Nov en la zona costera al norte de los 10° N. Por esta razón se produjo un detalle del mapa del Exceso Anual para esta zona, en escala más pequeña, como se muestra en la Figura 5.12.

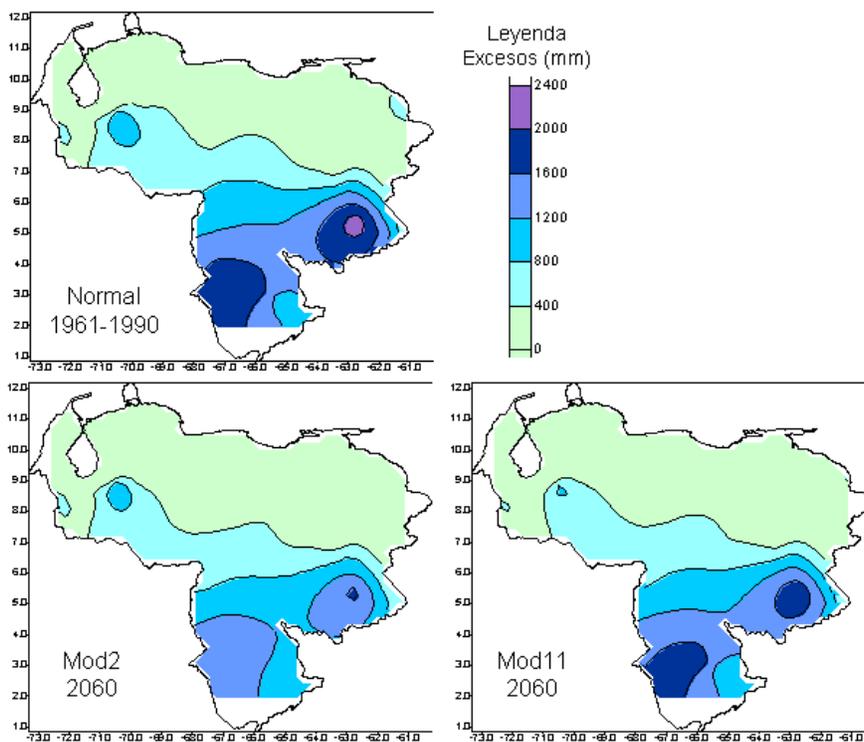


Figura 5.11. Exceso Anual (mm) Actual (1961-1990) y Futuro según los modelos UKTR (Mod2) y CCC-EQ (Mod11) para el lapso de 30 años centrado en 2060, bajo el Escenario Climático Intermedio (SRES-A2, Sensitividad Climática Media, 2,5°C)

Puede observarse que hay dos zonas en particular donde el exceso anual aumenta. En primer lugar, hacia centro-occidente, desde la zona oriental de Falcón continuando por la de Yaracuy y Carabobo; cabe destacar que este incremento del exceso se da específicamente en la zona

costera, es decir, en la ladera norte de la Cordillera de la Costa, mientras que en la ladera sur, se nota una disminución del exceso. La segunda zona donde aumenta el exceso está en oriente, en el Turimiquire; en este caso, es la ladera sur la que muestra el incremento. Entre ambas zonas, en toda la costa central, no se observan cambios en la ladera norte, mientras en la ladera sur, como en el occidente, disminuye el exceso.

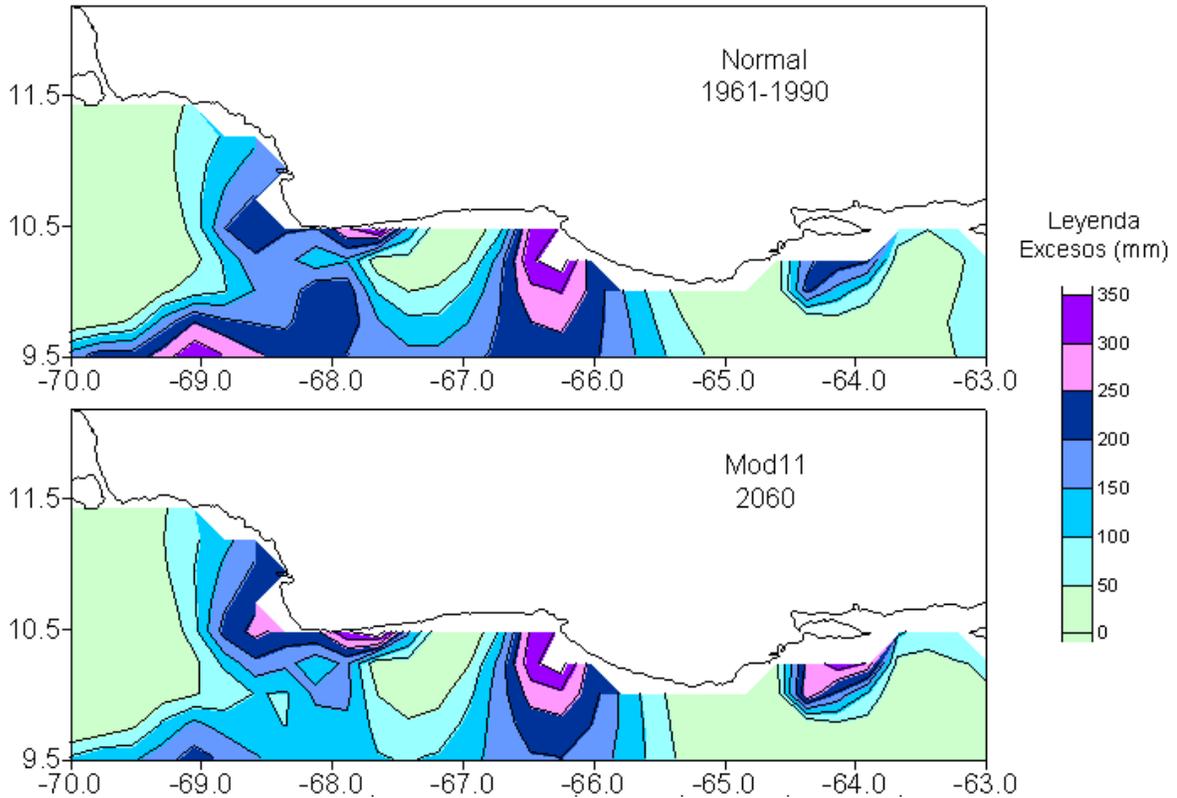


Figura 5.12. Exceso Anual (mm) Actual (1961-1990) y Futuro según los modelos UKTR (Mod2) y CCC-EQ (Mod11) para el lapso de 30 años centrado en 2060, bajo el Escenario Climático Intermedio (SRES-A2, Sensitividad Climática Media, 2,5°C) – Escala Ampliada.

El mayor cambio ocurriría en oriente, donde el exceso anual pasa del rango de 200-250 mm al de 300-350 mm. Si mod11 está representando correctamente el funcionamiento climático en el norte del país, entonces el riesgo de inundaciones repentinas, deslaves y aludes de lodo hacia la Cordillera de la Costa puede aumentar significativamente.

Por otra parte, la disminución del exceso que simulan ambos modelos en el sur de Bolívar es un elemento muy grave, que puede influir negativamente sobre el caudal del Río Caroní, en consecuencia sobre el nivel de la represa de Guri, y en consecuencia sobre la capacidad de generación de energía hidroeléctrica en el primer embalse del país. Sería necesario comenzar a

pensar en medidas de adaptación para el manejo de este embalse, ya que cualquier alteración en su funcionamiento compromete la política energética nacional.

5.3.6 Medidas posibles de adaptación

Las medidas y/o políticas de adaptación a los cambios en el régimen hídrico cubren un amplio espectro de posibilidades, incluyendo los siguientes aspectos:

- Legales (por ejemplo, normativas de uso del agua, creación de la “policía del agua”).
- Económicos (por ejemplo, modificación del precio del agua y creación de “mercados del agua”).
- Fiscales (tanto incentivos como penalizaciones, por ejemplo, a través de impuestos, según se necesiten para garantizar el uso adecuado del recurso agua).
- De ordenamiento territorial (por ejemplo, zonificación de zonas protegidas por ser fuentes de agua).
- De reforzamiento intra e interinstitucional (por ejemplo, lograr el manejo integrado de cuencas).
- Sociales (por ejemplo, organización de las comunidades rurales para la gestión del agua).
- De investigación (por ejemplo, desarrollo de tecnologías más eficientes para recolección, reciclaje, transporte y disposición del agua, entre otras).
- Construcción de infraestructura.

La adaptación a los cambios en el régimen térmico es un problema mayor, ya que las posibles medidas son más restringidas, y además muchas de ellas implican un mayor uso del agua y energía. En el área agrícola la más importante sería el desarrollo de variedades resistentes al calor, y en los asentamientos urbanos una reorientación del estilo de construcciones, aprovechando el calentamiento-enfriamiento pasivo y aumentando las zonas verdes.

Con relación a los eventos extremos, los tipos principales de medidas de adaptación son por un lado el desarrollo de sistemas de prevención y alerta temprana, lo que implica un desembolso importante en mantener y mejorar las redes de mediciones básicas (climáticas y de otros factores), y por otro lado, el manejo integrado de riesgos, que tiene a su vez relaciones profundas con las actividades de ordenamiento territorial y de preparación para enfrentar desastres.

Las medidas y/o políticas de adaptación a los impactos del cambio climático son una necesidad real que deben ser encaradas con urgencia. En general se considera que las medidas de adaptación ante los cambios en la temperatura son menos extensas y de mayor costo de aplicación que las medidas de adaptación posibles ante los cambios en los recursos hídricos.

5.4 Impactos en el sector agrícola

En esta sección se presenta la evaluación del impacto de cambio climático sobre algunos aspectos de la agricultura venezolana, entre ellos los rendimientos de cultivos prioritarios, a través del análisis de la respuesta simulada de cultivos seleccionados a condiciones climáticas futuras según los dos modelos corridos para el escenario climático intermedio.

La respuesta de diversos cultivos al clima (actual y futuros) fue evaluada con los modelos DSSAT (Puche, Silva y Warnock, 2004) en cuatro localidades agrícolas de Venezuela. Para ello, se cumplieron las siguientes fases:

- Selección de localidades y cultivos.
- Obtención de información climática actual.
- Generación de la información climática futura.
- Aplicación de los modelos DSSAT a las diversas localidades, con cultivos y manejo representativos en los escenarios climáticos actuales y futuros.

Los cultivos seleccionados fueron maíz (*Zea mays* L.), arroz (*Oryza sativa* L.) y caraota (*Phaseolus vulgaris* L.) porque representan la base del suministro de carbohidratos y proteínas del venezolano y se cuenta con experiencias de calibración para variedades locales utilizando los programas de DSSAT.

Se seleccionaron las localidades El Tigre, Santa Cruz, Turén y Calabozo según una combinación de los siguientes criterios: a) la importancia agrícola de la zona para los cultivos seleccionados, b) la existencia de información básica climática, de suelos y cultivo, y c) la distribución sobre las diferentes grillas de 5° x 5°.

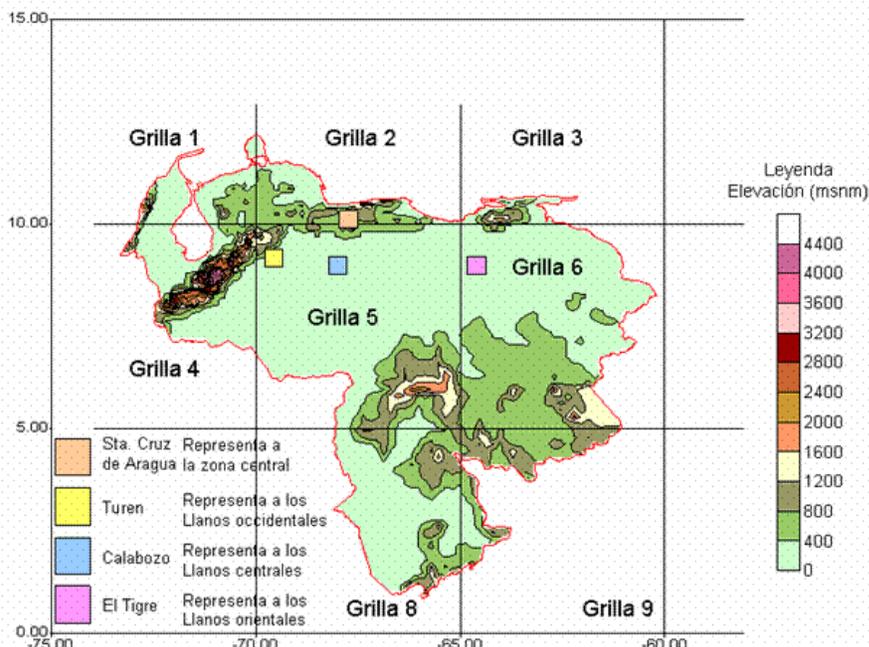


Figura ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.5.13
Ubicación espacial de las localidades seleccionadas para la evaluación del impacto del cambio climático en el sector agrícola.

En el Cuadro 5.2 se resumen las características generales de las localidades seleccionadas y en el número de grilla donde se encuentran ubicadas.

Cuadro 5.2. Características generales de las localidades seleccionadas para la evaluación del impacto del cambio climático en el sector agrícola.

Localidad	Estado	Estación Climatológica	Serial	Latitud	Longitud	Altura (msnm)	Grilla
El Tigre	Anzoátegui	El Tigre-CIA-Guanipa	3715	8°52'	64°13'	265	6
Santa Cruz	Aragua	Santa Cruz Edafológica	0417	10°10'	67°29'	444	2
Calabozo	Guárico	Biológica de Los Llanos	3400	8°53'	67°19'	86	5
Turén	Portuguesa	Colonia Turén IAN	2277	9°15'	69°06'	275	4

En cuanto a condiciones climáticas futuras, se utilizaron las condiciones de precipitación y temperatura simuladas por los dos modelos, **UKTR** y **CCC-EQ**, aplicados en el escenario climático intermedio (escenario de emisiones SRES-A2 y sensibilidad media de 2,5°C). En términos generales, estos modelos predicen incrementos de la temperatura promedio y disminución de la precipitación con relación a la situación actual.

Se emplearon valores de precipitación, radiación global, temperatura máxima y mínima de 20 años de registros diarios del periodo 1971-1990, que presentaron, en general, muy pocos datos faltantes. Para completar las series, se utilizó el generador de datos WGEN de DSSAT (Richardson y Wright, 1984).

Para los escenarios futuros se generaron seis nuevas series de datos diarios, con longitud de 20 años cada una, correspondientes a los tres lapsos futuros (2020, 2040 y 2060) para cada uno de los dos modelos. Se consideraron cambios en la precipitación y temperatura, pero no en la concentración de CO₂ ni en la radiación.

En el caso de la precipitación se aplicó la tasa de cambio predicha por los modelos climáticos a cada uno de los días para los 20 años de registro.

Para convertir el cambio en la temperatura media (ΔT_{med}) estimado por los modelos de cambio climático en valores diarios de temperaturas máximas y mínimas, se aplicaron proporciones a los valores actuales. Para ello, se asumió que el incremento de la temperatura mínima ($\Delta T_{mín}$) es el doble que el de la máxima ($\Delta T_{máx}$) (IPCC, 2001a).

Los parámetros fisiológicos requeridos por DSSAT para cada cultivo fueron obtenidos de investigaciones previas realizadas en Venezuela (Álvarez, 2003; Comerma, 1985; Warnock, 1999). Las variedades o híbridos para las evaluaciones fueron seleccionados de acuerdo a la existencia de información nacional sobre sus parámetros fisiológicos y su uso en las localidades de estudio.

El cultivo, de maíz dada su importancia estratégica y económica, fue analizado en las cuatro localidades, la caraota fue analizada sólo en las localidades de Santa Cruz y El Tigre, y el arroz fue analizado en las localidades de Calabozo y Turén. En la localidad de El Tigre, ambos

cultivos (maíz y caraota) se simularon bajo riego, y para el arroz se simuló riego complementario en las dos localidades.

5.4.1 Características de la agricultura y los agroecosistemas de Venezuela

De acuerdo al VI Censo Agrícola (1998) en el país existen 500.979 explotaciones agrícolas, que abarcan 30.071.191,77 ha del territorio nacional. En relación a la distribución de las explotaciones por entidad, el Estado Trujillo se destaca con 8% de las explotaciones, seguido por los Estados Lara, Mérida y Zulia (7%), Portuguesa y Guárico (6%), los demás estados con menor cantidad de explotaciones. El 48% de las explotaciones presentan superficies menores de 5 hectáreas, el 15,03% superficies entre 5 y 10 hectáreas y el 9% áreas superiores a 100 hectáreas. Del aprovechamiento de la tierra a nivel nacional, se encontró que el porcentaje más alto se ubica en los pastos y forrajes (57% de la superficie agrícola es de este tipo), mientras que el componente forestal abarca 30%, los cultivos de ciclo corto o anual (4,4%), los permanentes y semipermanentes (3,2%), las tierras en descanso o tierras preparadas para la siembra (2,2%).

El 94,3% del aprovechamiento agrícola de las tierras en Venezuela se realiza bajo las condiciones naturales del clima; solo el 5,7% del aprovechamiento se realiza bajo riego, bajo esta última modalidad la mayor superficie la ocupan el arroz, cereales, la caña de azúcar, y las hortalizas y los frutales en pisos bajos, con menor ocupación pero de la misma importancia áreas hortícolas y de frutales en los pisos premontanos y montanos, unido al riego, esta agricultura demanda materiales genéticos de altos rendimientos, uso intensivo de los suelos y del agua y muy dependientes de insumos tecnológicos que generan o pueden generar problemas de deterioro de los recursos naturales y contaminación ambiental. El 80% de la extensión de tierras regadas es mediante riego por superficie, el 16% por aspersión y 4% con riego localizado.

Las posibilidades y las necesidades de incrementar la superficie bajo riego son altas; para reducir la vulnerabilidad de la agricultura asociada a la variabilidad del régimen de precipitaciones, se requiere poner bajo riego 1,7 millones de ha, basado en el indicador de requerimientos de 700 m² de tierra regada por habitante, teniendo como meta el 2018 de las cuales el 35% sería regada a partir de aguas subterráneas y el 65% a partir de aguas superficiales.

En Venezuela se estima que existen 7.950.000 ha para agricultura vegetal, 9.280.000 ha para explotación mixta (agricultura vegetal y ganadería), 18.420.000 ha para uso pecuario y 19.460.000 ha para uso forestal.

Las estadísticas del Ministerio de Agricultura y Tierras para el 2003, indican que los estados con más superficie bajo agricultura vegetal son Guárico, Portuguesa y Barinas y en superficie bajo pastos cultivados los estados Zulia, Falcón y Barinas debido a su asociación con la ganadería.

Los rubros más importantes de la agricultura vegetal son los siguientes: cereales (maíz, arroz y sorgo) en los estados Portuguesa, Guarico y Barinas; la caña de azúcar en Portuguesa, Lara y Yaracuy; la caña para panela en los estados Mérida, Tachira y Trujillo; cacao en Sucre, Miranda, Mérida y Monagas; café en Lara, Portuguesa, Táchira, Mérida, Trujillo, Sucre y Monagas; los frutales de mayor importancia en los estados Aragua, Barinas, Carabobo, Guárico, Lara, Miranda, Trujillo, Sucre y Zulia; los textiles y oleaginosas se ubican principalmente en los estados Barinas, Guarico, Falcón, Lara, Monagas, Portuguesa, Sucre y Zulia; las raíces y tubérculos tienen su mayor extensión en los estados Anzoátegui, Bolívar, Cojedes, Lara, Miranda, Mérida, Sucre, Trujillo y Yaracuy. Las mayores áreas de cultivos de granos leguminosos se ubican en Apure, Barinas, Cojedes y Guárico; Las mayores superficies de siembras de hortalizas se encuentran en Aragua, Guárico, Lara, Mérida y Trujillo.

Por otra parte, la agricultura animal está conformada por las ganaderías bovina, porcina, ovina y caprina, y aves. En esta sección se considerará solo a la ganadería bovina por su alto predominio y la mayor demandante de tierras y aguas.

En la ganadería bovina se pueden considerar tres grandes sistemas: extensivo llanero, doble propósito e intensivo.

El sistema extensivo, típico de los llanos venezolanos, es particularmente extractivo y tiene enormes dificultades para su intensificación, principalmente en las áreas de sabanas donde las fuertes limitantes de clima y de suelos, se traducen en baja eficiencia reproductiva y alta mortalidad, relacionada a la ausencia o deficiencia de planes de manejo sanitario. Se destaca además de las difíciles condiciones en el cual se desarrolla, la fuerte resistencia de los productores a la inversión productiva.

El sistema de doble propósito, es el más importante ya que es el responsable de más del 60% de la leche y del 40% de la carne producidas en el país. No obstante se caracteriza por muy bajos niveles de productividad y está estructurado sobre la base de procesos de colonización de nuevas tierras. Es característica la escasez de recursos en las unidades de producción; muy pocas o inadecuadas instalaciones, el predominio de animales de heterogénea configuración y diferentes niveles productivos, con pobres condiciones de alimentación y manejo.

En algunas áreas se observan tendencias de mejoras en la alimentación, el mestizaje y a la suplementación con mezclas de concentrados y sales minerales a las vacas de ordeño.

El sistema intensivo se ubica en los valles de las zonas montañosas, donde se le conoce como ganadería de altura, así como en algunas zonas particulares de las regiones central, centro occidental y zuliana, con razas un poco más especializada hacia leche o con un mejoramiento productivo del doble propósito

Las estadísticas generales sobre la productividad del rebaño nacional de bovino estimado en 12.000.000 de cabezas, indican que el porcentaje del rebaño ordenado está por debajo del 9 % y la producción de leche por vaca apenas supera los 1.000 kg por lactancia; el porcentaje del

rebaño que va a matadero por año no llega al 12% y la edad a que llegan los novillos al sacrificio está alrededor de 4 años, situación que indica que se debe hacer un gran esfuerzo para mejorar esta situación, planteándose como meta incrementar el porcentaje de ordeño a 14 % y la lactancia a 2000 Kg, el porcentaje de sacrificio a 15% y disminuir la edad de sacrificio a por lo menos 3 años para poder alcanzar las expectativas del mejoramiento del consumo estimado para el 2018 en 2.760 millones de litros de leche y un millón de toneladas de carne por año.

5.4.2 Cambios en los rendimientos

Los tres cultivos estudiados mostraron una tendencia similar a lo largo de las condiciones futuras simuladas por los dos modelos climáticos; en general los rendimientos mostraron una tendencia decreciente, con mayor expresión en las condiciones climáticas predichas por UKTR (Cuadro 5.3). Los modelos no presentaron variaciones significativas en el índice de cosecha, y éste se mantuvo alrededor de 0,3 en maíz, de 0,4 en caraota y 0,5 en arroz.

Cuadro 5.3. Reducciones en los rendimientos de los cultivos para los períodos 2020 y 2060 con relación al período actual (promedio 1960–1990).

	2020	2060
Maíz	2,3 a 4,4 %	6,2 a 12,0 %
Caraota	2,2 a 13,4%	8,7 a 43,2%
Arroz	3,1 a 4,4 %	7,6 a 11,8 %

En términos de valores, ello representa para el 2020, dependiendo de la localidad disminuciones entre 116 y 204 kg/ha en maíz, entre 42 y 240 kg/ha en caraota y entre 493 y 494 kg/ha en arroz.

Los incrementos en la temperatura mínima parecen ser el factor principal en las reducciones de los rendimientos (incluso en las localidades donde se simularon los cultivos bajo riego se obtienen menores rendimiento futuros), mientras que las variaciones en precipitación, y otras variables asociadas al balance hídrico, afectarían en poca medida el rendimiento de los cultivos. Las reducciones de rendimiento pueden obedecer principalmente al incremento de las pérdidas por respiración debido a las temperaturas nocturnas más elevadas.

Destaca que la sensibilidad de los cultivos ante cambios en el clima fue diversa según la localidad y los modelos climáticos. Para maíz con CCC-EQ, las variaciones de rendimiento entre localidades fueron más homogéneas que con UKTR. Para la caraota, las variaciones porcentuales entre localidades son mayores: en El Tigre, de acuerdo a los dos modelos y lapsos de tiempo, habrá mayor impacto de los cambios climáticos que en Santa Cruz. Para el arroz, Turén, con rendimientos actuales ligeramente menores que los de Calabozo, presenta

reducciones de rendimientos ligeramente mayores. En general, UKTR estimó mayores variaciones durante el ciclo de los cultivos que CCC-EQ.

Los modelos de cultivo empleados atribuyen reducciones de los rendimientos a la reducción del ciclo, disminución de la tasa de fotosíntesis, incremento de la tasa de respiración, déficit de agua y cambios en índice de cosecha.

5.4.3 Cambios en el uso de agua

El comportamiento de la evapotranspiración acumulada potencial (ETCP) y real (ETCR), y el déficit hídrico durante el ciclo de cultivo (ETCP - ETCR) presenta diferencias entre modelos, cultivos y localidades, aunque en general, las variaciones en el futuro con relación al lapso actual son pequeñas (Cuadro 5.4).

Las disminuciones en evapotranspiración acumulada potencial son explicables por el acortamiento del ciclo de los cultivos, ya que equivalen a la evapotranspiración de uno a tres días, similares a las reducciones predichas en la duración de los ciclos. Las disminuciones en evapotranspiración acumulada real se deben, además, a la reducción en la disponibilidad de agua por disminución de la precipitación.

En cuanto al déficit, no se puede generalizar una tendencia. En todos los casos las variaciones del déficit son pequeñas, para el 2020 representan diferencias iguales o inferiores a 2 mm con relación al lapso actual. Para el 2060 representa incrementos de hasta 6,9 mm. Considerando los valores de evapotranspiración acumulada y las duraciones del ciclo, esto representa la demanda de agua de menos de dos días.

Cuadro 5.4. Variaciones en las variables relacionadas con el uso del agua de los cultivos para los períodos 2020 y 2060 con relación al período actual.

		Actual (mm)	Variación (%)	
			2020	2060
Maíz	ETCP	432 a 476	-0,6 a -1,9	-2,4 a -4,9
	ETCR	402 a 439	-0,5 a -2	-3,1 a -5,1
	Déficit	22 a 38	-1,4 a 6,4	-2,4 a 8,6
Caraota	ETCP	300 a 312	0,4 a 0,9	1,4 a 4
	ETCR	228 a 260	-0,3 a 0,8	-0,9 a 2,4
	Déficit	39 a 83	-0,2 a 5,1	-2,6 a 16,7
Arroz	ETCP y ETCR ¹	500 a 541	-1,3 a -2,3	-2,9 a -4,3

1. No existe déficit debido al uso de riego complementario en todas las simulaciones.

5.4.4 Cambios en la longitud de las fases fenológicas

Aunque los modelos de cambio climático mostraron diferencias en las temperaturas predichas, la longitud del ciclo y el tiempo a floración se redujeron muy ligeramente (Cuadro 5.5).

Cuadro 5.5. Reducciones en la longitud del ciclo de los cultivos para los períodos 2020 y 2060 con relación al período actual.

Cultivo	2020	2060
Maíz	1,8 a 2,7%	5,4 a 6,9%
Caraota	0 a 0,3%	0,3 a 0,6%
Arroz	2,3 a 3,1%	5 a 6,6%

Para maíz y arroz, la longitud del ciclo (días desde la siembra hasta la madurez fisiológica), presenta disminuciones menores a 8% en el 2060 con ambos modelos de cambio climático, esto puede explicarse debido al incremento de la temperatura, que acelera los procesos de desarrollo del cultivo. En caraota, se presentan reducciones más pequeñas que en maíz, y en todos los casos inferiores a 1%.

Estas variaciones porcentuales representan para el 2020, menos de 3,8 días en maíz, menos de 1 día en caraota y menos de 4,2 días en arroz. Igualmente, en todos los cultivos, las reducciones en el tiempo a floración son pequeñas e inferiores a 2 días en el 2020.

5.4.5 Cambios en algunos de los principales sistemas productivos

Aunque las disminuciones en los rendimientos promedio de los cultivos sean pequeñas, es conveniente obtener aproximaciones sobre su impacto en la producción nacional. Como un estimado del efecto que el cambio climático ocasionaría sobre los rendimientos y, consecuentemente, sobre la producción nacional de los cultivos en estudio, en el Cuadro 5.6 se muestran los valores resultantes de aplicar la mayor reducción porcentual estimada por los modelos de cultivo a los rendimientos promedio reportados en las estadísticas agrícolas del país (IESA, 2003a y b). Para el lapso 2020, se obtienen diferencias en la producción nacional alrededor de 38.000 Mg para el maíz, 2.000 Mg para caraota y 29.000 Mg.

Cuadro 5.6. Estimación de las reducciones en los rendimientos y producción según las estadísticas nacionales y las predicciones para el 2020.

Cultivo	Rendimiento promedio nacional (Mg/ha) ¹	Producción total promedio anual (Mg) ¹	Reducción simulada de rendimientos en 2020 (%)	Rendimiento estimado en 2020 (Mg/ha)	Producción estimada en 2020 (Mg)	Diferencia de producción (Mg)
Maíz	3,0	872.483	-4,4	2,9	834.094	38.389
Caraota	0,8	16.924	-13,4	0,7	14.656	2.268
Arroz	4,5	654.492	-4,4	4,3	625.694	28.798

¹ Valores obtenidos de IESA (2003a y b).

5.4.6 Medidas posibles de adaptación

Entre las medidas de adaptación de carácter general, en el sentido que ellas pueden aplicarse a distintas condiciones, se encuentran (Ovalles et al., 2005):

A corto plazo (< 5 años):

- a. Fortalecimiento de la Organización Social. Promover cooperativas para pequeños, medianos y grandes productores para lograr, entre otros, reducción en costos de insumos y una comercialización más eficiente de sus productos.
- b. Implementación de Impuestos – Pago de Pasivos Ambiental (incentivo ambiental, conservación de agua, entre otros).
- c. Comenzar la implementación de las Buenas Prácticas Agrícolas (BPA).
- d. Mantener la movilidad del ganado en zonas de pastoreo sujetas a sequía.
- e. Ajuste del calendario agrícola.
- f. Evaluación del impacto de las medidas de adaptación y la evolución de las condiciones socioeconómicas de los productores agrícolas.

A mediano plazo (5 – 20 años)

- g. Fortalecer el desarrollo cooperativo con base a la diversificación del valor agregado de los productos.
- h. Consolidar la implementación de Impuestos – Pago de Pasivos Ambiental (incentivo ambiental, conservación de agua, entre otros).
- i. Consolidar el uso de las BPA, con orientación hacia la calidad e inocuidad de los productos.
- j. Desarrollar y distribuir híbridos y variedades de cultivos y razas de ganado resistentes a condiciones climáticas adversas (sequías, temperaturas más altas, entre otros).
- k. Mejorar el rendimiento en el uso del agua mediante: Agricultura no-labranza / de conservación en zonas de secano. Aplicar precios apropiados al agua, gestión y tecnología en superficies de regadío.
- l. Promocionar los sistemas de producción agroforestales para aumentar la capacidad de adaptación y mantener la biodiversidad.
- m. Desarrollar nuevas tecnologías para zonas con escasez de tierra o agua o con problemas de suelo o clima especiales (ejemplo: Agricultura sin labranza o de conservación, uso de menos insumos de la gestión de plagas o de nutrientes integrada, agricultura orgánica, uso de la biotecnología para superar presiones ambientales (sequía,

anegamiento, acidez del suelo, salinidad y temperaturas extremas, plagas y enfermedades).

- n. Usar variedades genéticamente modificadas, lo cual dependerá de la capacidad de abordar preocupaciones en cuanto a la inocuidad de los alimentos y el medioambiente, para ello será necesario el aumento de ensayos y el desarrollo de protocolos de inocuidad mejorados.
- o. Evaluar el impacto de las medidas de adaptación implementadas en cuanto a la capacidad adaptativa del sistema de producción y la evolución de las condiciones socioeconómicas de los productores agrícolas.

A largo plazo (> 20 años)

- p. Consolidar los sistemas de producción agroforestales.
- q. Consolidar la sustitución de cultivos.
- r. Evaluación de impactos residuales del cambio climático y de la vulnerabilidad de los sistemas, así como de la evolución de las condiciones socioeconómicas de los productores agrícolas.

Se formularon las propuestas de medidas de adaptación políticas y tecnológicas por regiones. La información presentada fue evaluada y validada a través de talleres, reuniones y entrevistas con especialistas de las regiones. Las medidas comunes para las distintas regiones son:

- ✓ Fortalecimiento de la Organización Social.
- ✓ Implementación de Impuestos - Pago de Pasivos Ambientales (incentivo ambiental, conservación de agua, entre otros).
- ✓ Saneamiento de Tierra en donde corresponda.
- ✓ Créditos supervisados, política con una implementación planificada.
- ✓ Políticas de incremento de valor agregado a productos locales, involucrando a productores con el procesamiento.
- ✓ Organización del Servicio de Extensión.
- ✓ Zonificación regionalizada.
- ✓ Políticas de estímulos para la diversificación de los sistemas de Producción.
- ✓ Revisión de Leyes (Legislación agrícola-forestal) que estimule la producción.
- ✓ Establecer red de estaciones meteorológicas de tiempo real, con ubicación y distribución geográficas y de relieve, cumpliendo los requerimientos internacionales.
- ✓ Divulgación y Transferencia

- ✓ Capacitación de personal cubriendo los tres lapsos de tiempo (corto, mediano y largo plazo).

5.5 Impactos en el sector recursos hídricos

Las preocupaciones relacionadas con el comportamiento de los recursos hídricos por efectos de los cambios climáticos globales son totalmente justificadas, en principio porque el ciclo hidrológico es un componente básico del clima y además el agua juega un papel primordial dentro de los diferentes sectores de desarrollo de cualquier país.

La mayoría de los posibles efectos adversos, en el caso del agua, van a estar relacionados con la disponibilidad del agua sin olvidar que la calidad va a verse afectada igualmente, al existir una estrecha relación entre los volúmenes y la capacidad de dilución y depuración de los ríos; como por ejemplo, un cambio en el patrón de lluvias puede producir cambios en la erosión de las cuencas y si la temperatura se altera, igualmente se afectarán los ecosistemas acuáticos.

Es posible que aumenten las demandas de agua al aumentar la temperatura y se produzca una mayor evapotranspiración, como también pueden producirse cambios en la humedad del suelo, en la periodicidad de la precipitación, y, finalmente, la respuesta de la vegetación a todos los cambios anteriores.

Los escenarios utilizados para evaluar los posibles impactos de los cambios climáticos sobre los recursos hídricos en Venezuela fueron los tres citados anteriormente (optimista, intermedio y pesimista), y los dos modelos UKTR y CCC-EQ.

Para la simulación del sistema hidrológico regional se seleccionó el modelo SIHIM, desarrollado por Duque y Barrios en 1988, considerando pequeños incrementos de espacio y grandes intervalos de tiempo (mensuales). El sistema hidrológico en estudio se considera formado por subsistemas, en los cuales se asume homogeneidad tanto en los procesos hidrológicos como en las condiciones que lo afectan. Se consideraron dos procesos fundamentales para la conceptualización del sistema hidrológico regional: uno de almacenamiento y otro de transferencia de masa de agua entre los almacenamientos.

Este modelo fue usado para generar escurrimiento a partir de las precipitaciones en cada una de las estaciones que tienen influencia sobre el área de cada cuenca en estudio.

5.5.1 Cambios en la escurrimiento en 7 cuencas prioritarias

Para el análisis de los posibles impactos que los cambios climáticos pueden ocasionar sobre los recursos hídricos de Venezuela, se seleccionaron siete cuencas a nivel nacional, en función de su ubicación geográfica y su importancia desde el punto de vista de utilización del recurso hídrico (Duque, Henao y Andressen, 2004).

Estas cuencas son: Cuenca del río Matícora en Don Pancho, Cuenca del río Pao en Paso La Balsa, Cuenca del río Motatán en Agua Viva, Cuenca del río Neverí en la Corcovada, Cuenca

del río Guárico en El Sombrero, Cuenca del río Tocuyo en La Guaya y Cuenca del río Chama en Ejido. En la Figura 5.14 se presenta las principales cuencas hidrográficas en el territorio venezolano.

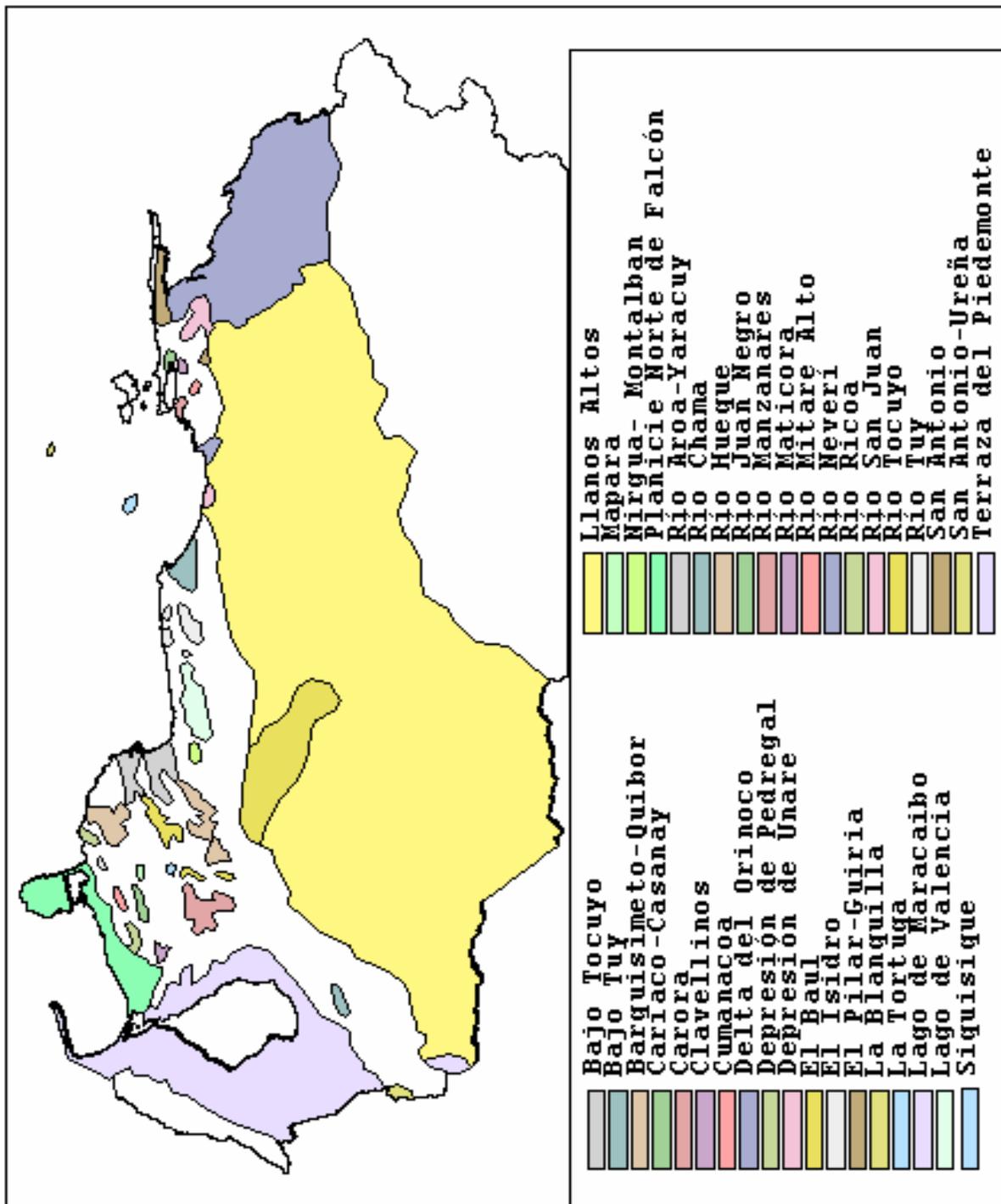


Figura 5.14. Principales Cuencas hidrográficas de Venezuela

Se calibró el modelo para cada una de las cuencas y se procedió a generar caudales a nivel mensual para el UKTR y el CCC-EQ para los escenarios optimista, intermedio y pesimista, y dentro de cada escenario para cada período futuro considerado: 2020, 2040 y 2060.

Se plantearon dos condiciones en la generación de los caudales, sin afectar la evaporación y afectando la evaporación, de acuerdo a los resultados de los modelos de cambios climáticos utilizados.

Se realizó un análisis estadístico del caudal medio mensual y medio anual, para un intervalo de confianza de 95%. En Cuadro 5.2 se tabulan para cada río, cada modelo, cada escenario y cada período futuro las disminuciones e incrementos significativos de caudal.

Cuadro 5.2. Disminuciones e Incrementos significativos de Caudal para un intervalo de confianza de 95%

Río	Escenario	Modelo CCC-EQ			Modelo UKTR		
		2020	2040	2060	2020	2040	2060
Pao	Optimista					D-S	D-S
	Intermedio			D-S	D-S	D-S	D-S
	Pesimista		D-S	D-S	D-S	D-S	D-S
Maticora	Optimista						
	Intermedio						D-S
	Pesimista					D-S	D-S
Motatán	Optimista		D-S	D-S			I-S
	Intermedio	D-S	D-S	D-S		I-S	I-S
	Pesimista	D-S	D-S	D-S	I-S	I-S	I-S
Guárico	Optimista						
	Intermedio					D-S	D-S
	Pesimista					D-S	D-S
Neverí	Optimista						
	Intermedio			I-S			
	Pesimista		I-S	I-S			D-S
Tocuyo	Optimista			D-S			
	Intermedio		D-S	D-S			D-S
	Pesimista	D-S	D-S	D-S		D-S	D-S
Chama	Optimista	D-S	D-S	D-S			
	Intermedio	D-S	D-S	D-S		I-S	I-S
	Pesimista	D-S	D-S	D-S		I-S	I-S

D-S: Disminución significativa **I-S:** Incremento significativo

Se observa que el modelo CCC-EQ no produce cambios significativos en el caudal de los ríos Maticora y Guárico, en los ríos Pao, Motatán, Tocuyo y Chama presenta disminuciones significativas de caudal, lo cual es consistente con su patrón general de máxima influencia hacia el occidente del país, mientras que el río Neverí produce aumentos significativos. El modelo UKTR produce disminuciones significativas en los ríos Pao, Maticora, Guárico, Neverí y Tocuyo, mientras que en los ríos Motatán y Chama produce incrementos significativos; a pesar de que el UKTR es el que simula en general mayores disminuciones de precipitación, para el trimestre marzo–mayo simula incrementos, y su efecto sobre el occidente del país es mínimo, lo que podría explicar porque los ríos Motatán y Chama presentan resultados inversos en los modelos.

Las cuencas con menos incertidumbre, dado que ambos modelos coinciden en sus resultados, son las de los ríos Pao y Tocuyo.

Esta situación es preocupante, ya que dichos ríos son la fuente principal de agua para algunas de las principales ciudades de centro–occidente, como Barquisimeto, San Carlos, Valencia y Maracay, a través de los embalses Pao–Cachinche, Pao–La Balsa, Tocuyo–Dos Cerritos.

5.5.2 Cambios en la recarga en 2 acuíferos prioritarios

Las aguas subterráneas representan una fuente de agua, generalmente de mejor calidad que las aguas superficiales, lo que hace de su localización y monitoreo, la búsqueda e investigación de los recursos de aguas subterráneas para la evaluación de sus reservas, su explotación y su conservación, actividades de vital importancia en el mundo actual.

Para evaluar los posibles efectos de los cambios climáticos sobre los almacenamientos subterráneos, se seleccionaron dos acuíferos: el acuífero del río Motatán y el acuífero del Valle de Quibor. La Figura 5.15 presenta la ubicación geográfica de los acuíferos con mayor grado de deterioro en Venezuela.

Al igual que para las fuentes superficiales, se realizó un análisis estadístico de los caudales medios y mensuales, para un nivel de confianza de 95%. En el Cuadro 5.3 se tabulan para cada río, cada modelo, cada escenario y cada período futuro, los incrementos y disminuciones significativas de caudal para el intervalo de confianza de 95%.

Cuadro 5.3. Disminuciones e Incrementos significativos de la recarga de los acuíferos evaluados para un intervalo de confianza de 95%

Acuífero del	Escenario	Modelo CCC-EQ			Modelo UKTR		
		2020	2040	2060	2020	2040	2060
Río Motatán	Optimista			D-S			I-S
	Intermedio		D-S	D-S		I-S	I-S
	Pesimista	D-S	D-S	D-S	I-S	I-S	I-S
Valle de Quibor	Optimista						
	Intermedio			D-S		D-S	D-S
	Pesimista			D-S		D-S	D-S

D-S: Disminución significativa **I-S:** Incremento significativo

El modelo CCC-EQ produce disminuciones significativas en la recarga del acuífero del río Motatán en todos los escenarios y en el del Valle de Quibor sólo en los escenarios intermedio y pesimista y para el año 2060. El modelo UKTR produce incrementos significativos en la recarga del río Motatán en todos los escenarios, mientras que en el acuífero del Valle de Quibor produce disminuciones significativas de la recarga solo en los escenarios intermedio y pesimista.

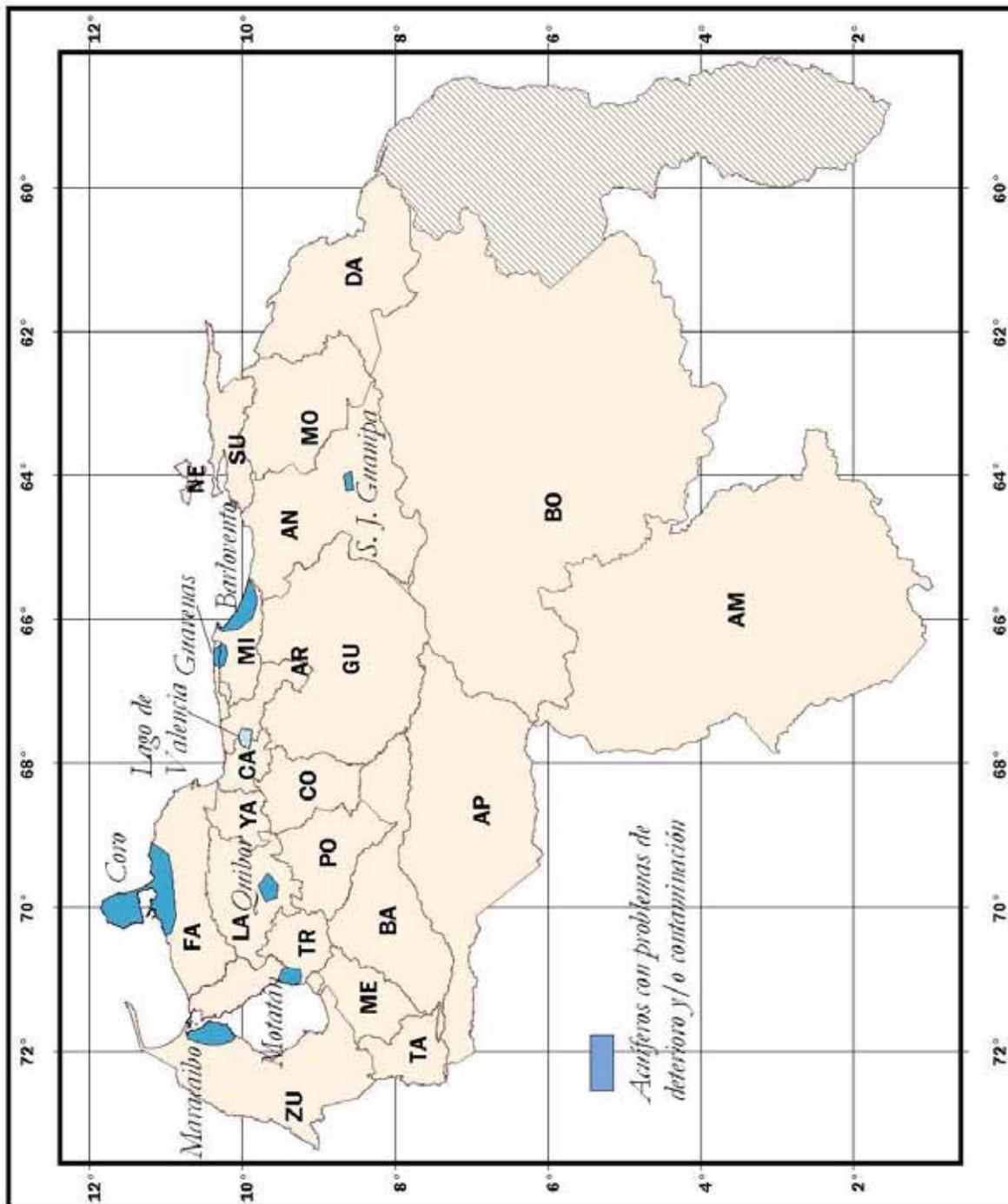


Figura 5.15. Ubicación de los acuíferos con mayor grado de deterioro en Venezuela

5.5.3 Medidas posibles de adaptación

Para las cuencas analizadas se observó que pequeños cambios de precipitación generan grandes cambios en el caudal medio de las fuentes de agua superficiales.

Los resultados de los modelos utilizados, aunque no guardan correlación de resultados para algunas cuencas, indican que aparentemente existen patrones de comportamiento según la ubicación de las cuencas analizadas. Esto lleva a considerar que para la proyección de futuros cambios en el caudal se requiere una mejor evaluación del complejo papel de los cambios en los patrones de temperatura, precipitación y uso de la tierra. Debido a esto es importante disponer de una adecuada red de medición tanto de precipitación como de escorrentía, lo cual permitiría precisar los cambios de los caudales promedios y su variabilidad.

La precipitación es una variable vital en el proceso de lluvia-escorrentía, pero es difícil predecir cambios a nivel local debido a que ella está afectada por las características de la superficie de la tierra. Es por ello que se hace necesario evaluar también la influencia de características como la vegetación y planes de desarrollo.

Una vez determinada la dirección y magnitud del cambio es necesario determinar cómo se modificará la disponibilidad real del agua para abastecimiento de los diferentes usos: urbano, industrial, hidroelectricidad y si hay modificación en las prioridades de uso.

Las estrategias de adaptación y mitigación deben ser incluidas dentro de la gestión del agua, comenzando desde la primera fase de planificación del uso del recurso tanto a mediano como a largo plazo.

Así mismo, es necesario el manejo tanto de la demanda como de la oferta. El manejo de la demanda implica usar el recurso de manera más eficiente, es decir, ir hacia el usuario, lo cual podría apoyarse tanto en educación como en cambios tecnológicos.

En cuanto al manejo de la oferta se deberá considerar la rehabilitación de fuentes de almacenamiento y distribución para disminuir las pérdidas, así como también considerar nuevas opciones tanto estructurales como de manejo y de modificación de las reglas de operación de los almacenamientos, el uso conjunto de fuentes de aguas superficiales y subterráneas, cambios en las prioridades de entrega de agua, integración de la operación de varios embalses para optimizar la entrega, coordinando no sólo la oferta sino la demanda también (CIDIAT, 2004).

5.6 Impactos por el ascenso del nivel del mar

El incremento del nivel del mar y su efecto en áreas costeras, es una de las consecuencias del calentamiento global que podría tener impactos negativos sobre las costas de innumerables países. El efecto principal de este fenómeno se manifiesta en problemas de erosión e inundación, con el consiguiente retiro de la línea de la costa y, pérdida de humedales con la riqueza biológica que encierran.

La línea de costa venezolana tiene una longitud aproximada de 4.000 Km., 67% en el Mar Caribe y 33% en el Océano Atlántico. La costa se extiende por el Este hasta la frontera con Guyana y por el Oeste con Colombia. La costa venezolana es muy variada presentando numerosos tipos de ambientes costeros tales como playas arenosas, playas de bolsillo, humedales (salares, lagunas costeras, pantanos, marismas, manglares, estuarios), arrecifes coralinos, islas de barreras, bahías, barras litorales, además de costas rocosas.

En el año 1992, Arismendi y Volonté realizaron un primer estudio evaluando la vulnerabilidad de cinco áreas costeras venezolanas, mediante la aplicación de la metodología “Siete Pasos para Evaluar la Vulnerabilidad de Áreas Costeras al Incremento del Nivel del Mar” (IPPC, 1991) asumiendo un incremento del nivel del mar (INM) de 1 m. La estimación de la pérdida de tierra por erosión se llevó a cabo aplicando la Regla de Bruun modificada por Hands (1983), mientras que en áreas bajas se aplicó el concepto de pérdida de tierra por inundación directa. Este estudio fue actualizado por Manduca (2005).

Las áreas costeras analizadas fueron: Costa Oriental del estado Falcón, Sector Cabo Codera – Parque Nacional laguna de Tacarigua, Sector Barcelona – Puerto La Cruz – Guanta, y la Isla de Margarita en los sectores Playa El Agua y Juangriego, mostradas en la Figura 5.16.

Se profundizó lo conocido a la fecha, especialmente en la descripción físico natural y social económica de las áreas en estudio, aunque nuevamente debieron ser empleadas técnicas cartográficas muy aproximadas, por lo que se continuó suponiendo un área de inundación, la cual se representó en el informe final del estudio bajo la forma de croquis.

El objetivo general del estudio fue evaluar la vulnerabilidad del territorio costero venezolano frente al incremento de los niveles del mar, tomando como horizonte los años 2.015, 2.040 y 2.060, para luego señalar medidas o procesos de adaptación a esa nueva situación dada por dicho incremento, aceptando que el mismo es un fenómeno actualmente en curso y que continuará de manera inevitable durante un período de duración imprecisa.

Los valores de incremento de nivel del mar utilizados en este estudio fueron obtenidos de una corrida del modelo MAGICC-SCENGEN, empleando como escenario de emisión del SRES – A2, para el nivel de sensibilidad media.

Los resultados de los incrementos de los niveles del mar para los años horizontes de este estudio son los mostrados en el Cuadro N° 5.4:

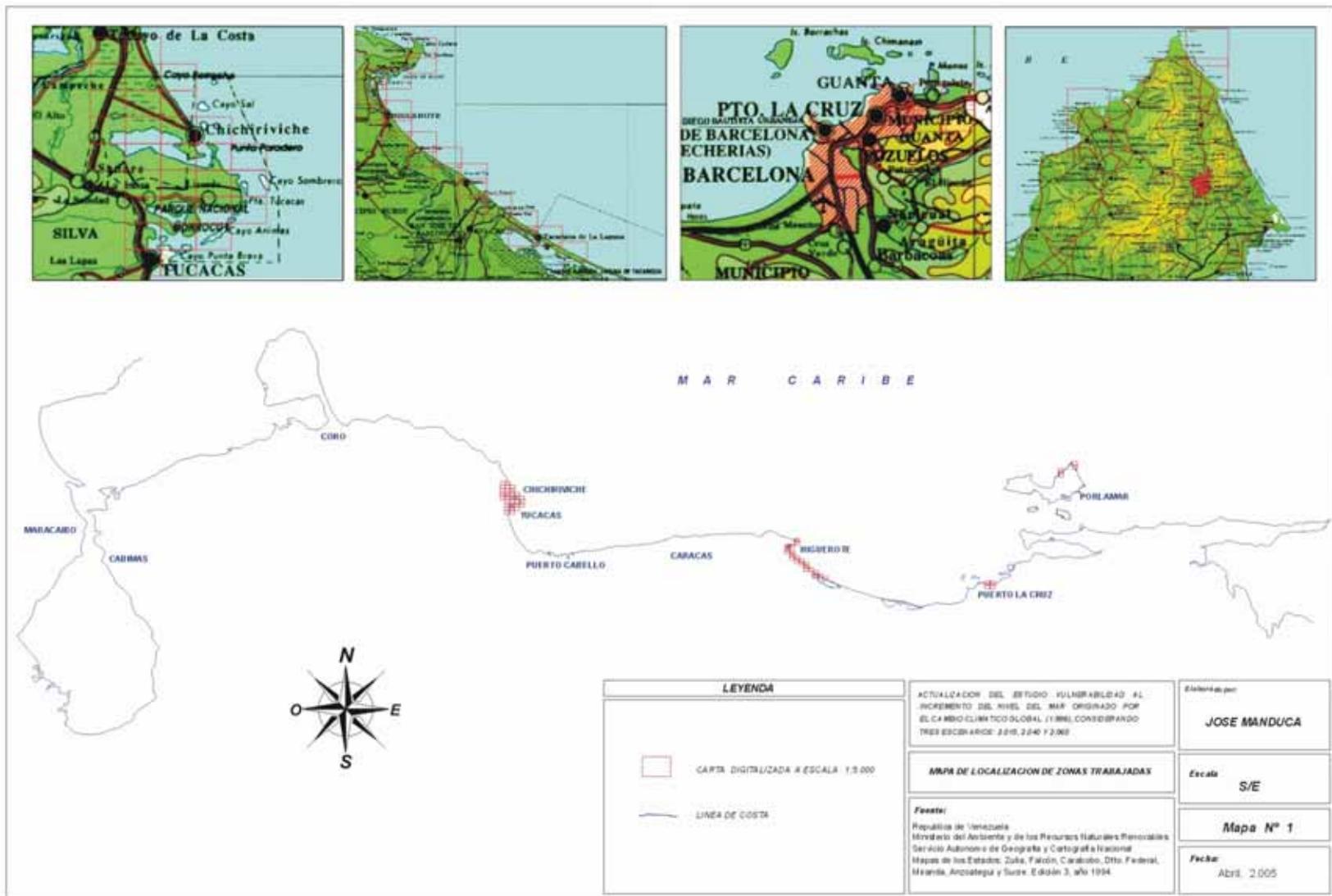


Figura 5.16. Ubicación geográfica de las áreas de estudio sobre el incremento del nivel del mar

Cuadro Nº 5.4: Incremento de los niveles del mar para los años 2.015, 2.040 y 2.060, según corrida del programa o modelo MAGICC-SCENGEN (SRES-A2, sensibilidad media).

Años	Incremento del nivel del mar - centímetros	Incremento del nivel del mar - metros
1.990 *	0,00	0,00
2.015	6,26	0,06
2.040	16,10	0,16
2.060	28,01	0,28
2.090	51,74	0,51

* El año de 1.990 se toma como año base para los efectos de la corrida del modelo.

Para la determinación de la vulnerabilidad de las costas venezolanas frente al INM, se utilizaron hojas cartográficas de escala 1:5.000, con el objeto de identificar en ellas las cotas o curvas de nivel que permitan demarcar el incremento del mar para los años horizonte del estudio, los cuales son 0,06, 0,16 y 0,28 metros sobre el nivel medio del mar para los años 2.015, 2.040 y 2.060 respectivamente.

Dado que metodológicamente en el estudio no fue posible determinar alturas en las cotas sobre las playas con valores menores de 0,50 metros, se aceptó que ésta es la mejor precisión medible del INM, aunque este incremento según el MAGICC-SCENGEN, se alcanzará en el año 2.090.

Los resultados del estudio arrojan que el área total afectada será de 3.184,33 hectáreas (31,84 km²), mientras que la longitud total de playas trabajadas fue de 311,93 kilómetros.

Algunas limitaciones del estudio fueron:

- La cartografía empleada tiene una data de elaboración promedio de 20 años, siendo la más reciente 1.992, lo que significa que difícilmente la línea de costa que aparece en ellas representada sea la que actualmente existe; tal base cartográfica, permite elaborar solo una información indicativa.
- La información sobre la variación del nivel del mar como consecuencia de las mareas, ha ido desmejorando progresivamente su calidad y disponibilidad en todo el país, en mucho porque los mareógrafos en algunas zonas han sido abandonados y en otras se han dañado por motivos naturales o inducidos, no siendo sustituidos por nuevos equipos. Por otra parte, son pocas las zonas costeras del país que disponen de información accesible sobre mareas.
- En cuanto al relieve de las zonas costeras, no se dispone de topografía a escalas menores de 1:5.000, lo que limita la determinación de las pendientes entre la playa y la zona de transición con el mar, impidiendo la estimación del avance de una eventual inundación.

En el Cuadro Nº 5.5 se resumen las áreas afectadas como consecuencia de la inundación ante el incremento del mar en 0,5 metros.

Cuadro Nº 5.5: Totales de áreas inundadas

Zona trabajada	Longitud de la costa km	Area inundada ha
Costa Oriental del estado Falcón	162,24	2.708,58
Cabo Codera – Parque Nacional Laguna de Tacarigua	103,42	497,53
Barcelona – Puerto La Cruz - Guanta	33,96	60,60
Isla de Margarita	12,31	7,62
Totales	311,93	3.184,33

Del total de 3.184,33 hectáreas, 2.708,58 (el 85,05 %) corresponden a la zona de la Costa Oriental del estado Falcón, mientras que menos del 15 % se reparten entre las otras zonas.

En cuanto a la infraestructura afectada en las cuatro zonas evaluadas se tiene lo siguiente:

- Número de viviendas: 49
- Vialidad: 975 metros
- Muelles: 21 muelles para un total de 1.735 metros
- Rompeolas y espigones: 7 para un total de 915 metros
- Puertos: 1 (Guanta)

En cuanto a la erosión, la inexistencia de datos actualizados y confiables sobre altura media de las dunas en las playas (topografía de las playas), transporte de sedimentos, régimen y altura de las olas, profundidad de cierre, régimen de mareas y batimetría de los fondos marinos frente a las costas, todos parámetros dinámicos, de gran variabilidad, no fue posible la determinación de la erosión de los bordes de la costa.

Así como en trabajos anteriores donde los autores debieron suponer o estimar de manera indirecta la gran mayoría de los datos básicos (o información de línea base), requeridos para evaluar la magnitud de erosión de la costa como consecuencia del incremento del nivel del mar requeridos para aplicar la Regla de Bruun, y aún hoy día, siguen sin producirse dichos valores, esto hizo imposible calcularlos en el marco del estudio.

Muchas de las variables que antes se mencionaron, sumadas a otra como el nivel de las mareas, la intensidad y dirección de las corrientes marinas y de los vientos, resultan de indispensable recopilación sistemática, sirviendo no solo para calcular los daños causados por el incremento del nivel del mar, sino también muchos otros fenómenos, inclusive la erosión causada sobre los bordes costeros que hoy día se suceden de manera activa en muchas playas del país, y que no se pueden achacar al incremento del nivel del mar, o al menos, no únicamente.

5.6.1 Medidas posibles de adaptación

El calificativo de afectación que se emplea para definir los impactos que se puedan suceder sobre la infraestructura no tiene la misma connotación en todos los casos. Por ejemplo, cuando una vivienda es alcanzada por el incremento del nivel del mar muy seguramente deberá ser reubicada en otro sitio, dado su fragilidad como obra civil. Para el caso de la vialidad, a menos que sea una obra tipo autopista, se construirá la vía siguiendo otro trazado. Los pequeños muelles destinados para ser usados en embarcaciones de pequeño calado, como la mayoría de los existentes en la Costa Oriental de Falcón y la zona de Tacarigua, muy seguramente bastaría con la elevación de los pilotes de madera que los sostienen. Por su parte, los puertos como el de Guanta, poseen plataformas elevadas dos metros sobre el nivel medio del mar, por lo que seguramente no requerirán de mayores adecuaciones para seguir operando. Los espigones, rompeolas y otras obras de protección tales como el recubrimiento con enrocados, seguramente si serán afectados al recibir los impactos de olas de mayor altura de la que fue previstas para su construcción, y por lo tanto deberán ser protegidos según cada caso.

Alrededor de 714 Km (25%) de la costa venezolana, está caracterizada por montañas y acantilados de fuerte pendiente, la cual no experimentará ningún impacto en el caso del ascenso del nivel del mar. La mayoría de la costa venezolana tiene riesgo de inundación, correspondiente a alrededor de 85%, mientras que la erosión no está cuantificada.

A continuación se enumeran algunos proyectos para asumir la evaluación de los incrementos del nivel del mar como consecuencia del Cambio Climático Global:

- Constitución de una unidad de Coordinación y Gestión Nacional sobre el incremento del nivel del mar
- Selección de zonas costeras a ser evaluadas teniendo en consideración sus usos actuales y potenciales: Uso Industrial, uso turístico, uso urbano y uso agrícola.
- Topografía de las planas costeras y batimetría de los fondos marinos
- Determinación de la geomorfología y geología de las zonas costeras seleccionadas.
- Determinaciones oceanográficas: Corrientes, transporte de sedimentos, mareas y dinámica de las olas de las zonas costeras seleccionadas.
- Evaluar el efecto hidráulico del incremento en el nivel del mar sobre las descargas de ríos y sistemas de aguas tratadas
- Diseñar y concertar programas de difusión sobre la problemática del incremento de los niveles del mar con los diferentes medios de comunicación

5.7 Impactos socio–económicos.

5.7.1 Sobre la producción petrolera

La economía de Venezuela es altamente dependiente de la producción y exportación de petróleo (la actividad petrolera aportó el 16,8% del PIB y representó el 87,2% de las exportaciones de bienes en el 2004), pero a la vez es un país muy rico en diversidad biológica, ecosistemas frágiles, poseedor de costas bajas y territorios insulares vulnerables a las consecuencias potenciales del cambio climático, a la par de no contar con la capacidad suficiente para la debida atención de contingencias derivadas de la ocurrencia de fenómenos meteorológicos extremos. En tal sentido, Venezuela es un país doblemente vulnerable: lo es tanto a las consecuencias potenciales del cambio del clima, como a la posible disminución de la demanda petrolera resultante de las políticas y medidas que se adopten para la reducción de emisiones. Por tales razones, la posición de Venezuela ante la Convención de Cambio de Clima y el Protocolo de Kyoto se ha orientado hacia el logro de un equilibrio entre ambos intereses, abogando porque efectivamente se concreten los esfuerzos colectivos para afrontar la amenaza del cambio climático, pero a la vez intentando atenuar las consecuencias que ello pudiera significar para su economía.

La estimación del impacto del Protocolo sobre la demanda petrolera ha sido objeto de varios estudios por parte de la Organización de Países Exportadores de Petróleo (OPEP), en los que Venezuela ha participado. En 1999 la secretaría de la OPEP elaboró varios escenarios de impacto del cumplimiento de los compromisos del Protocolo de Kyoto sobre la demanda petrolera de los países miembros de OPEP. Este estudio estimó, haciendo uso del Modelo Mundial de Energía de la OPEP (OPEC World Energy Model, OWEN), que la demanda esperada para el año 2010 se reduciría en 6,9 millones de barriles por día. Ello representaría para Venezuela, en función de su cuota de producción petrolera de 11% del total de la OPEP, una reducción de la demanda en 760.000 barriles por día. Otro resultado interesante del estudio fue que los mecanismos de flexibilidad del Protocolo, de ser aplicados exitosamente, pueden reducir el impacto sobre la demanda petrolera de crudos de la OPEP para el año 2010. El impacto, en este caso, sería una reducción de la demanda en 3,7 millones de barriles por día, en lugar de 6,9 millones.

Posteriormente, una vez que las negociaciones condujeron al “Acuerdo de Marrakech” en noviembre de 2001, conforme al cual los países pueden contabilizar sus bosques como sumideros de CO₂ en sus inventarios de emisiones, y conocida la decisión de USA de rechazar el Protocolo de Kyoto, la secretaría de la OPEP revisó sus estimaciones acerca del impacto del acuerdo sobre la demanda petrolera. La revisión estimó que en tales condiciones la demanda sufriría una contracción de entre 2,7 y 0,8 millones de barriles diarios para la OPEP, lo cual significa para Venezuela una reducción de sus colocaciones de petróleo en los mercados de entre 300.000 y 90.000 barriles por día.

En cualquiera de los casos, la contracción de la demanda petrolera estimada por la OPEP tendría consecuencias sociales y económicas adversas para Venezuela. Es por esta razón que en las reuniones de negociación Venezuela ha insistido en que se hagan efectivas las provisiones establecidas en los Artículos 4.8º y 4.9º de la Convención y 3.14º del Protocolo, que establecen la necesidad de que se adopten medidas para atender las necesidades específicas de los países en desarrollo, derivadas de los efectos sociales, ambientales y económicos adversos del cambio climático, pero también que se consideren los impactos de las medidas de reducción de emisiones de GEI que asuman los países desarrollados. Estos artículos destacan el caso de los países que como Venezuela, dependen en gran medida de los ingresos económicos generados por la producción, el procesamiento y la exportación de combustibles fósiles y de productos derivados de energía intensiva, tales como los productos metalúrgicos. Concretamente, la atención que reclama Venezuela se expresa en términos de ayuda para la diversificación de su economía, mediante la facilitación de conocimientos, transferencia de tecnología y mejoramiento de la capacidad de sus instituciones. Para Venezuela este tema es de gran importancia, y aspira que sus inquietudes sean satisfechas durante las subsecuentes reuniones de negociación.

5.7.2 Dimensión Económica

En el Cuadro 5.4 se presentan los impactos económicos derivados del Cambio Climático para los períodos centrados en 2020, 2040 y 2060 resultantes del aumento de temperatura, disminución de la OTD y cambios en la precipitación (Oficina Técnica Zuleta, 2004).

Cuadro 5.4. Identificación de impactos económicos derivados del Cambio Climático

DIMENSIÓN ECONÓMICA	IDENTIFICACIÓN DEL IMPACTO	LOCALIZACIÓN
<i>Horizonte Temporal 2020</i>		
Agricultura	➤ Tendencia decreciente del rendimiento de algunos cultivos	Llanos medios y bajos de occidente y oriente del país.
	➤ Empobrecimiento de los productores agrícolas	Llanos altos, medios y bajos. Margen central al Sur del río Orinoco.
	➤ Afectación a la producción de subsistencia	Zonas rurales a las márgenes norte sur del río Orinoco.
	➤ Disminución de la producción de carne, leche y huevos.	Zona norte y sur occidental. Zona norte y sur del río Orinoco y sus afluentes.
	➤ Afectación de algunos cultivos y cría de animales	Diversas zonas del país
	➤ Disminución de la frontera agrícola	Diversas zonas del país
Caza	➤ Disminución de la caza y mitificación en régimen de veda	Diversas zonas del país
Silvicultura	➤ Disminución de la superficie de bosque y tendencia al incremento de incendios forestales	Diversas zonas del país
Pesca	➤ Afectación de la exploración pesquera artesanal	Área costera del mar Caribe, Océano Atlántica, y cuencas de los ríos.
Minas y canteras: hierro, bauxita, carbón, oro, arena,	➤ Afectación de la explotación minera	Zona sur oriental y centro occidental
	➤ Desconcentración paulatina de los establecimientos industriales	Zona occidental y centro occidental

cemento, etc.	➤ Afectación del parque Agroindustrial	Mayores centros poblados de la zona centro norte costera, sur occidental y sur oriental
	➤ Amenaza a la seguridad alimentaria	Toda Venezuela
Electricidad	➤ Elevación del consumo de energía eléctrica en la industria y viviendas	En las tres cuartas partes del país.
	➤ Aumento de tendidos eléctricos (transmisión y distribución)	Diversas partes de Venezuela
Gas	➤ Aumento de explotación de gas	Gran parte del territorio nacional
Agua	➤ Mayor demanda del recurso agua en os sistemas de riego	Gran parte del país
Construcción	➤ Redistribución territorial de la demanda y oferta de edificaciones	Diversas zonas del territorio nacional
Comercio al mayor y detal	➤ Redistribución espacial de las edificaciones comerciales	En todo el ámbito nacional
	➤ Elevación de los costos bienes y productos	En todo el ámbito nacional
	➤ Tendencia a la oferta y demanda de materiales de construcción, vestimenta apropiada a la temperatura	En todo el ámbito nacional
Turismo y recreación	➤ Relocalización de la demanda y oferta de servicios turísticos recreacionales	Hacia la Zona de los Andes, localidades más elevadas
Transporte y almacenamiento	➤ Incremento de costos de operación del transporte masivo y particular (fluvial, marítimo, terrestre y aéreo)	En gran parte del territorio nacional
	➤ Aumento de los costos de almacenamiento	Alto Llano, zona norte costera
Vialidad y Comunicaciones	➤ Cambio en los sistemas constructivos y tipo de materiales	Alto Llano, zona norte costera
	➤ Tendencia hacia mayor uso de medios de comunicaciones radioeléctricas y electrónicas	En toda Venezuela
Establecimientos financieros, seguros	➤ Desconcentración del número de instalaciones financieras	En toda Venezuela
	➤ Reducción del número de instalaciones financieras	Diversas zonas de Venezuela
	➤ Elevación en número y costos de las primas de Seguros de vida, salud, protección de bienes, etc.	Principalmente en las zonas Alto Llano, Costera, Amazonas, otras
Bienes inmuebles	➤ Revalorización de las edificaciones localizadas en zonas de temperatura más benévolas y depreciación de aquellas ubicadas en zonas de menor confort térmico	En diversas regiones del país
<i>Horizonte temporal 2040</i>		
Agricultura	➤ Menor rendimiento de algunos cultivos	Zonas de llanos altos y medios del occidente y oriente del país.
	➤ Aumento de la proporción de los productores agrícolas en situación de empobrecimiento	Zonas llanos altos, medios y llanos bajos. Margen central al sur del río Orinoco
	➤ Disminución de la producción de subsistencia	Zonas rurales a las márgenes norte y sur del río Orinoco
	➤ La producción de proteína animal dependientes de aplicación de tecnologías y manipulaciones genéticas	Diversas regiones del país
	➤ La productividad agrícola vegetal dependiente de investigación y tecnología expuesta a manipulación genética	Diversas regiones del país
	➤ Tendencia a la cría de la fauna silvestre para complementar o suplir la fuente de proteína animal	Diversas regiones del país
Silvicultura	➤ Reducción de la superficie de bosque e incremento de incendios forestales	Zona oriental y sur del río Orinoco
Pesca	➤ Elevación de la actividad piscicultura en substitución de la explotación pesquera artesanal y de arrastre	Diversas regiones del país
Minas y canteras: hierro, bauxita, carbón, oro, arena,	➤ Mayores requerimientos de agua, energía y remoción de áreas explotación minera	Centro occidental al sur del río Orinoco

cemento, etc.		
Industria manufacturera	➤ Nueva ocupación del territorio por la desconcentración de la actividad y establecimientos industriales	Distintas zonas del país
	➤ Aumento de inversiones para adecuar la industria de bienes de consumo	Distintas zonas del país
	➤ Amenaza a la seguridad alimentaria entre otros por las bajas ventajas competitivas para suplir los requerimientos nutricionales básicos	Toda Venezuela
Electricidad	➤ Altos consumos de energía eléctrica industrial, habitacional y público	Principales zonas urbanas e industriales
	➤ Elevación de los tendidos eléctricos (transmisión y distribución) y los costos del servicio	Diversas partes del país
Gas	➤ Tendencia hacia la sustitución de fuentes de energía por gas que amerita inversiones en explotación, tecnología, investigación e infraestructura	En gran parte del territorio nacional
Agua	➤ Mayor demanda del recurso agua para consumo humano, industrial, riego y mantenimiento de áreas verdes urbanas	En gran parte del país.
Construcción	➤ Intensificación del uso de materiales, sistemas constructivos y estilos arquitectónicos apropiados a las nuevas condiciones climáticas	En diversas partes del territorio nacional
Comercio al mayor y detal	➤ Mayor demanda de bienes y servicios en nuevos asentamientos y elevación de sus costos	En todo el ámbito nacional
Turismo y recreación	➤ Diversificación de la demanda de bienes y oferta de servicios turísticos y recreacionales	En zonas con vocación turística
Transporte y almacenamiento	➤ Mayores costos de operación del transporte masivo y en particular el almacenamiento para poder asegurar las temperaturas adecuadas	En gran parte del territorio nacional
Vialidad y Comunicaciones	➤ Intensificación de los cambios en los sistemas y tipos de materiales para construcción de vialidad	En gran parte del territorio nacional
	➤ Mayor uso medios de comunicación radioeléctricos y electrónicos que amerita inversión en equipamiento y masificación de estos medios	En todo el país
Establecimientos financieros, seguros	➤ Redimensionamiento del sector financiero para ajustarse a los cambios tecnológicos, diversidad de las demandas	En todo el país
	➤ Mayor número y costos de las primas de seguros vida, cobertura en salud, protección de bienes, riesgos, etc.	En todo el país
Bienes inmuebles	➤ Altos costos de construcción y mantenimiento de las edificaciones para garantizar confort térmico	En diversas regiones del país

<i>Horizonte temporal 2060</i>		
Agricultura	➤ Selección de otros cultivos para suplir bajos rendimientos de algunos rubros que conforman la dieta básica venezolana	Todo el país
	➤ Modificación pronunciada de los modos y relaciones de producción en el sector agrícola	Todo el país
	➤ Mayor dependencia de aplicación tecnologías y manipulaciones genéticas agrícola, animal y vegetal	Diversas regiones del país
Silvicultura	➤ Presión para el incremento de la producción forestal para satisfacer mercados internacionales en madera y mantenimiento de CO ₂ mundial	Zona sur del río Orinoco
Minas y canteras: hierro, bauxita, carbón, oro, arena, cemento, etc.	➤ Progresiva sustitución de los materiales mineros por sintéticos, baja los ingresos de divisas por la exportación	Centro occidental al sur del río Orinoco

Industria manufacturera	➤ Automatización de la actividad industrial y alta dependencia tecnológica en cuanto a consumo de energía	Distintas zonas del país
	➤ Amenaza a la seguridad alimentaria entre otros por las bajas ventajas competitivas para suplir los requerimientos nutricionales básicos	Toda Venezuela
Electricidad y gas	➤ Obsolescencia de las centrales hidroeléctricas y grandes inversiones en otras fuentes energéticas (el gas) que amerita inversiones en explotación, tecnología, investigación e infraestructura	Principales zonas urbanas e industriales
Agua	➤ Crítica escasez del recurso agua, posible competencia entre países fronterizos	En gran parte del país.
Construcción	➤ Intensificación de uso de materiales, sistemas constructivos y estilos arquitectónicos ahorradores de energía y de mano de obra	En diversas partes del territorio nacional
Turismo y recreación	➤ Mayor demanda de servicios turísticos y recreacionales	En zonas de vocación turística
Transporte y almacenamiento	➤ Mayores costos de operación del transporte masivo y en particular el almacenamiento para poder asegurar las temperaturas adecuadas	En gran parte del territorio nacional
Vialidad y Comunicaciones	➤ Intensificación de los cambios en los sistemas y tipos de materiales para construcción de vialidad	En gran parte del territorio nacional
	➤ Mayor uso medios de comunicación radioeléctricos y electrónicos que amerita inversión en equipamiento y masificación de estos medios	En todo el país
Establecimientos financieros, seguros	➤ Redimensionamiento del sector financiero para ajustarse a los cambios tecnológicos, diversidad de las demandas	En todo el país
	➤ Mayor número y costos de las primas de seguros vida, cobertura en salud, protección de bienes, riesgos, etc.	En todo el país
Bienes inmuebles	➤ Altos costos de construcción y mantenimiento de las edificaciones para garantizar confort térmico	En diversas regiones del país

5.7.3 Dimensión Social

En el Cuadro 5.4 se presentan los impactos sociales derivados del Cambio Climático para los períodos centrados en 2020, 2040 y 2060 resultantes del aumento de temperatura, disminución de la OTD y cambios en la precipitación.

Cuadro 5.5. Identificación de impactos sociales derivados del Cambio Climático

DIMENSIÓN ECONÓMICA	IDENTIFICACIÓN DEL IMPACTO	LOCALIZACIÓN
<i>Horizonte Temporal 2020</i>		
Población	➤ Aumento de la densidad poblacional en la zona norte costera	Zona norte costera
	➤ Incremento de la vulnerabilidad de la población en riesgo social	Principalmente zonas metropolitanas del país y algunas zonas rurales y fronterizas
	➤ Modificación de los horarios habituales de trabajo	Áreas urbanas y rurales
	➤ Reducción de la capacidad de adaptación de la población en riesgo social	Diversas zonas
Infraestructura Puerto,	➤ Mayor demanda de infraestructura acorde a las nuevas condiciones climáticas	Sitios de relocalización de la población

aeropuertos, vialidad costera	➤ Exposición de la infraestructura a un deterioro temprano por exposición a las nuevas condiciones climáticas	En áreas urbanas, rurales, fronteras e indígenas del país
Geopolítica	➤ Nuevos requerimientos en los acuerdos con los países de la Comunidad Andina de Naciones, CARICOM y MERCOSUR	Nacional
Social	➤ Propensión a fricciones y situaciones de anomia social	Nuevos asentamientos producto de las migraciones
Tecnología	➤ Disminución al acceso a tecnologías que contrarresten los impactos	En zonas urbanas, rurales, indígenas y fronteras del país
Institucional	➤ Disminución de la capacidad institucional para responder a la diversidad de cambios y crecientes demandas de la población	En todo el territorio nacional
Ambiente	➤ Alteración de la biodiversidad	Toda Venezuela
Legales	➤ Ordenamiento legal desfasado de los nuevos acontecimientos por la ocurrencia de eventos extremos	Nacional
Finanzas	➤ Mayor demanda de recursos financieros para atender contingencias	Nacional
<i>Horizonte Temporal 2040</i>		
Población	➤ Mayor densidad poblacional en la zona norte costera donde habita dos terceras partes de la población total del país (Población 33 millones)	Zona norte costera
	➤ Agudización de la vulnerabilidad u número de la población en riesgo social así como disminución de sus capacidades de adaptación	Principalmente zonas metropolitanas del país y algunas zonas rurales y fronteras
Infraestructura Puerto, aeropuertos, vialidad costera	➤ Demanda sostenida de infraestructura acorde a las nuevas condiciones climáticas, salud y educación	En todo el país
Geopolítica	➤ Adaptaciones a las nuevas realidades geopolíticas en relación a las fachadas de integración del caribe, andina y amazónica y surgimiento de nuevos espacios de integración	Nacional
	➤ Amenaza de posible pérdida de plataforma marina por la elevación del nivel del mar Caribe que podría cubrir algunas de las dependencias federales y zona deltaica	
Social	➤ Frecuentes situaciones de fricciones y anomia social	En nuevos asentamientos de inmigraciones
	➤ Incremento en la afectación de la salud por vectores y plagas	En casi todo el país
	➤ Trastornos de conducta por incertidumbre ante eventos extremos y desadaptación a nuevos lugares	En casi todo el país
Tecnología	➤ Dependencia de tecnologías que contrarresten los impactos de las variaciones de temperatura	En todo el territorio nacional
Institucional	➤ Presión sobre el aparato del estado para las soluciones de los problemas debido a la diversidad de cambios y crecientes demandas de la población	En todo el territorio nacional
Ambiente	➤ Alteración de la biodiversidad	En todo el territorio nacional
Legales	➤ Complejidad del marco regulatorio ambiental	Nacional
Finanzas	➤ Demanda sostenida de recursos financieros para atender las diversas situaciones en todos los ámbitos territoriales e institucionales	Nacional
<i>Horizonte Temporal 2060</i>		
Población	➤ Mayor densidad poblacional en la zona norte costera donde habita dos terceras partes de la población total del país (Población 45 millones)	Zona norte costera

	➤ Agudización de la vulnerabilidad u número de la población en riesgo social así como disminución de sus capacidades de adaptación	Principalmente zonas metropolitanas del país y algunas zonas rurales y fronterizas
Infraestructura Puerto, aeropuertos, vialidad costera	➤ Demanda sostenida de infraestructura acorde a las nuevas condiciones climáticas, salud y educación	En todo el país
Geopolítica	➤ Adaptaciones a las nuevas realidades geopolíticas en relación a las fachadas de integración del caribe, andina y amazónica y surgimiento de nuevos espacios de integración	Nacional
	➤ Amenaza de posible pérdida de plataforma marina por la elevación del nivel del mar Caribe que podría cubrir algunas de las dependencias federales y zona deltaica	
Social	➤ Frecuentes situaciones de fricciones y anomia social	En nuevos asentamientos de inmigraciones
Salud y vida	➤ Incremento en la afectación de la salud por vectores y plagas	En gran parte del país
	➤ Trastornos mentales por miedo a eventos extremos	En gran parte del país
Tecnología	➤ Dependencia de tecnologías que contrarresten los impactos de las variaciones de temperatura	En todo el territorio nacional
Institucional	➤ Presión sobre el aparato del estado para las soluciones de los problemas debido a la diversidad de cambios y crecientes demandas de la población	En todo el territorio nacional
Ambiente	➤ Alteración de la biodiversidad	En todo el territorio nacional
Legales	➤ Complejidad del marco regulatorio ambiental	Nacional
Finanzas	➤ Demanda sostenida de recursos financieros para atender las diversas situaciones en todos los ámbitos territoriales e institucionales	Nacional

5.7.4 Jerarquización de los requerimientos de adaptación

Para el diseño del Planteamiento Estratégico General acerca del Cambio Climático, obtenido a través de un proceso metodológico de análisis y consultas con expertos, se seleccionaron dieciocho (18) Áreas de Decisión, listadas a continuación:

1. Atención a los sectores indígenas
2. Concientización a todos los niveles
3. Desarrollo y uso masivo de sistemas de información geográfica
4. Educación formal que incluya la variable Cambio Climático
5. Ejes de desarrollo y planificación urbana
6. Fuentes de energía para el mercado interno
7. Inversiones en mitigación vs. Inversiones en adaptación
8. Investigación (agrícola, energética, hídrica, tecnológica, ecológica, socioeconómica, etc.)
9. Monitoreo y trabajo de campo

10. Núcleos de desarrollo endógeno, cultura y ambiente
11. Participación, Gestión y Protección ambiental
12. Petróleo, precios y producción
13. Planes, normativa y compromisos internacionales
14. Políticas Geo-Estratégicas en áreas marinas
15. Reforestación masiva de áreas degradadas
16. Saneamiento y control de ríos y cuencas
17. Seguridad alimentaria
18. Vialidad costera.

Estas áreas se sometieron a un proceso de jerarquización mediante consulta con expertos y actores seleccionados, para conocer su percepción acerca de las Áreas de Decisión según Criterios de Importancia, Urgencia y Enlaces entre ellas. Como resultado de este proceso se seleccionaron las siguientes áreas de decisión:

- A. Concientización a todos los niveles
- B. Investigación (agrícola, energética, hídrica, tecnológica, ecológica, socioeconómica, etc.)
- C. Monitoreo y trabajo de campo
- D. Participación, gestión y protección ambiental
- E. Saneamiento y control de ríos y cuencas
- F. Seguridad alimentaria.

A continuación una breve descripción de las áreas seleccionadas:

A. *Concientización a todos los niveles.* Es necesario lograr un amplio conocimiento de la presencia del Cambio Climático como fenómeno que nos afecta a todos y en todos los niveles. Las comunidades deben estar informadas para sensibilizarlas sobre los cambios climáticos que están ocurriendo o pueden ocurrir en un futuro próximo, y disminuir las vulnerabilidades de territorios y comunidades.

B. *Fomento de la investigación orientada a la toma de decisiones.* Este lineamiento se refiere a la necesidad de estimular la investigación orientada a darle soporte a la toma de decisiones asociadas a la adaptación y a la mitigación. En los diversos sectores (agrícolas, recursos hídricos, energía, etc.) se necesitará inversión en tecnología para enfrentar las medidas de adaptación.

C. *Potenciación de la capacidad del país para percibir y responder a los efectos del cambio climático.* Es necesario impulsar el desarrollo de todos los sistemas que actúan como sensores

para dar información sobre aspectos climáticos y evaluación de recursos costeros, calidad de agua, etc.

D. *Desarrollo de la participación, la gestión y la protección ambiental.* Para enfrentar el tema del Cambio Climático se requiere de un gran esfuerzo que debe incluir la participación de instituciones y comunidades, con una organización que la favorezca, dentro del marco institucional de seguridad de la Nación, que incluye el aspecto de protección ambiental.

E. *Ampliar y Fortalecer el saneamiento y control de ríos y cuencas.* Los planes tradicionales de conservación de cuencas deberán ajustarse a los cambios en el funcionamiento hídrico, o ejercer medidas que puedan significar mantener un patrón de sistema hídrico similar, como trasvases, o aprovechamiento optimizado del recurso agua ajustado a las condiciones de los cambios climáticos.

G. *Garantizar el desarrollo de la seguridad alimentaria.* Este lineamiento está orientado a tomar medidas de adaptación al Cambio Climático que tiendan a elevar el nivel de seguridad alimentaria dado el carácter estratégico que representa para el Estado y la sociedad.