

3.4 Efecto potencial del cambio climático sobre los principales recursos pesqueros ícticos de Venezuela

3.4.1 Metodología

Para el análisis de este subcomponente se utilizaron las bases de datos sobre series temporales de captura y esfuerzo disponibles en el Laboratorio de Evaluación de Recursos Pesqueros del Departamento de Biología Pesquera, Instituto Oceanográfico de Venezuela (IOV). Adicionalmente se complementó la información con datos disponibles en la plataforma en línea de la FAO e ICCAT.

Los sets de datos a utilizar comprenden los años 1995-2010 para dos especies: *Sardinella aurita* (sardina, pesquería artesanal) y *Thunnus albacares* (atún aleta amarilla, pesquería industrial de palangre), seleccionadas ambas por su importancia socioeconómica para Venezuela y por comprender las bases de datos con seguimiento histórico más completo, limitando la evaluación a la región nororiental venezolana (sureste del mar Caribe y frente atlántico).

Es importante señalar que la Captura por Unidad de Esfuerzo (CPUE) es un indicativo estimado de la posible abundancia de un recurso pesquero, puesto que su valor indica cómo es la relación entre la captura y el esfuerzo (Sparre y Venema, 1995); es decir, valores más altos de CPUE generalmente indican una mayor abundancia (gran captura con poco esfuerzo), mientras que valores menores señalan que probablemente la abundancia es baja (poca captura obtenida con mucho esfuerzo).

Por otro lado, la serie temporal de datos de temperatura superficial del mar provienen de la NOAA SST Data Base, y en el caso de temperatura del aire, pluviosidad, dirección-velocidad del viento se emplearon los registrados por la estación meteorológica del aeropuerto de Cumaná, estado Sucre, Venezuela. Aquellos meses donde no se encontraban disponibles datos satelitales, se emplearon los correspondientes a la serie temporal de laboratorios del IOV. El cálculo del índice de surgencia se efectuó siguiendo la metodología de Bowden (1983), utilizando la velocidad y dirección del viento.

Se utilizaron modelos lineales generalizados (GLM); Faraway (2006), con la captura por unidad de esfuerzo (CPUE) como variable respuesta, y como variables predictoras se utilizaron temperatura del aire, temperatura superficial del mar y precipitaciones. Las variables fueron escogidas por medio de tablas de análisis de desviación (Soto et al., 2009). La selección del modelo final estuvo basada en el criterio de información de Akaike (AIC), criterio de información Bayesiano (BIC) y la prueba de razón de verosimilitud entre modelos alternativos (LRT) (Akake, 1973; Faraway, 2006). Los modelos finales fueron utilizados para efectuar las proyecciones pertinentes de la CPUE para los años 2030, 2060 y 2090.

Las proyecciones antes mencionadas fueron efectuadas bajo dos de los cuatro escenarios de emisión señalados en el 5o informe del IPCC. El primero fue uno de los escenarios de estabilización o intermedio conocido como RCP4.5 y el segundo fue el RCP8.5 que considera un nivel muy alto de emisiones. Se utilizaron, entonces, los datos simulados de temperatura del aire por los modelos MIROC5 y HADGEM2 para ambos escenarios, suministrados por el Instituto Forestal Latinoamericano (IFLA) para la región de la costa

central de Venezuela (por ser el punto disponible más cercano al área de pesca nororiental).

Adicionalmente, se planteó un modelo de regresión lineal para estimar promedios anuales aproximados de temperatura superficial del mar a partir de promedios anuales de temperatura del aire.

Es importante señalar que los modelos de proyección desarrollados en el presente informe para los años futuros, están sujetos a un alto grado de incertidumbre; sin embargo, este tipo de proyecciones, ante posibles cambios futuros, representan un primer paso en la visualización de riesgos potenciales asociados a pesquerías venezolanas de gran importancia, los cuales deben considerarse para desarrollar planes de mitigación y adaptación ante los posibles efectos del cambio climático sobre recursos pesqueros de Venezuela.

3.4.2 Captura por Unidad de Esfuerzo (CPUE), como indicador de abundancia

La Captura por Unidad de Esfuerzo (CPUE) del recurso sardina fue mayor durante el período 1995-2003, con un descenso a partir del 2004 que se extendió hasta el año 2010 (Figura 3.39). Una marcada disminución en las capturas del recurso a partir del 2004 ya ha sido reportada por varios autores para el nororiente del país.

Por otro lado, la CPUE de la flota industrial palangrera reflejó valores menores durante los primeros años, con un aumento en 2005 y 2007, y subsecuente disminución a partir de 2008 para la especie *Thunnus albacares*, (Figura 3.40). Al comparar con otras investigaciones, la CPUE estandarizada para la especie mencionada ha mostrado valores relativamente estables hasta 2004, con tasas de captura que se incrementaron a un máximo en el 2007 (Narváez *et al.*, 2017).

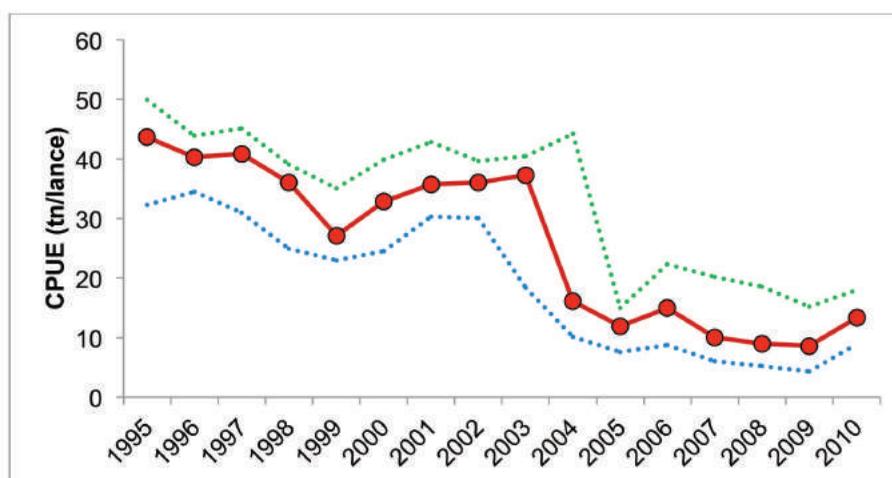


Figura 3.39 CPUE (toneladas/lance) de la pesquería artesanal de sardina (*Sardinella aurita*) en el nororiente de Venezuela para el período 1995-2014. Las líneas punteadas representan intervalos de confianza al 95%, estimado por medio de *bootstrap* no paramétrico.

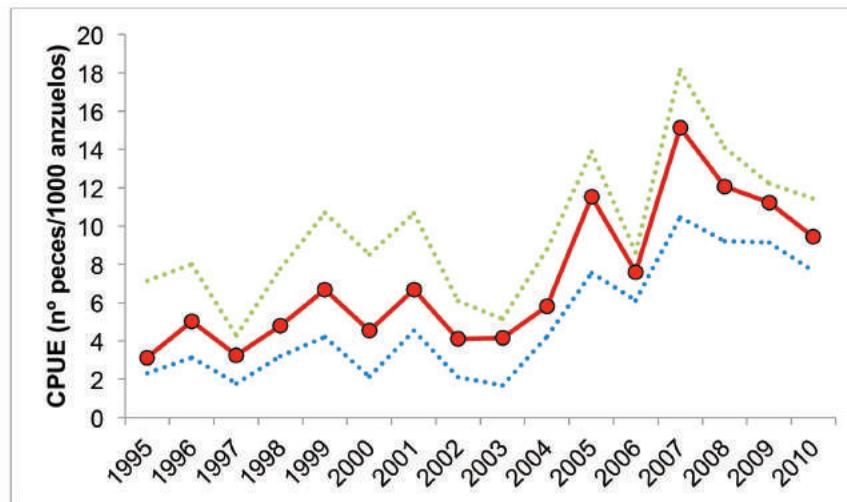


Figura 3.40 CPUE (No de peces/1000 anzuelos) de la pesquería industrial de palangre del atún aleta amarilla (*Thunnus albacares*) en el nororiente de Venezuela para el período 1995-2014. Las líneas punteadas representan intervalos de confianza al 95%, estimado por medio de *bootstrap* no paramétrico.

3.4.3 Potencial efecto de variables ambientales sobre la CPUE

En lo que respecta a la temperatura del aire (TA) y superficial del mar (TSM), se observó un claro aumento de los valores promedios a partir del año 1998, con diferencias significativas entre los años para ambas variables (TSM: KW = 53,221; $p < 0,001$. TA: KW = 69,88; $p < 0,001$; Figura 3.41).

Se observó, además, una relación significativa entre la temperatura media anual del aire y la media anual superficial del agua ($F = 12,03$; $p = 0,003$; Figura 3.42). Esta asociación también ha sido señalada en otras investigaciones, como la de Hernández, Deckers *et al.*, (2008), quienes encontraron correlación significativa entre ambas.

Por otro lado, al evaluar la posible asociación del índice de surgencia con la CPUE, tanto de sardina como de atún, se encontraron asociaciones significativas de tipo positivo con la primera especie (coeficiente de correlación de Spearman = 0,688; $p < 0,001$) y negativo con la segunda (coeficiente de correlación de Spearman = 0,671; $p < 0,001$).

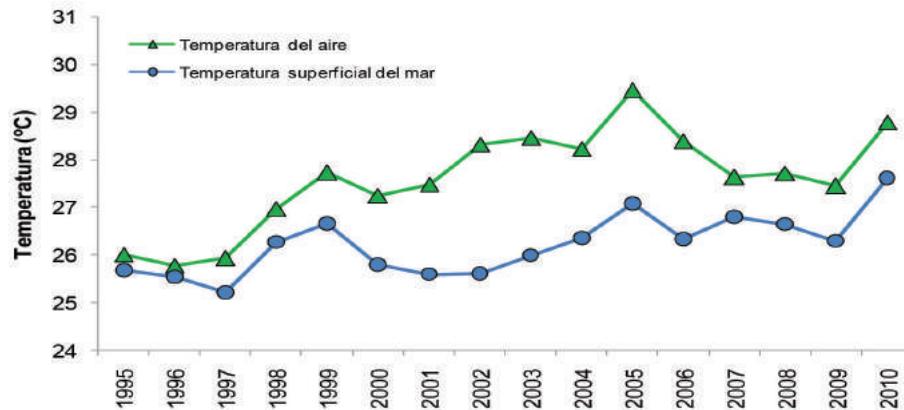


Figura 3.41 Promedios anuales de temperatura del aire y de temperatura superficial del mar (°C) para la región nororiental de Venezuela, correspondientes al período 1995-2010.

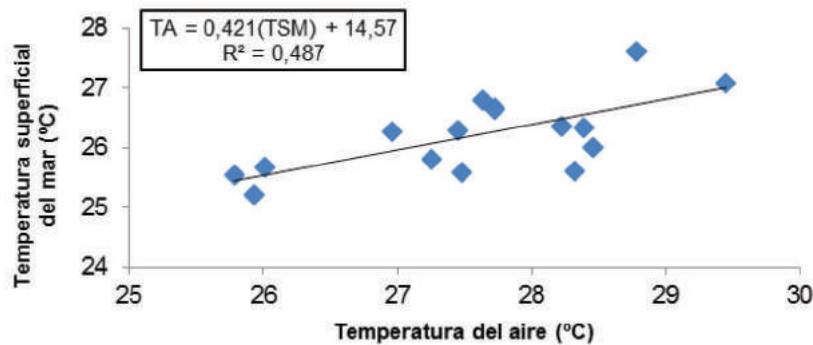


Figura 3.42 Relación entre las medias anuales de temperatura del aire y temperatura superficial del mar (°C) para la región nororiental de Venezuela, correspondientes al período 1995-2010.

Puede decirse que, de forma general, una surgencia más intensa favorece las tasas de captura de la sardina, tal como se observó para los primeros años de la serie, donde a partir de 2004, al disminuir la intensidad de la surgencia, también lo hizo la CPUE anual de este pequeño pelágico (Figura 3.43), mientras que ocurre todo lo contrario con las tasas de captura del atún aleta amarilla para el período mencionado (Figura 3.44). Lo anterior es un posible indicador de que cambios climáticos futuros en la velocidad del viento y su dirección (variables que determinan cómo será la surgencia en el nororiente venezolano) pueden llegar a afectar ambos recursos pesqueros.

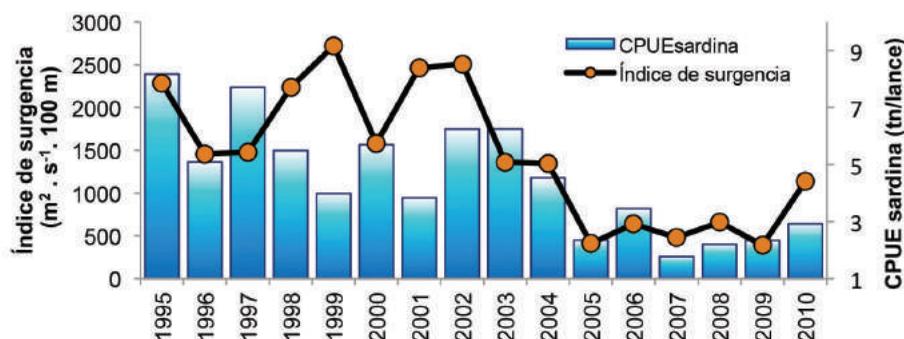


Figura 3.43 Capturas por Unidad de Esfuerzo (CPUE) de la especie *Sardinella aurita* (sardina) en relación con fluctuaciones de los promedios anuales del índice de surgencia para la región nororiental de Venezuela, correspondientes al período 1995-2010.

La surgencia costera en el nororiente de Venezuela, es un mecanismo esencial de enriquecimiento de esta área en particular (Aparicio y Contreras, 2003). Este fenómeno es causado por los vientos alisios, los cuales tienden a mover el agua junto a la costa hacia el noroeste, removiendo las capas superficiales de la columna de agua y permitiendo el ascenso de aguas sub-superficiales relativamente frías, con temperaturas inferiores a 24 °C. Estas aguas son ricas en sales inorgánicas que propician la proliferación de fitoplancton y, por lo tanto, una elevada productividad, que a su vez da origen a una riqueza pesquera considerable y favorece la abundancia de peces filtradores, con ciclo de vida corto y crecimiento rápido, como la sardina (Margalef, 1965; Gómez, 1996).

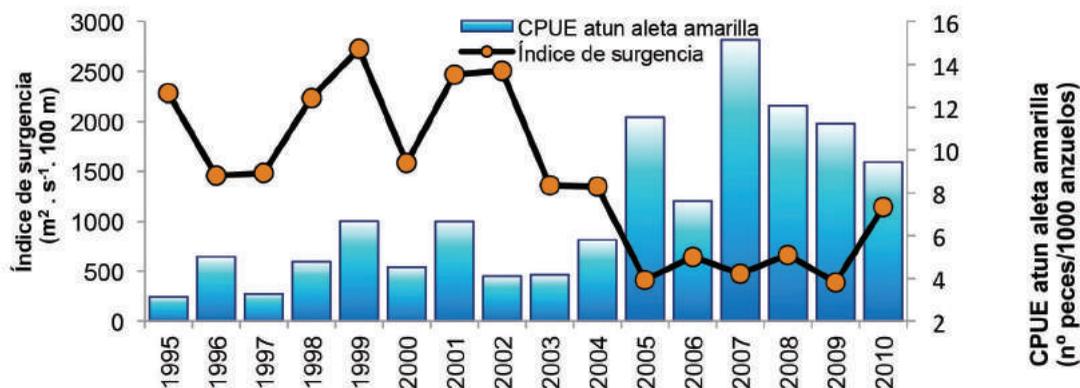


Figura 3.44 Capturas por unidad de esfuerzo (CPUE) de la especie *Thunnus albacares* (atún aleta amarilla) en relación con fluctuaciones de los promedios anuales del índice de surgencia para la región nororiental de Venezuela, correspondientes al período 1995-2010.

Si bien es cierto que hasta el momento no se ha podido establecer con certeza absoluta cuáles son las causas de la disminución en las tasas de captura a partir de 2004, se ha especulado respecto a variaciones naturales en la dinámica poblacional de la especie, la sobreexplotación del recurso y los cambios ambientales notables en la productividad en la región. Con respecto a lo último, en la isla de Margarita, Venezuela, durante el año 2005, la temperatura superficial de las aguas fue más alta que en los años precedentes; es decir, la surgencia fue débil, así como los niveles de producción planctónica, por lo que se sugirió que la baja disponibilidad de alimento afectó al recurso, produciendo su ausencia en los caladeros tradicionales costaneros (Gómez *et al.*, 2008).

En relación con los modelos lineales generalizados (GLM), se encontró que las variables que explicaron de forma significativa una parte del porcentaje de la variación observada en la CPUE de la sardina fueron la temperatura del aire y la temperatura superficial del mar. El modelo de mejor ajuste, con un porcentaje de varianza explicado de 32,21%, fue el siguiente:

$$\text{CPUE sardina} = \text{Intercepto} - \text{Temp Superficial del Mar} - \text{Temp del Aire}$$

Se observaron coeficientes negativos para las dos variables ambientales dentro del modelo final; es decir, que temperaturas más bajas (del aire y superficial del mar) están asociadas a mayores rendimientos (CPUE) del recurso (Figura 3.45).

Al respecto, González *et al.* (2007), estudiaron la relación de las capturas de sardina en el Morro de Pampatar, en la isla de Margarita, Venezuela, con la velocidad del viento, la temperatura superficial del mar, la temperatura del aire y la pluviosidad entre enero de 1996 y diciembre del año 2000, reportando una relación negativa entre la captura y la temperatura del aire. Por su parte, Eslava *et al.*, (2009) utilizaron la CPUE como índice de abundancia relativa, encontrando un coeficiente de regresión significativo de tipo negativo con la temperatura del aire ($p < 0,05$).

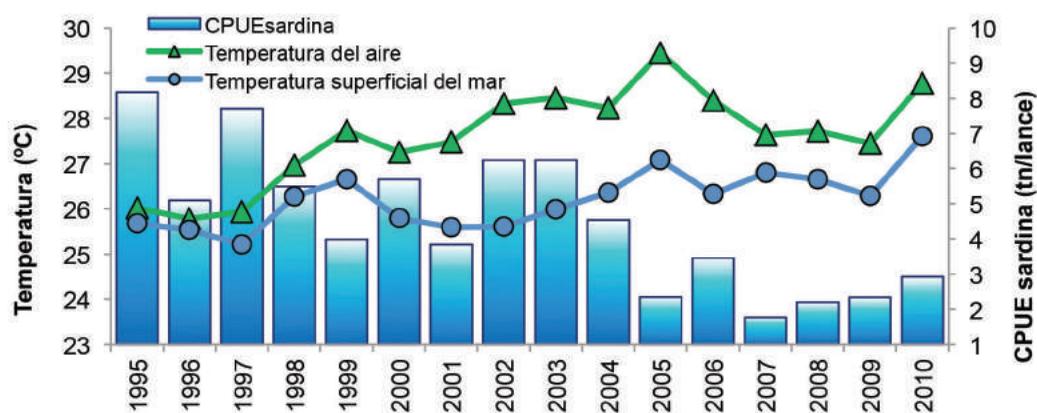


Figura 3.45 Capturas por Unidad de Esfuerzo (CPUE) de la especie *Sardinella aurita* (sardina) en relación con fluctuaciones de los promedios anuales de temperatura del aire y superficial del mar (°C) para la región nororiental de Venezuela, correspondientes al período 1995-2010.

Dentro de los modelos para atún, se encontró que las variables con efecto significativo sobre la CPUE fueron temperatura superficial del mar, temperatura del aire e incluso la CPUE de sardina, observando una vez más que las precipitaciones no explicaron un porcentaje significativo. El modelo de mejor ajuste, con un porcentaje de varianza explicado de 37,03%, fue el siguiente:

$$\text{CPUE atún} = \text{Intercepto} + \text{Temp Superficial del Mar} + \text{Temp del Aire} - \text{CPUE sardina}$$

Al contrario de lo presentado para *S. aurita*, los coeficientes de ambas temperaturas, estimados por el modelo final, fueron positivos, lo cual indica que mayores temperaturas son las que favorecen las tasas de captura de *T. albacares* (Figura 3.46), mientras que abundancias relativas más bajas de sardina están asociadas con tasas de captura más altas de este atún. Con referencia a esto último, la pesquería de palangre en Venezuela, cuya especie objetivo principal es el atún aleta amarilla, utiliza como carnada calamares, sardinas y otros clupeidos (Ortiz y Arocha, 2004); además, el tipo de carnada utilizada para la pesca de este atún tiene un efecto significativo sobre su Captura por Unidad de Esfuerzo (Narváez *et al.*, 2017).

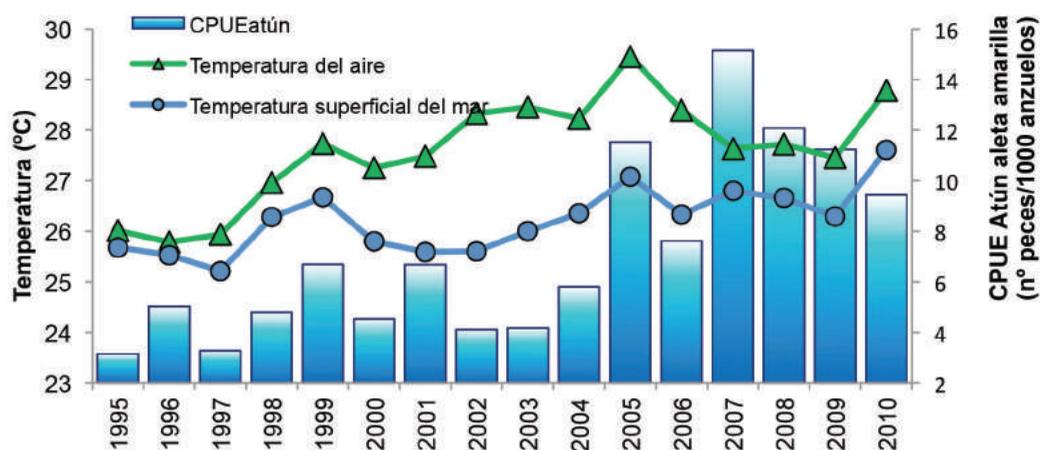


Figura 3.46 Capturas por Unidad de Esfuerzo (CPUE) de la especie *Thunnus albacares* (atún aleta amarilla) en relación con fluctuaciones de los promedios anuales de temperatura del aire y superficial del mar (°C) para la región nororiental de Venezuela, correspondientes al período 1995-2010.

3.4.4 Proyección de CPUE bajo dos escenarios hipotéticos de cambio climático

Al utilizar los datos de temperatura del aire, simulados por los modelos MIROC5 y HADGEM2 para décadas futuras, como valores de entrada en los modelos lineales generalizados de mejor ajuste, se observa de forma general una tendencia hacia la disminución de la CPUE anual de sardina (Figura 3.47). De hecho, los valores proyectados de tasa de captura, tanto en el escenario 4.5 como en el 8.5, se ven reducidos prácticamente

a la mitad al ser comparados con los valores promedio reportados para el período 2004-2010 (Figura 3.48). En los dos escenarios de emisión, la temperatura del aire proyectada va en aumento; por lo tanto, se asume que probablemente algo similar suceda con la temperatura superficial del mar. Con respecto a esto último, Taylor *et al.*, (2012) muestra con su investigación que el mar Caribe sur ha experimentado un calentamiento sustancial y disminución en la surgencia a partir del año 2004. Posterior al 2004, años subsecuentes de surgencia débil (temperaturas más altas) agregaron presión ambiental al hábitat de esta especie en la parte sur del mar Caribe (producto de la disminución en la disponibilidad de alimento), mientras que una alta presión pesquera sobre el recurso limitó la habilidad de la población de sardinas para recuperarse (Rueda-Roa *et al.*, 2017).

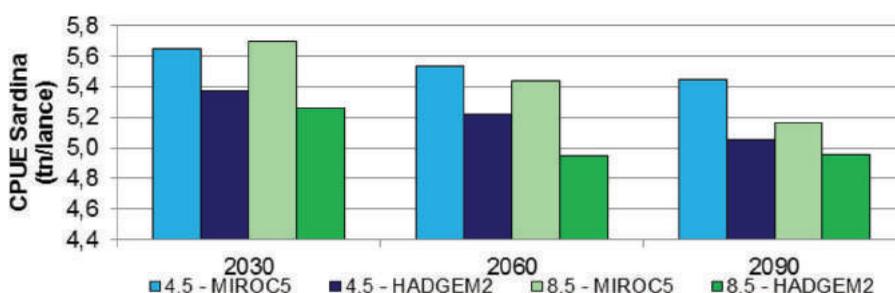


Figura 3.47 CPUE promedio anual de sardina, proyectada en los dos escenarios de emisión (4.5 y 8.5), con base en datos simulados de temperatura del aire provenientes de los modelos MIROC5 y HADGEM2, para los períodos 2030, 2060 y 2090.

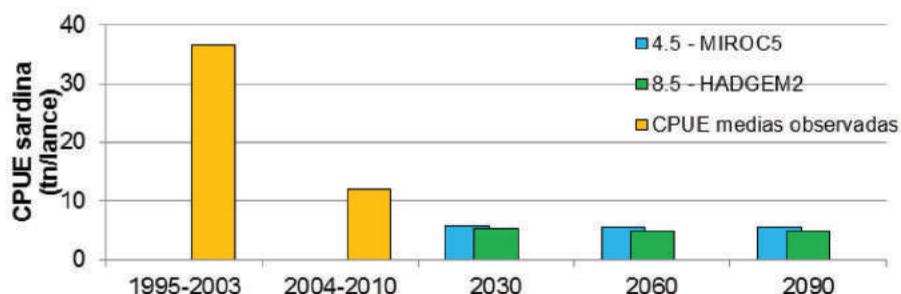


Figura 3.48 CPUE promedio anual de sardina, proyectada en los dos escenarios de emisión (4.5 y 8.5) en comparación con valores registrados durante los períodos 1995-2003 y 2004-2010.

En lo que respecta a la especie *Thunnus albacares*, los datos proyectados para el 2030, 2060 y 2090, muestran una tendencia hacia el aumento de las tasas de captura, con valores mayores de CPUE al utilizar los datos de temperatura generados por el modelo HADGEM2 en comparación con los suministrados por el modelo MIROC5, así como un incremento más notable en el escenario de emisión 8.5 (Figura 3.49). Al contrastar los valores proyectados para las décadas futuras, con los observados durante los períodos 1995-2003 y 2004-2010, en el escenario 4.5 la CPUE tiene un aumento no muy marcado; sin embargo, para el escenario 8.5, las tasas de captura probablemente dupliquen las registradas durante años pasados (Figura 3.50).

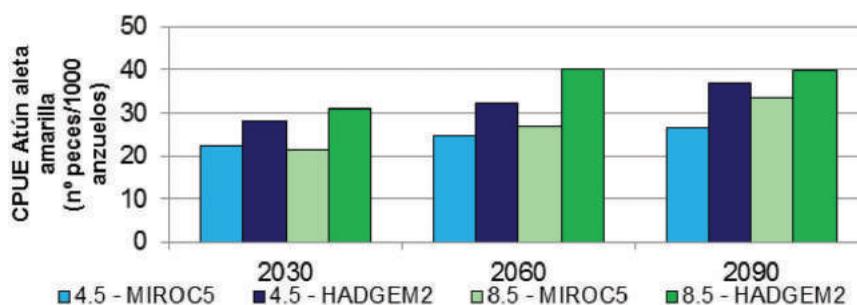


Figura 3.49 CPUE promedio anual de atún aleta amarilla, proyectada en los dos escenarios de emisión (4.5 y 8.5), con base en datos simulados de temperatura del aire provenientes de los modelos MIROC5 y HADGEM2, para los períodos 2030, 2060 y 2090.

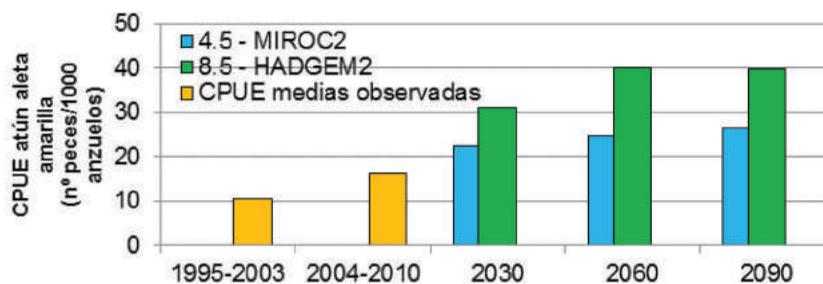


Figura 3.50 CPUE promedio anual de atún aleta amarilla, proyectada en los dos escenarios de emisión (4.5 y 8.5) en comparación con valores registrados durante los períodos 1995-2003 y 2004-2010.

Por otro lado, al considerarse las proyecciones de las tasas de captura, pero en términos mensuales, los mayores valores se observan en los primeros y últimos meses del año en el caso de la sardina (Figura 3.51) y todo lo contrario se visualiza en la CPUE del atún aleta amarilla (Figura 3.52).

Es posible que la tendencia mensual proyectada para *S. aurita* pueda ser atribuida a posibles cambios en la intensidad de la surgencia, puesto que, como se mencionó anteriormente, una surgencia fuerte está asociada a temperaturas más bajas; por lo tanto, aguas relativamente frías están relacionadas de forma indirecta con una mayor disponibilidad del plancton que sirve de alimento a la sardina. De hecho, en los datos proyectados de temperatura del aire

con los modelos MIROC5 y HADGEM2, los meses más fríos se encuentran a principios y finales de año.

Al respecto, Rueda y Muller (2013), al evaluar una serie temporal de surgencia para el nororiente venezolano, señalan que los meses durante los cuales la surgencia es más intensa (surgencia fuerte, aguas más frías) son de noviembre-diciembre hasta abril-mayo, con una surgencia secundaria (surgencia moderada) en junio-agosto y pequeños pulsos entre los meses de septiembre-noviembre (surgencia débil o calma, aguas más cálidas).

Adicionalmente, la temperatura señalada como óptima o preferida por la especie *Sardinella aurita* a nivel mundial se encuentra alrededor de los 24 °C (Cheung *et al.*, 2013), que es aproximadamente la temperatura promedio de las aguas de surgencia costera para el nororiente de Venezuela (Aparicio y Contreras, 2003).

Con referencia a la especie *Thunnus albacares*, su preferencia está dirigida a aguas más cálidas que las de la sardina, con temperatura reportada como preferencial alrededor de los 28 °C (Cheung *et al.*, 2013), por lo cual el calentamiento de las aguas proyectado para los años 2030, 2060, 2090 posiblemente favorezca la abundancia relativa de la especie, sin dejar de considerar que aun así puede darse el caso donde la temperatura se aproxime al extremo superior dentro del intervalo soportado fisiológicamente por la especie, señalado entre los 15 °C y los 31 °C por Collette y Nauen (1983), lo cual posiblemente podría ocasionar disminuciones en las tasas de captura para el 2030, 2060 y 2090.

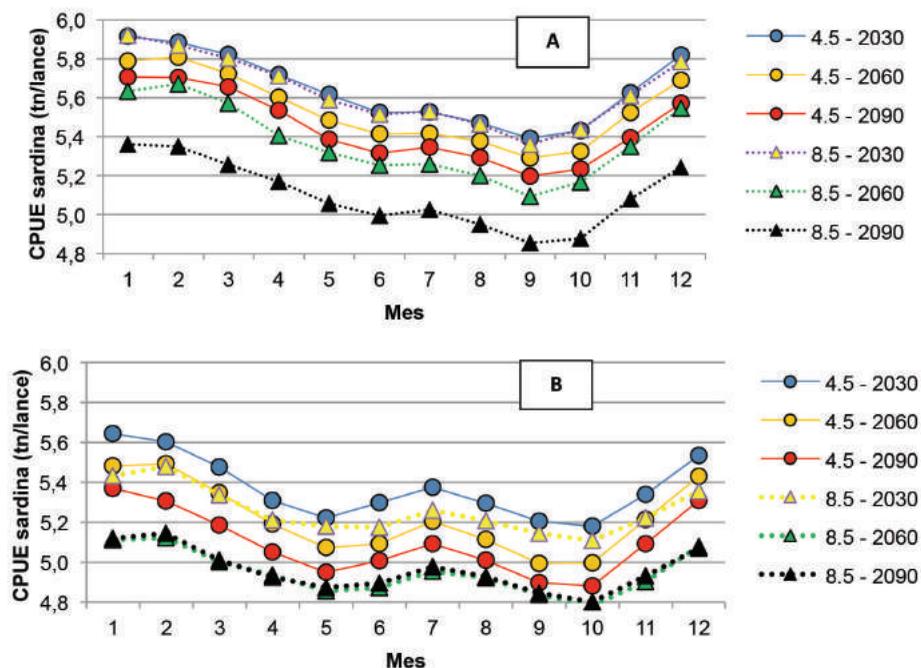


Figura 3.51 CPUE promedio promedio de sardina, proyectadas mensualmente bajo los dos escenarios de emisión (4.5 y 8.5), en base a datos simulados de temperatura del aire provenientes del modelo MIROC5 (A) y HADGEM2 (B), para los períodos 2030, 2060 y 2090.

El atún aleta amarilla presenta una amplia distribución; sin embargo, tal como lo señalan Narváez *et al.* (2017) al estimar índices de abundancia relativa para la especie con la serie temporal 1991-2014, en la parte sureste del mar Caribe y frente atlántico, las

abundancias relativas más altas generalmente fueron observadas lejos de las áreas costeras. Esto último es un indicador de que *T. albacares* no asocia su distribución con las aguas frías características de la surgencia costera; por el contrario, parece distribuirse en mayor abundancia lejos de las plumas de surgencia, donde el agua resulta más cálida.

3.4.5 Sectores potencialmente vulnerables ante posibles efectos del cambio climático sobre pesquerías venezolanas

La actividad pesquera de Venezuela se centra principalmente en la producción de dos especies marinas: *Sardinella aurita* y *Thunnus albacares*, las cuales representan aproximadamente el 54% de las capturas nacionales; ambas generan un importante nivel de empleo y de movimiento industrial dentro del sector (FAO, 2005).

Cualquier cambio en las tasas de capturas de una de estas dos especies puede llegar a tener impacto sobre diversos sectores de la sociedad venezolana; en primer lugar, sobre aquellas comunidades pesqueras dedicadas a la explotación de sardina. Entre estas comunidades pueden señalarse, en el estado Sucre, a las siguientes: Guayacán, Guaca, Guatapanare y Morro de Puerto Santo; en ellas, la principal fuente de ingresos monetarios tiene como base la actividad pesquera. La sardina representa una de las fuentes de alimento de mayor consumo por parte de los sectores con menores beneficios económicos del país. Además, sustenta empresas enlatadoras que constituyen fuentes de trabajo para diversos sectores de la población. Todo lo anterior la convierte en uno de los rubros con mayor contribución a la soberanía alimentaria de Venezuela.

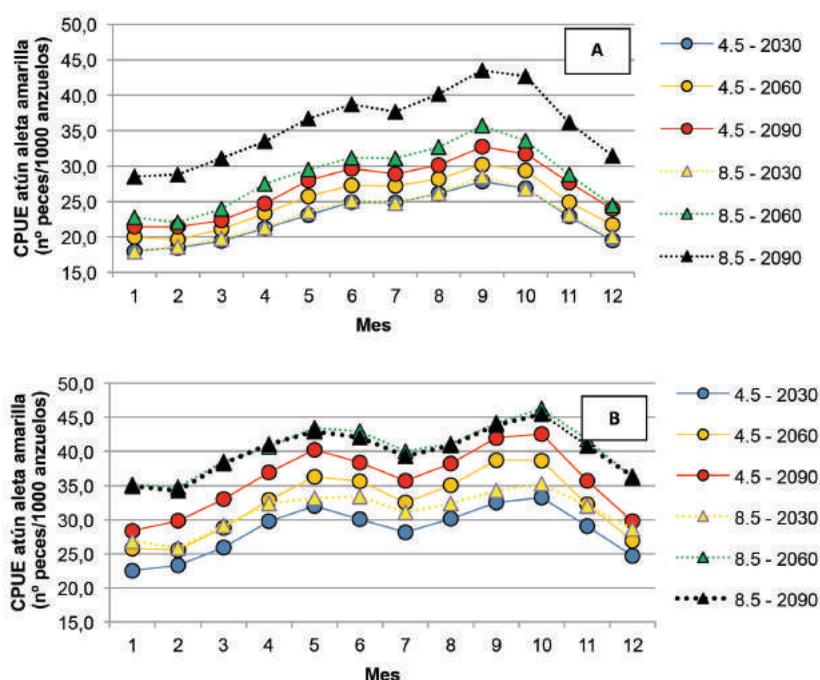


Figura 3.52 CPUE promedio de atún aleta amarilla, proyectada mensualmente en los dos escenarios de emisión (4.5 y 8.5), con base en datos simulados de temperatura del aire provenientes del modelo MIROC5 (A) y HADGEM2 (B), para los períodos 2030, 2060 y 2090.

En el caso de los atunes, parte de su comercio tiene lugar dentro del apartado de exportaciones, siendo fuente de divisas para el país. Sostienen por tanto una maquinaria industrial y de comercialización que ofrece beneficios a múltiples niveles. Específicamente, el oriente venezolano contribuye con más del 70% de los desembarques nacionales y coloca a Venezuela como el primer país pesquero del Caribe (Molinet *et al.*, 2008). Cualquier alteración en las condiciones ambientales del área tendrá efectos sobre los ecosistemas marinos, y por lo tanto, posiblemente de forma indirecta, sobre las especies objetivo de pesquerías artesanales e industriales, junto con las comunidades que se benefician de ambos sectores.

3.4.6 Medidas de adaptación

Ajustes en la gestión de los recursos pesqueros

Es necesario que la ordenación de los recursos en Venezuela sea lo suficientemente flexible como para ajustarse a los efectos del cambio climático, lo cual requiere un enfoque ecosistémico, donde no solo se considere a la especie objetivo de la pesquería, sino también las interacciones de la misma con otras especies y con las condiciones ambientales.

Un ejemplo sugerido de una ordenación que contempla lo antes señalado es la recomendada por Rueda *et al.*, (2017) para la especie *Sardinella aurita* (sardina) en el oriente Venezolano, donde se resalta la importancia de evaluar en conjunto las variables ambientales que la afectan; señalan que durante años en los cuales la surgencia es débil en el primer trimestre (surgencias débiles son desfavorables para la sardina), regulaciones particulares deben ejecutarse durante la segunda mitad del año para evitar una presión mayor sobre la población biológica y por consiguiente el potencial colapso de dicha pesquería.

Deben, por tanto, desarrollarse lo antes posible planes de manejo adaptativos, ante las posibles repercusiones del cambio climático para sardina (*S. aurita*), atunes (*Thunnus albacares*), mejillón (*Perna perna*), pepitona (*Arca zebra*), pulpo (*Octopus spp.*), entre otros.

Se debe estudiar la vulnerabilidad al aumento de las temperaturas marinas futuras de estas especies.

Acuicultura como actividad alternativa o complementaria

En escenarios futuros, donde la disminución en las tasas de captura es una posibilidad, la acuicultura puede ser una actividad a ser desarrollada en las comunidades de pescadores como fuente de ingresos y proteína animal, ya sea complementaria o alternativa. La acuicultura sugerida como actividad complementaria no implica una inversión monetaria muy alta, puesto que pueden desarrollarse sistemas de cultivo como cuerdas para bivalvos en las playas de pescadores, haciendo recolecta de semillas (bivalvos juveniles) en los bancos naturales de moluscos del nororiente venezolano.

Si bien el ritmo de crecimiento de la acuicultura en Venezuela ha sido lento, existen las bases para un desarrollo sustancial de actividades de piscicultura (zonas y aguas apropiadas). La inversión por parte del sector privado, organizaciones e instituciones internacionales e intergubernamentales podría ser una opción para ejecutar proyectos a mayor escala de acuicultura.

Evaluación de otros recursos pesqueros potenciales

Desarrollo de un programa de nuevas pesquerías orientado a generar y configurar las bases biológicas y tecnológicas que contribuyan a crear nuevas pesquerías alternativas manejadas de manera sustentable. Un programa piloto, de esta naturaleza, debe efectuarse a la brevedad posible, con el propósito de plantear opciones ante el futuro declive de pesquerías que actualmente se desarrollan en Venezuela.

Además, existen recursos pesqueros demersales que se dejaron de explorar por la eliminación y el mal manejo de la pesquería de arrastre de fondo en Venezuela, los cuales, con un buen plan de manejo, podrían generar recursos pesqueros de cuantía considerable que hoy día no son explotados porque ninguna otra pesquería los extrae de manera industrial o semiindustrial.

Diversificación de actividades económicas en comunidades pesqueras

En Venezuela, para el año 2004, el número de comunidades costeras de pescadores identificadas ascendía hasta 390, las cuales, en su mayoría, se enfocaban en la pesca junto con actividades conexas y agrupaban aproximadamente un total de 7900 pescadores (FAO, 2005).

En comunidades de pescadores, como Guaca, Guayacán, Morro de Puerto Santo, entre otras, es necesario intensificar los estudios socioeconómicos y culturales, para determinar cuáles pueden ser las actividades económicas alternativas ante un declive en el stock sardinero, incluyendo de forma conjunta, el financiamiento para proyectos endógenos enfocados en el bienestar de la comunidad, que no dependan de los recursos capturados en el mar.

Disminución de impactos antropogénicos sobre áreas de pesca y cría de especies explotadas

Disminución del esfuerzo pesquero para aquellos recursos más vulnerables ante el cambio climático (como la sardina), así como un seguimiento estricto y continuo de su estado y pesquería. Además, se recomienda disminuir los niveles de impacto humano en las áreas en las cuales las especies de interés comercial se dirigen para reproducirse y crecer. En relación con esto último, debe considerarse que en muchos casos el número y calidad de los hábitats disponibles para los juveniles de peces puede determinar el tamaño poblacional (Tupper y Boutillier, 1997), lo cual forma parte del éxito en la formación de múltiples stocks pesqueros. Entre las áreas que se recomiendan evaluar y proteger se pueden mencionar: lagunas costeras, manglares, praderas de fanerógamas y algas marinas, estuarios, entre otros.

3.5 Impacto del cambio climático en el incremento del nivel del mar en la zona costera venezolana

El incremento del nivel y de la temperatura de la superficie del mar tendrá un impacto directo en las zonas costeras del país (Figura 3.53). Donde se emplaza una población estimada de 4.401.486 habitantes (19% del total nacional) y 14 ciudades con más de 50.000 habitantes (MPPA, Proyecto de Decreto del Plan de Ordenación y Gestión Integrada de las Zonas Costeras de Venezuela, 2010).

3.5.1 Principales implicaciones del cambio climático en las zonas costeras de Venezuela

Entre los principales problemas asociados está el incremento del nivel medio del mar, el cual se proyecta, según modelos numéricos globales, entre 50 centímetros y 1 metro de altura. Asociado a este incremento, se espera erosión en las playas arenosas y disminución de la diversidad biológica de los ecosistemas costeros. Además, se espera una seria afectación a las comunidades emplazadas en este espacio geográfico, como consecuencia del aumento en la intensidad y frecuencia de eventos meteorológicos extremos (MPPA, 2011).



Figura 3.53 Ámbito territorial. Zonas costeras de Venezuela. Fuente: MPPA, Plan de Ordenación y Gestión Integrada de las Zonas Costeras de Venezuela, Bases del Plan -2009.

Los estudios de vulnerabilidad indican que la región de América Latina y el Caribe se enfrenta a la amenaza del cambio climático, dadas sus características ambientales particulares, y porque el incremento de medio metro (0,50 m) en el nivel del mar inundaría más del 50% de las playas arenosas en el Caribe, entre los próximos 50 a 100 años (NOAA, 2010).

Ascenso del nivel del mar

En la República Bolivariana de Venezuela existen estudios realizados por las universidades venezolanas, entre los cuales destaca el de la Universidad del Zulia financiado por el Fondo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (FONACIT) desde el año 2009 en el marco del Proyecto “Estudio de las variaciones de nivel del mar en las Costas Venezolanas y sus implicaciones en la Gestión de Riesgos”, donde se caracteriza la variabilidad del mar en la costa venezolana. En dicho estudio (Acuña, 2013) se generó una serie de tiempo del nivel instantáneo del mar, empleando datos satelitales altimétricos multimisión (Topex/Poseidon, ERS-1/2, GFO, Jason-1 y Envisat) para las nueve locaciones de importantes mareógrafos del país, con registros de 17 años correspondientes al período 1992-2009. Esto permitió observar la variabilidad temporal y espacial del nivel del mar desde el occidente hasta el oriente del país, detectándose que la principal característica de la variabilidad del mar en la costa venezolana es la oscilación anual directamente relacionada con el ciclo anual del calentamiento solar en el hemisferio norte. Debido a ello y a la expansión termal de las masas de agua oceánica, el estado del mar en esta región muestra niveles máximos en septiembre y mínimos en febrero. Además, se presentan cambios del estado del mar con períodos de aproximadamente tres meses, generando niveles máximos y mínimos secundarios a mediados de cada año, entre los meses de febrero y septiembre. La oscilación anual va de 30 cm en la costa occidental con tendencia a disminuir hacia la zona oriental, donde alcanza valores de 20 cm.

A pesar de que los registros de marea son cortos, de los mareógrafos instalados en la línea costera venezolana se puede apreciar una tendencia al incremento de aproximadamente 2 mm/año (Almeida, 1990). La variabilidad del mar en la costa venezolana, registrada por las observaciones altimétricas (Acuña, 2013), en términos generales es de ± 7 cm RMS y permite verificar el aumento secular del nivel del mar de la región a una tasa anual que oscila en +2 mm/año (valor próximo al obtenido por altimetría para la región del Caribe: +2,8 mm/año). Su magnitud es una medida del impacto de las fluctuaciones irregulares de la temperatura, salinidad, vientos, presión atmosférica y corrientes oceánicas de la región costera venezolana sobre el nivel del mar.

Respecto a la tasa de cambio anual del nivel del mar regional, en todos los lugares, con la excepción del mareógrafo de Güiría, las series de tiempo registran un aumento permanente (sostenido) en el nivel del mar (Acuña, 2011a).

El Ministerio del Ambiente, actual Ministerio del Poder Popular para el Ecosocialismo y Aguas, en el estudio de la Zona Costera Venezolana, planteó como escenario que el incremento del nivel del mar sea de 0,517 m para el año 2090. Utilizando ese valor y aplicando herramientas de análisis espacial, realizó una estimación de la pérdida de superficie, sectorizando la costa venezolana en Occidental, Occidente-Centro, Oriental, Sistema Deltaico y Sector Insular. En las Figuras 3.54 a 3.58 se presentan los resultados, denotándose

en color azul las áreas sumergidas. Se proyectaron un total de 15.734 km², de los cuales 10.803 km² corresponden al estado Delta Amacuro.

Los resultados obtenidos representan visiones generales de impactos generados por el aumento de la variabilidad del nivel medio del mar en la zona costera venezolana. Adicionalmente, se establecieron rangos de vulnerabilidad por amenazas socioculturales y tecnológicas, de acuerdo con la densidad de población y de los elementos del ambiente marino presentes en cada unidad de costa. Los valores se determinaron de las potenciales pérdidas de vidas humanas, hábitats o ecosistemas (Tabla 3.11).

Tabla 3.11 Rangos de vulnerabilidad adoptados para la zona costera de la República Bolivariana de Venezuela.

Rango de Densidad de Población (Nº hab/sup. km ²)	Rango de Vulnerabilidad Espacio Terrestre
Mayor de 1.000	Muy Alta
400 - 999	Alta
100 - 399	Media
11-99	Baja
Menor de 10	Muy Baja
Elemento del Ambiente Marino	Rango de Vulnerabilidad Espacio Acuático Marino
Presencia de Áreas Bajo Régimen de Administración Especial	Alta
Presencia de Áreas Marinas Prioritarias para la Conservación	Media
Otras Áreas Marinas	Baja

Fuente: MPPA, 2010; 2013.

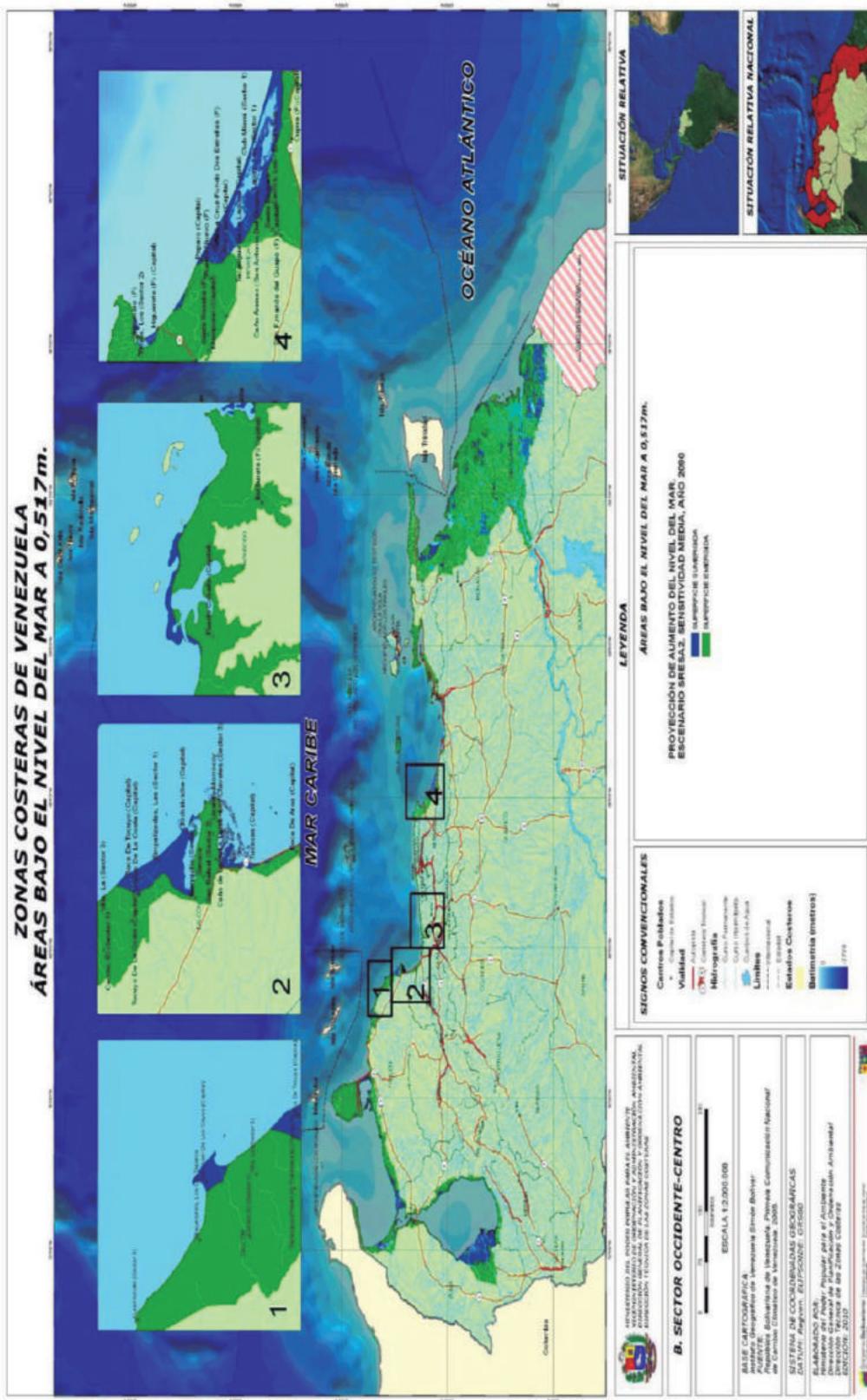


Figura 3.55 Estimación de la pérdida de superficie asociada al incremento en el nivel medio del mar de 0,517 metros. Sector Occidente-Centro.

Fuente: MPPA, 2010

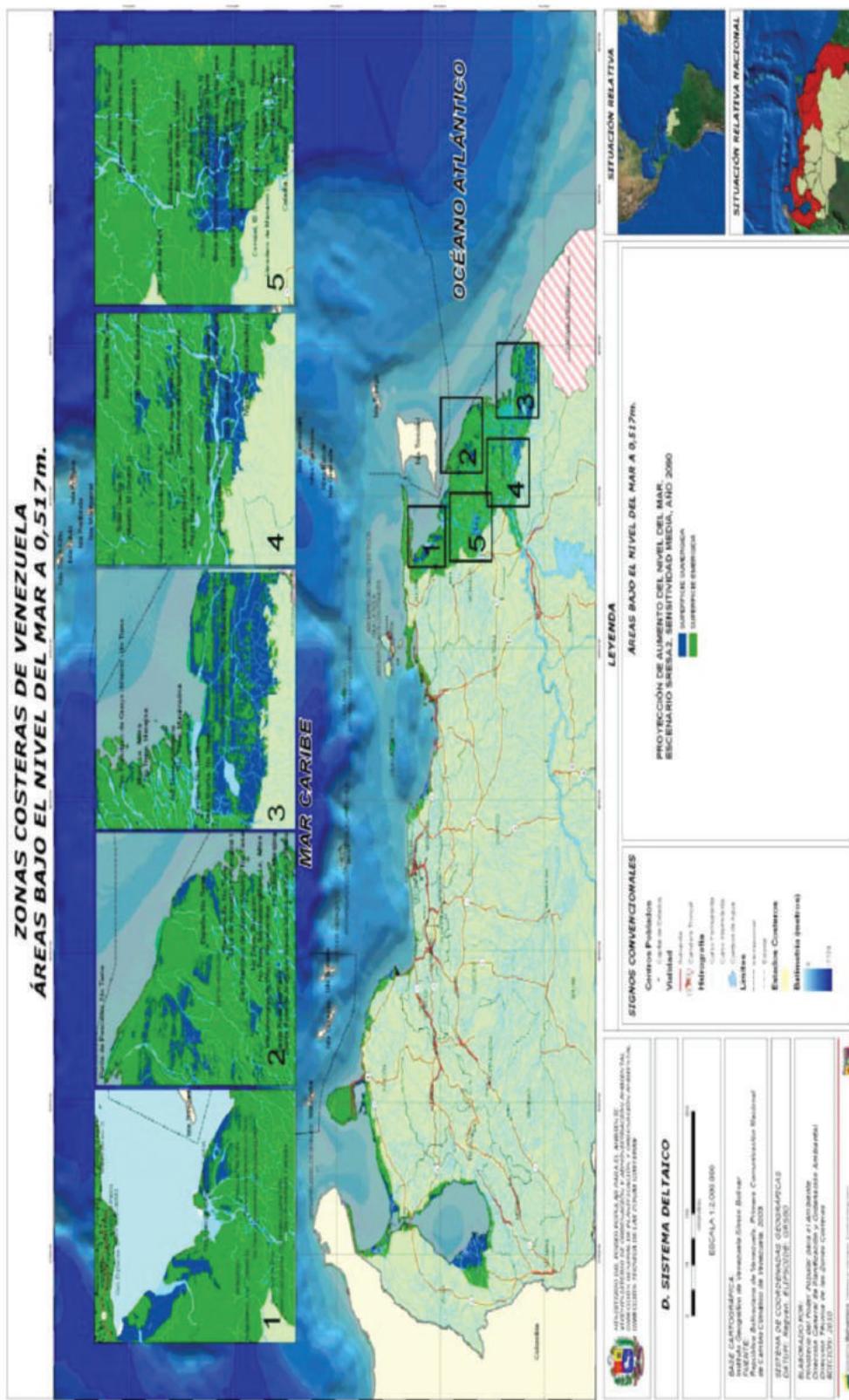


Figura 3.57 Estimación de la pérdida de superficie asociada al incremento en el nivel medio del mar de 0,517 metros. Sistema Deltaico.

Fuente: MPPA, 2010

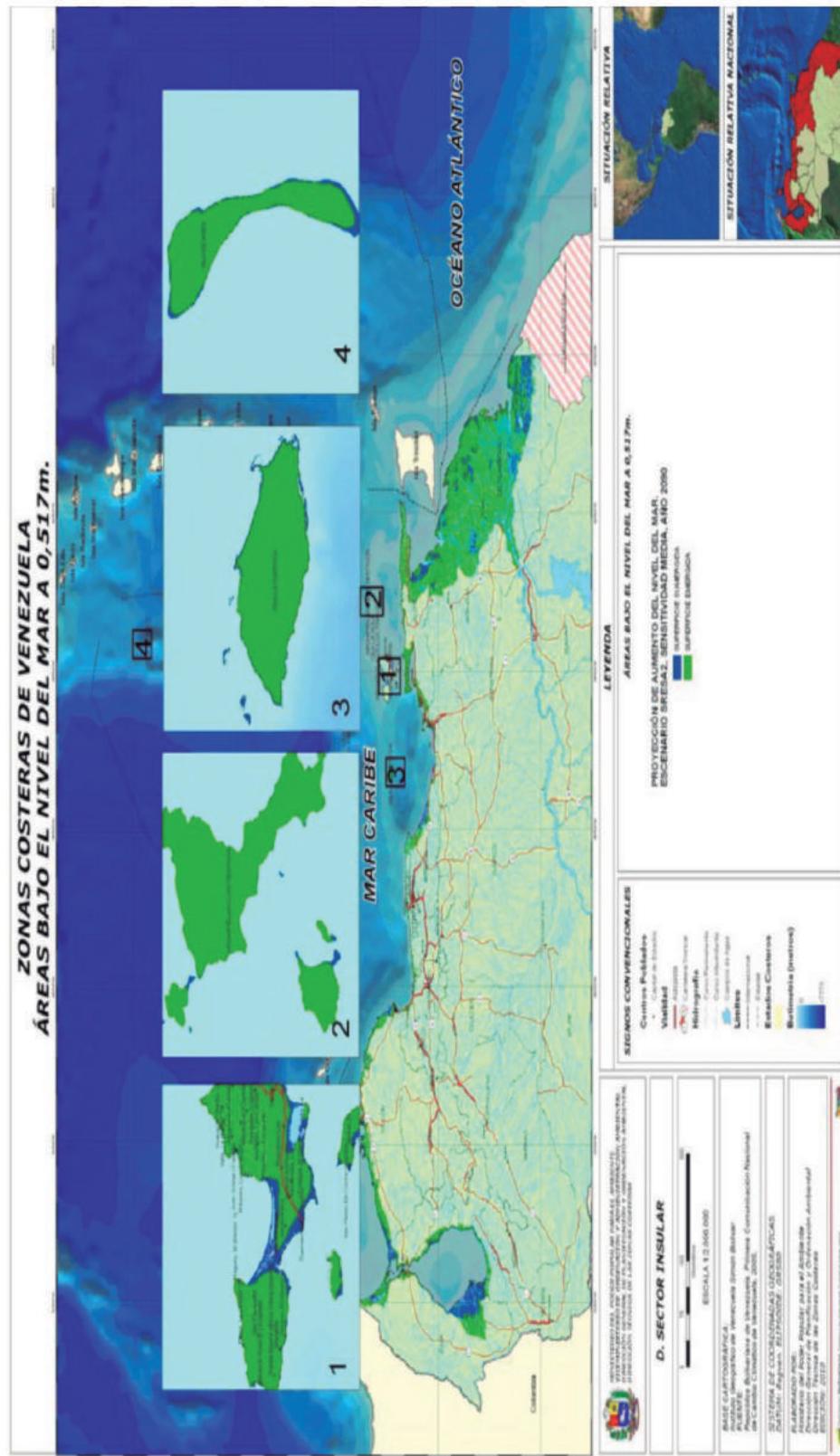


Figura 3.58 Estimación de la pérdida de superficie asociada al incremento en el nivel medio del mar de 0,517 metros. Sector Insular.

Fuente: MPPA, 2010.

Impactos esperados

Ante la vulnerabilidad de las costas venezolanas y los resultados obtenidos de la estimación de la pérdida de superficie asociada al incremento en el nivel medio del mar de 0,517 metros, para el año 2090 se ocasionará una variedad de efectos sobre la línea de costa, y debe esperarse la inundación de aquellos terrenos bajos que existen en diferentes sectores de la costa, y según recopilación de diversos estudios junto con el escenario para el año 2090, se indica lo siguiente:

A. Gabaldón (2008): En todas las áreas que se citan a continuación habrá daños a infraestructuras y viviendas:

- Tramos de la orilla oriental del lago de Maracaibo, que son topográficamente bajos y que además han sufrido subsidencia causada por las explotaciones petroleras, como los de la vecindad de Lagunillas. También las costas de la Guajira venezolana están gravemente expuestas a este fenómeno y a la erosión costanera.
- Terrenos bajos en las costas de Falcón, Carabobo, Aragua, Vargas, Miranda, Anzoátegui y Sucre, susceptibles de ser inundados permanentemente.
- Una situación especialmente grave se presentará en la mayor parte del estado Delta Amacuro, ya expuesta al anegamiento que produce la elevación cíclica de las mareas. Tucupita, la capital del estado, está más o menos a un (1) metro sobre el nivel del mar.
- También se prevé la pérdida de humedales y comunidades de mangle, que han demostrado ser sensibles al ascenso del nivel del mar. Desaparecerán ecosistemas de arrecifes de coral por la elevación de las temperaturas en la superficie del mar. Y se producirá intrusión de la cuña salina en acuíferos costaneros poco profundos, entre otros efectos.

B. De manera paralela se verán afectados las 263.636 hectáreas de los cinco humedales venezolanos declarados como Ramsar: Cuare, archipiélago de Los Roques, ciénaga de Los Olivitos, laguna de La Restinga y laguna de Tacarigua (MPPA, 2010).

Precipitaciones extremas e inundaciones de áreas bajas

Mayores temperaturas en los océanos conlleva a un aumento en la evaporación de agua, y, por ende, se concentra mayor energía disponible en la atmósfera que ocasiona eventos meteorológicos extremos.

Por ser Venezuela un país situado en la zona intertropical, se caracteriza por presentar regímenes de lluvia con una gran variación estacional. El elemento de variabilidad climática natural que mayores anomalías induce en la lluvia y las temperaturas a escala global es el ENSO (El Niño Southern Oscillation), que presenta dos tipos de eventos: de calentamiento conocido como El Niño y de enfriamiento conocido como La Niña. Por otra parte, la ocurrencia más frecuente de precipitaciones intensas implica mayor riesgo de inundaciones repentinas y deslaves, especialmente en grandes áreas ya de por sí vulnerables, como las zonas montañosas altamente urbanizadas (MARN - PNUD - GEF, 2005).

Por su ubicación geográfica y la cantidad de población asentada en las zonas costeras, la República Bolivariana de Venezuela es vulnerable a eventos meteorológicos extremos, entre los cuales pueden reconocerse el incremento en la intensidad de los vientos y episodios de fuertes precipitaciones, como los sucedidos en los meses de noviembre y diciembre del año 2010. Históricamente, eventos pluviales extremos han azotado la costa del país, entre los que destacan las lluvias intensas de 1989, con 119 mm en 10 horas, que produjo el desbordamiento del río Guasare en el estado Zulia. En 1992 Cumaná, en el estado Sucre, experimentó una situación similar con el desbordamiento del río Manzanares. El estado Vargas en 1999 fue severamente afectado por fuertes precipitaciones y aludes torrenciales, evento que incidió también en Miranda, Anzoátegui, Sucre y otros estados costeros. En el año 2001 y 2005, fuertes inundaciones afectaron la costa oriental del estado Falcón y afectaron nuevamente al estado Vargas. (MPPA, 2012).

Mediciones y observaciones in situ, con el fin de determinar la magnitud de las manchas de inundación en los estados costeros de Venezuela que fueron declarados en emergencia en el año 2010, permitieron elaborar el Mapa de Amenazas Naturales por Inundación en las Zonas Costeras, con base en mapas topográficos, de torrencialidad de las lluvias y de isolíneas de escurrimiento, pero con especial énfasis en la penetración del mar como causa de inundación asociada a los eventos extremos de precipitación de ese año (MPPA, 2012). En la Tabla 3.12 se muestran los porcentajes estimados de penetración del mar debido a los eventos de lluvias extremas y en la Figura 3.59 el mapa general de inundaciones de las zonas costeras de Venezuela.

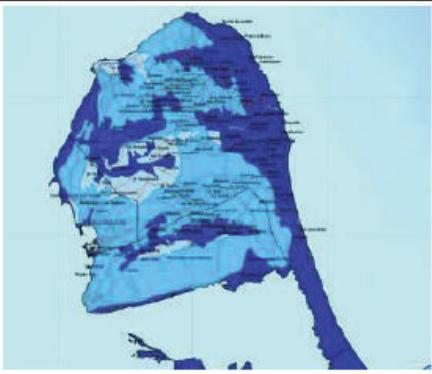
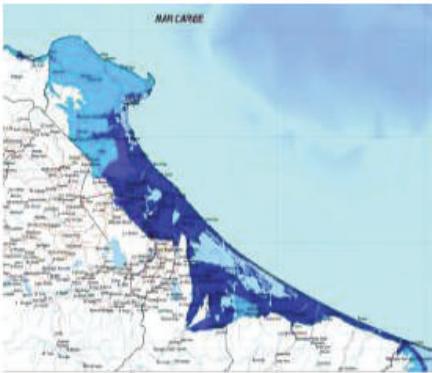
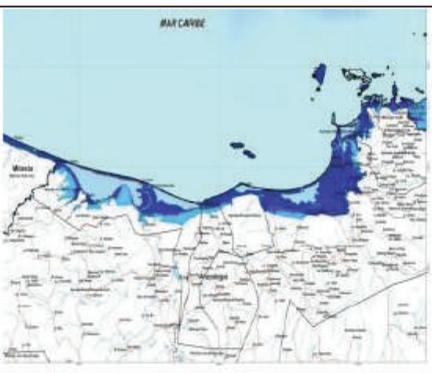
3.5.2 Medidas de adaptación

Por lo antes mencionado, en la República Bolivariana de Venezuela, la situación actual de las zonas costeras, hace prioritaria la necesidad de tomar medidas ante el potencial incremento del nivel del mar, tanto en el ámbito nacional, regional y local que puedan orientar los mecanismos de protección y adaptación a los efectos del cambio climático.

Cada una de estas estrategias no tendrá la misma connotación en todos los casos, dependiendo del grado de afectación; por tanto, las Políticas Nacionales de Conservación y Desarrollo Sustentable de las Zonas Costeras representan las guías para implementar y ejecutar un proceso dinámico, para el fortalecimiento de la capacidad institucional, la optimización de la planificación y la coordinación de las competencias para la gestión integrada de este espacio (MPPA, 2013).

Las medidas, actividades y líneas de trabajo para la evaluación de impactos, vulnerabilidad y el desarrollo de estrategias de adaptación en las zonas costeras, ante el potencial incremento del nivel del mar, se muestran en la Tabla 3.13

Tabla 3.12 Inundaciones incluyendo "penetración del mar" de los eventos de lluvia extrema del año 2010.

Zona Costera		Zona Costera	
<p>Estado Zulia (Norte del Sistema Lago De Maracaibo).</p> <p>Penetración del mar :15,38%</p>		<p>Península de Paraguaná del Estado Falcón.</p> <p>Penetración del mar :15%</p>	
<p>Estados Zulia, Mérida y Trujillo (sur del Sistema Lago De Maracaibo).</p> <p>Penetración del mar:11,36%</p>		<p>Estado Miranda</p> <p>Penetración del mar:16,22%</p>	
<p>Costa occidental del Estado Falcón</p> <p>Penetración del mar:4,76%</p>		<p>Estado Anzoátegui</p> <p>Penetración del mar:14,29%</p>	

Fuente: MPPA, 2012

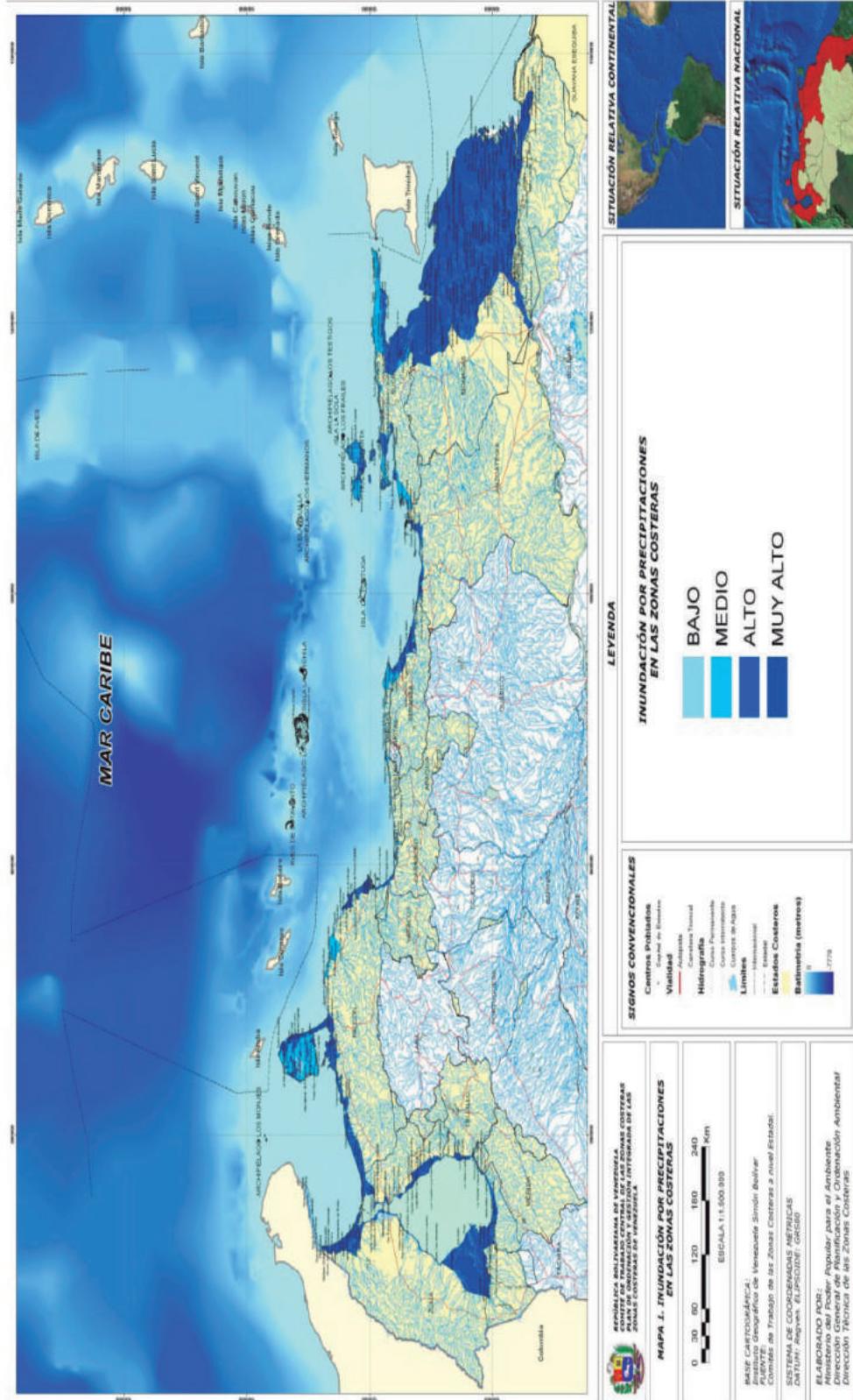


Figura 3.59 Mapa de Inundaciones por precipitaciones en las zonas costeras venezolanas.

Fuente: MPPA, 2012.

Tabla 3.13 Estrategias, medidas, actividades y líneas de trabajo.

Estrategias	Medidas, actividades y líneas de trabajo
Adaptación a los efectos del cambio climático mediante estrategias de actuaciones indirectas	a. Incorporar el cambio climático en cualquier estudio de planificación y ordenación como un elemento clave dentro del proceso de Gestión Integrada de las Zonas Costeras.
	b. Evitar cualquier tipo de actuación que conlleve a la desestabilización de la línea de la costa.
	c. Favorecer actuaciones que lleven a la estabilización de dunas costeras.
Evaluación cualitativa y cuantitativa de la vulnerabilidad de las zonas costeras	a. Desarrollar modelos de respuesta morfodinámica y ecológica de las zonas costeras, en distintos escenarios de cambio climático, además de la toma sistemática de datos correspondientes a parámetros oceanográficos, a los fines de validar los modelos numéricos.
	b. Elaborar una base de datos cartográfica basada en la vulnerabilidad de las localidades costeras frente al ascenso del nivel medio del mar en distintos escenarios de cambio climático (escenario optimista: 0,571 metros; y pesimista: más de 1 metro).
	c. Evaluar las infraestructuras existentes en zonas de alta vulnerabilidad.
	d. Evaluar las consecuencias del incremento del nivel medio del mar sobre los centros urbanos costeros.
	e. Identificar y cuantificar, dentro de las zonas costeras, los posibles daños a generarse en las áreas amenazadas y vulnerables a las implicaciones del cambio climático.
	f. Incorporar la flexibilidad para manejar incertidumbres y cambios en los niveles de riesgo asociados al cambio climático.
Retirada estratégica de la línea de costa	a. Evitar futuros desarrollos en zonas altamente vulnerables dentro de la franja terrestre de dominio público. Aplicación de la normativa ambiental vigente, vinculada a las zonas costeras, infracciones ambientales, riesgo y vulnerabilidad, entre otros.
	b. Evaluar las estrategias de protección, abandono o retroceso en sectores vulnerables frente a distintos escenarios de incremento en el nivel medio del mar.
	c. Evaluar las potenciales actuaciones para favorecer la estabilización de playas y dunas, la construcción de obras para limitar la capacidad de transporte del oleaje incidente y las aportaciones artificiales de sedimentos.
	d. Evaluar costos probables o pérdidas económicas asociadas a las medidas a tomar debido al incremento del nivel del mar.

Estrategias	Medidas, actividades y líneas de trabajo
Concienciación social de la problemática inducida en la costa por efecto del cambio climático	a. Impulsar programas de concienciación de actores y responsables en los diferentes ámbitos de la administración pública.
	b. Fomentar el desarrollo de Programas de Educación Ambiental con contenidos sobre los potenciales efectos del cambio climático en la costa.
	c. Trabajar de manera conjunta con las comunidades y Consejos Comunales.
Desarrollos de proyectos de investigación e innovación tecnológica	a. Involucrar a las universidades y centros de investigación en estudios relacionados con la vulnerabilidad de los diferentes sectores frente al cambio climático.
	b. Facilitar el financiamiento nacional e internacional para el desarrollo de proyectos de investigación.

3.6 Impacto del cambio climático sobre la salud

Se estima que los primeros cambios en la salud humana estarán relacionados con modificaciones en los límites geográficos; con la estacionalidad de muchas enfermedades infecciosas, en especial de aquellas transmitidas por vectores, como son, por ejemplo, la malaria y el dengue, así como por los alimentos y el agua, como el caso de infecciones por salmonelosis, cuyos máximos de frecuencia están asociados a las temperaturas más cálidas.

En esta Segunda Comunicación Nacional de la República Bolivariana de Venezuela en Cambio Climático se presentan los resultados y discusión centrados en los impactos, las medidas de mitigación y adaptación a tales impactos y sus consecuencias, en una selección de tres estados muestra, a fin de examinar los aspectos relacionados con dos de las enfermedades infecciosas de relevancia histórica en nuestra salud, a saber: la malaria en los estados Sucre y Bolívar, como focos significativos de la endemia, y el dengue en el estado Mérida.

3.6.1 Metodología

Para analizar los casos en el área de la salud, en los escenarios climáticos definidos para la República Bolivariana de Venezuela, se implementaron las simulaciones con modelos de máxima entropía, empleados originalmente para la determinación de la distribución potencial de especies animales y vegetales. Esta aplicación permitió realizar el análisis, a partir de las condiciones físicas en los puntos de presencia de poblaciones de una especie en particular (Roos, 2015).

Las simulaciones se realizaron utilizando el software MaxEnt (Phillips *et al.*, 2006), lo que permitió hacer pronósticos de espacios geográficos definidos sobre dos de los puntos focales: estados Bolívar y Sucre para la malaria y el estado Mérida para el caso del dengue.

La aplicación de MaxEnt permitió obtener una predicción basada en los cálculos de probabilidad al azar con los datos de presencia, utilizando adicionalmente los datos de precipitación y temperatura, así como de algunas combinaciones de estas variables, como el caso de la variación térmica, temperatura de los meses secos y húmedos, para cada cuadrícula de la grilla generada para los modelos MIROC5 y HADGEM2, a las cuales se asignaron además del valor de probabilidad de presencia de la malaria, las condiciones específicas de las variables para caracterizar el paisaje ecológico o unidades mínima de hábitat o ambiente donde puede estar presente la malaria como subsistema ecológico.

Como resultado de las simulaciones, se logró un pronóstico cualitativo, sustentado en valores históricos de presencia de malaria y dengue, en cada parroquia, establecidos en el diagnóstico base, complementándose con un modelo de regresión múltiple, dependiendo del nivel de la significación estadística de los casos de malaria que fueron predichos en los escenarios futuros, partiendo de valores de incidencia malárica derivados del modelo desarrollado por Rodríguez *et al.* (2013).

En todos estos análisis se utilizaron los datos de los Boletines Epidemiológicos emitidos por el MPPS, al igual que la data oficial publicada a nivel internacional por la OPS y la OMS, así como datos suministrados por algunas dependencias del Estado venezolano, del Instituto Nacional de Estadística (INE), del portal del Instituto Geográfico de Venezuela Simón Bolívar (IGVSB), la Fuerza Aérea Venezolana y el Inameh, así como publicaciones científicas relevantes, con datos de campo compilados desde los organismos de salud regional y realizadas por investigadores con mucha tradición de trabajos en el campo de la epidemiología y las ciencias de la salud.

3.6.2 Simulación para el comportamiento de la malaria en los estados Bolívar y Sucre

A partir de las simulaciones se generó una serie cartográfica temática, para los años 2050 y 2070; en cada categoría se consideraron los escenarios RPC4.5 o de cambios moderados y el escenario RCP8.5, o escenario pesimista, de cambios extremos.

Comportamiento de la malaria, año 2050. Escenario RCP4.5; modelos Eta_HADGEM2 y Eta_MIROC5

En las Figuras (3.60 a y 3.60 b) para el estado Bolívar, con la información climática de ambos modelos (HADGEM2 y MIROC5), para el escenario RCP4.5, se visualiza una atenuación del núcleo de la superficie de mayor incidencia, pero que se irradia hacia la zona norte del estado, donde se podría hablar de una traslación del núcleo principal de la malaria, hacia los municipios Heres, Caroní y norte del municipio Piar. Importante los núcleos al este sobre la cuenca del Río Caura y al sur del municipio Raúl Leoni, en la frontera con Brasil, pero ambos de relativa menor extensión.

En este mismo escenario, para el estado Sucre (Figura 3.60 c y 3.60 d) se produce un efecto similar; aunque prevalece el denominado corredor epidemiológico, que tiene como centro el municipio Cajigal, se puede observar una irradiación de las zonas susceptibles a la malaria hacia la península de Araya en el municipio Salmerón Acosta, zona que en la década analizada como base, no presenta ningún foco encendido.

Es, sin embargo, importante notar que el eje carretero en sentido este-oeste dentro del estado aparece como una zona de alta susceptibilidad que se dispersa en una serie de pequeños focos al suroccidente del estado. Durante el estudio de diagnóstico base se hizo notar el importante papel que juegan los patrones culturales de la población, entre los cuales resalta el de la movilidad cotidiana y estacional de la población que, por la morfología del paisaje geográfico, hace que el eje carretero principal que recorre al estado Sucre en este sentido, se transforme en eje dispersión y movilidad del vector (Delgado *et al.*, 2014).

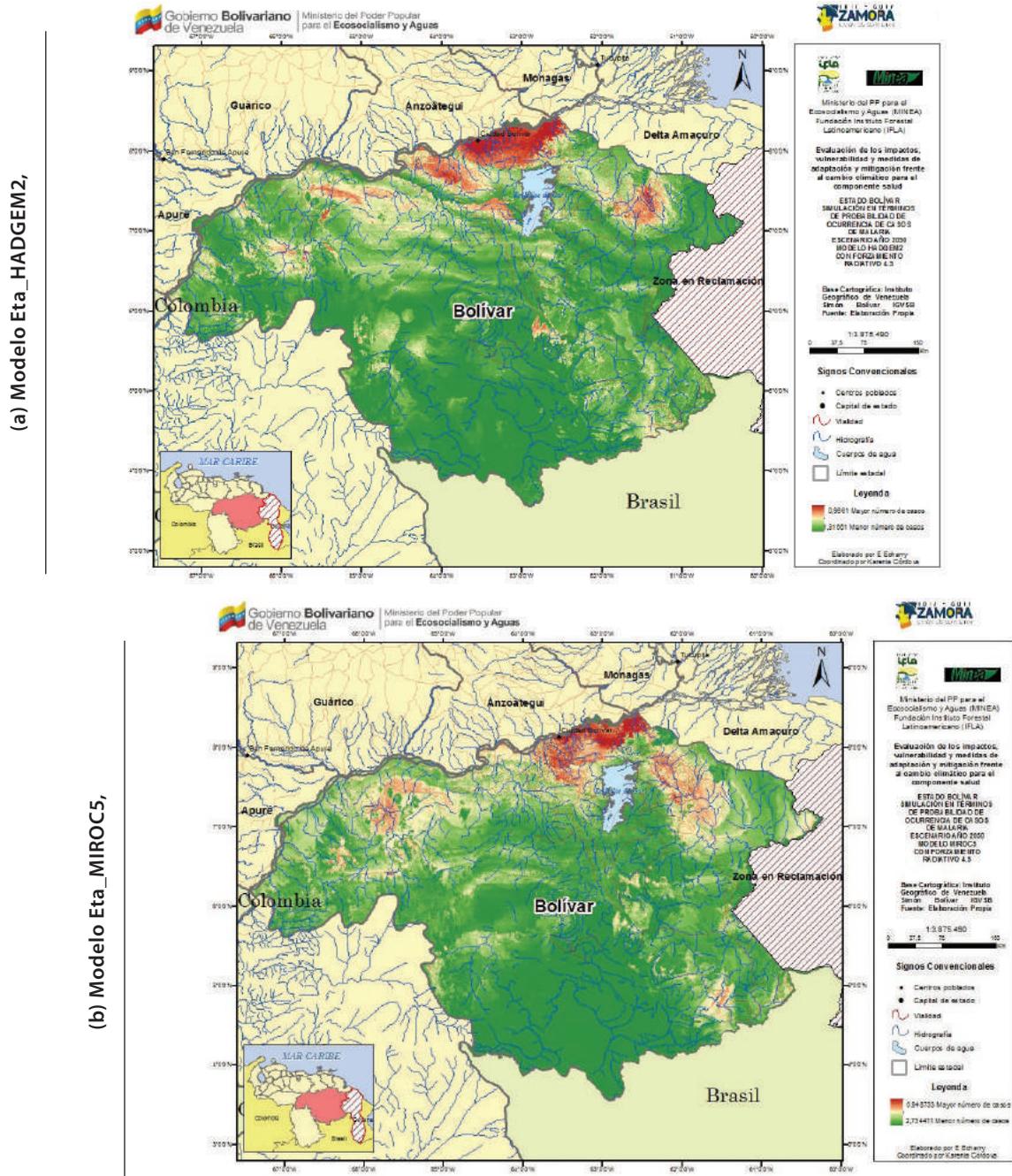
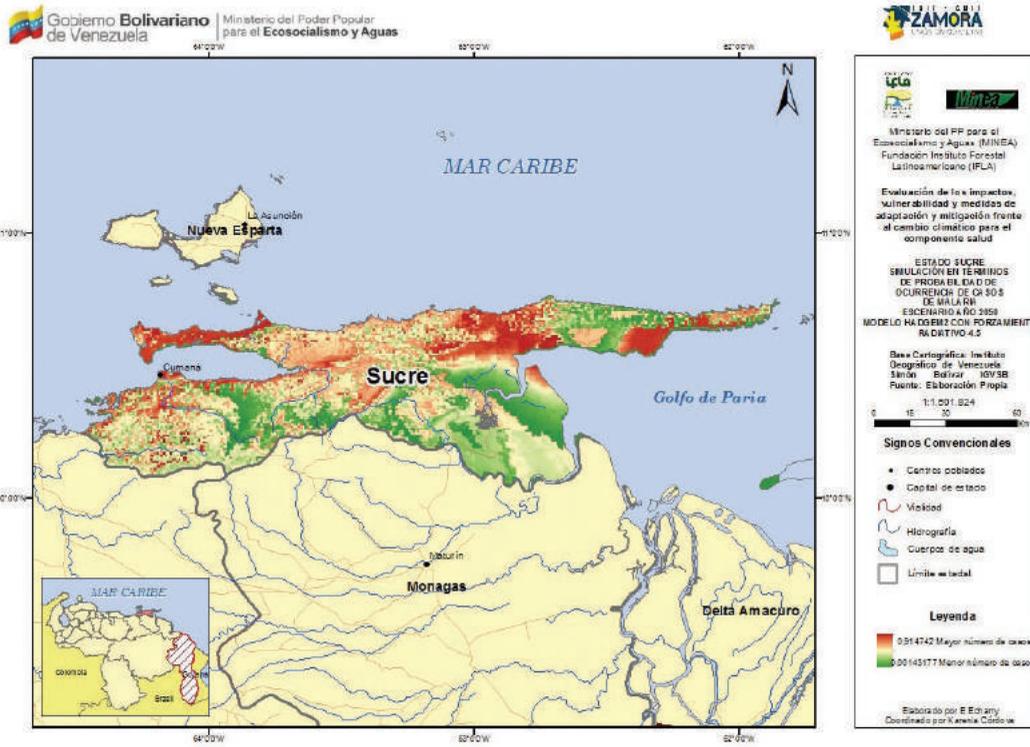


Figura 3.60 (a, b) Resultado de la simulación con Maxent para el estados Bolívar Escenario RCP4.5, comportamiento de la malaria, año 2050.

(c) Modelo Eta_HADGEM2,



(d) Modelo Eta_MIROC5,

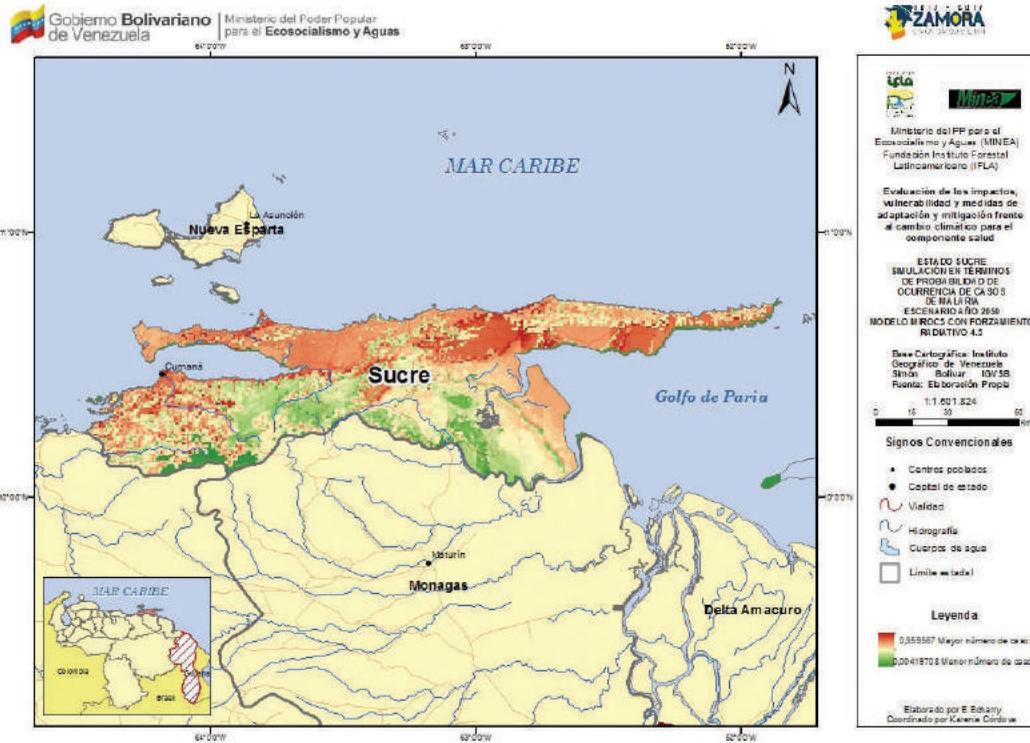


Figura 3.60 (c, d) Resultado de la simulación con Maxent para el estados Sucre. Escenario RCP4.5, comportamiento de la malaria, año 2050.

Comportamiento de la malaria, año 2050. Escenario RCP8.5; modelos Eta_HADGEM2 y Eta_MIROC5

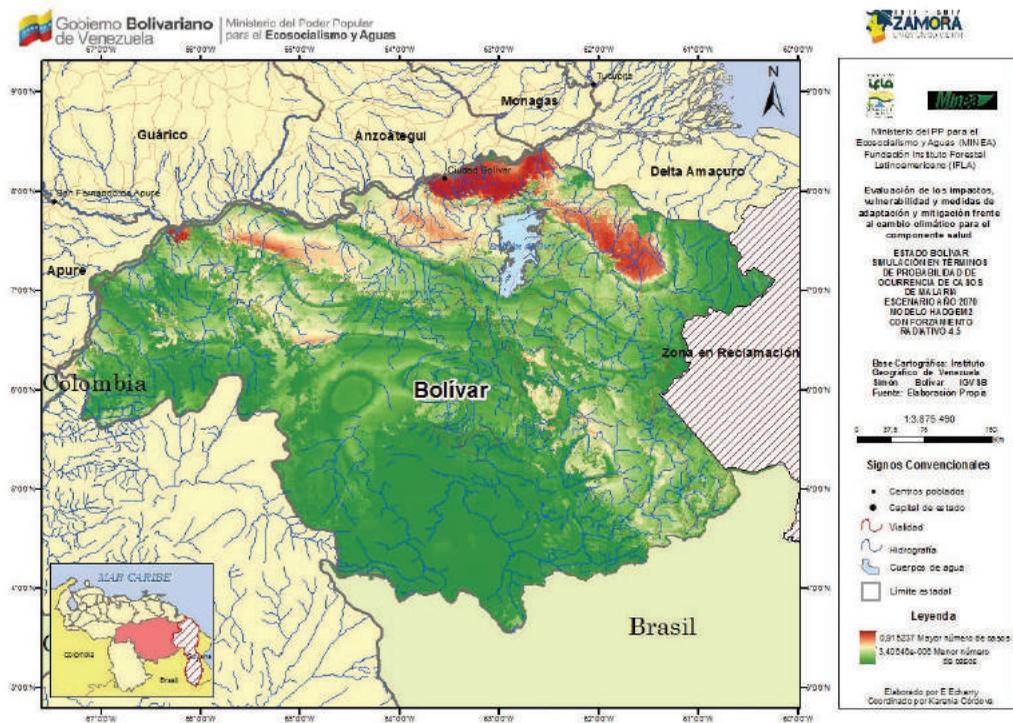
En la Figura 3.61a y 3.61b se muestra el resultado para el escenario RCP8.5. Al contrastar con el escenario anterior se observa que el patrón espacial se mantiene, pero, como es lógico esperar, el efecto de irradiación se intensifica, lo que implica una mayor área de susceptibilidad a la malaria o una mayor extensión para el subsistema malárico. El mapa correspondiente muestra cómo la zona de mayor valor probabilístico se extiende a lo largo del Orinoco Medio hacia la subcuenca del río Caura, pero la zona norte se mantiene continua desde el foco principal detectado durante el diagnóstico base, mostrando una mayor amplitud, en cuanto a área se refiere, debido a una mayor severidad del escenario simulado, por cuanto obedece a condiciones de mayor emisión de GEI en relación con los niveles considerados en el escenario anterior.

La expresión de este escenario para el estado Sucre no difiere mucho de lo expresado en el estado Bolívar; el patrón de radiación de susceptibilidad se mantiene y es también más extenso en el estado Sucre.



Pescadores de río Caribe, estado Sucre.

(a) Modelo Eta_HADGEM2,



(b) Modelo Eta_MIROC5,

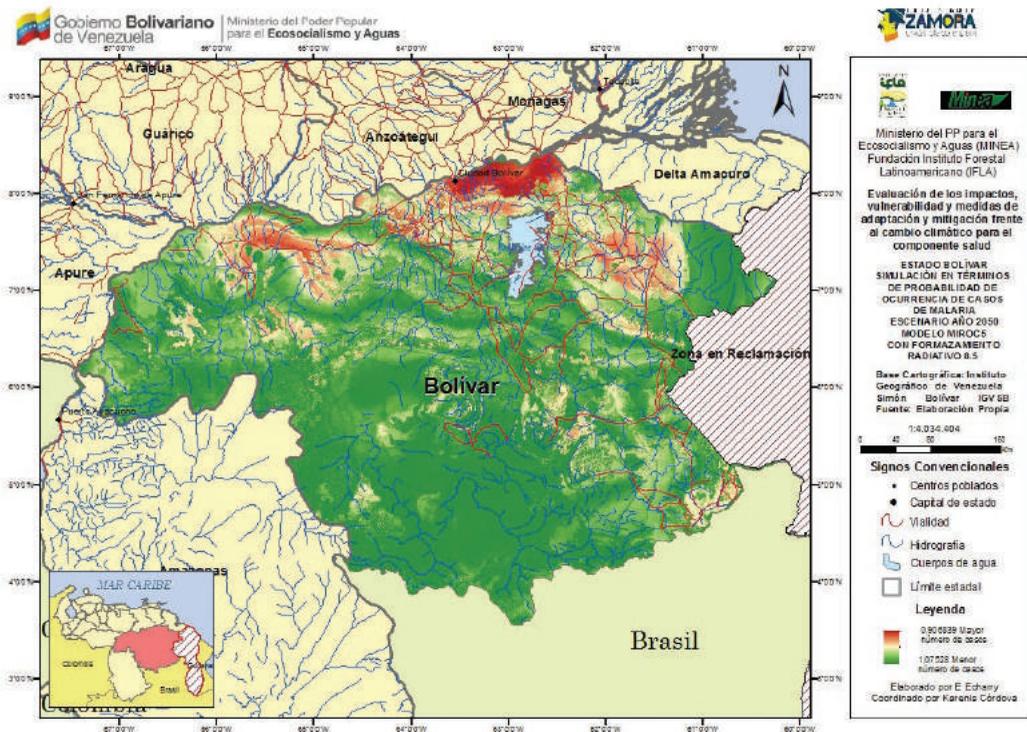
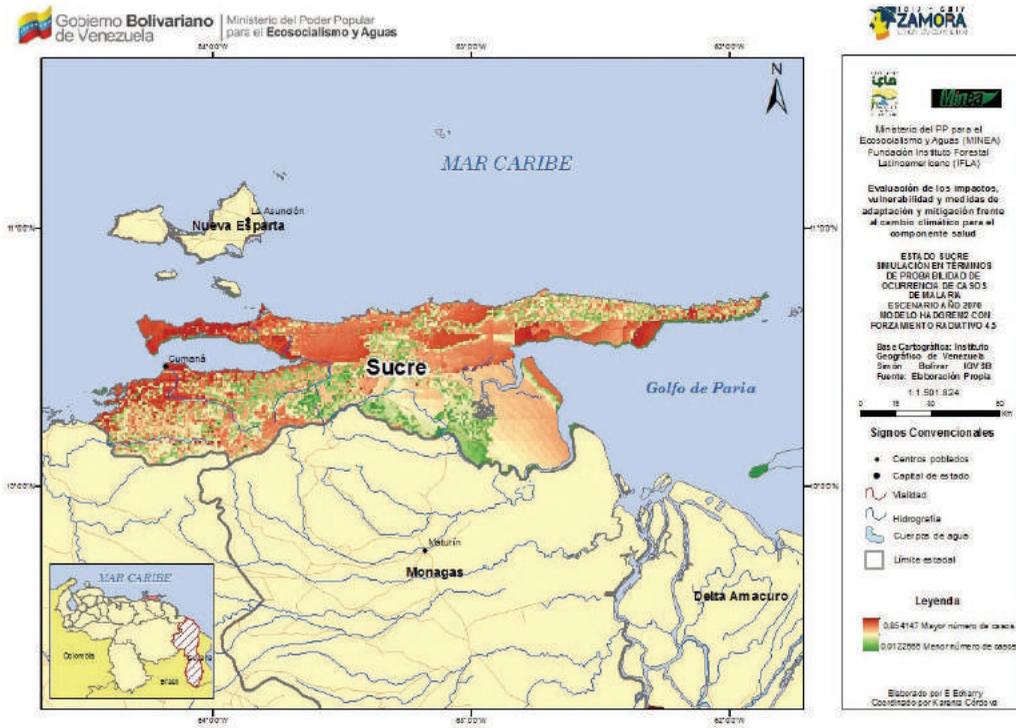


Figura 3.61 (a, b) Resultado de la simulación con Maxent para el estado Bolívar. Escenario RCP8.5, comportamiento de la malaria, año 2050.

Capítulo 3. Evaluación de los impactos, vulnerabilidad y medidas...

(c) Modelo Eta_HADGEM2,



(d) Modelo Eta_MIROC5,

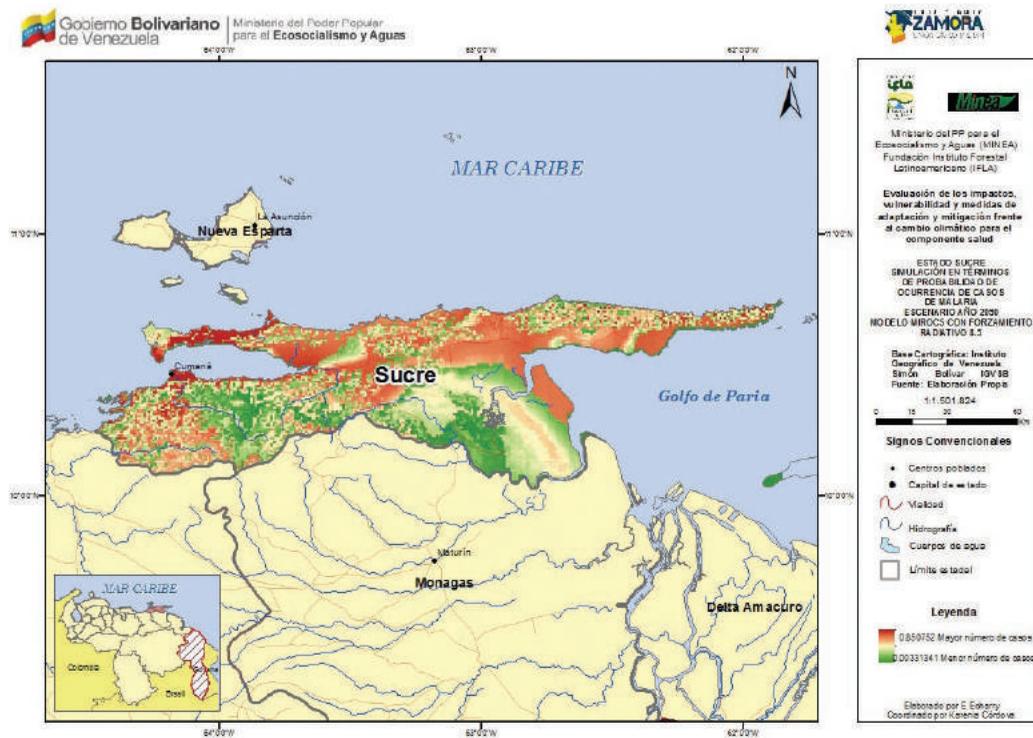
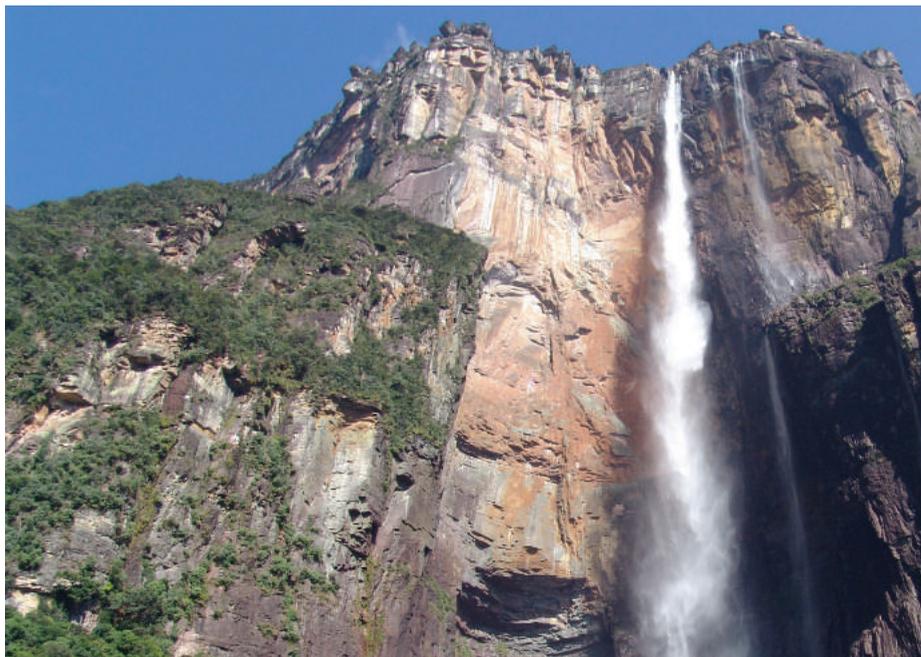


Figura 3.61 (c, d) Resultado de la simulación con Maxent para el estado Sucre. Escenario RCP8.5, comportamiento de la malaria, año 2050.

Comportamiento de la malaria, año 2070. Escenario RCP4.5; modelos Eta_HADGEM2 y Eta_MIROC5

Para este año de análisis, está desde luego, asociado a una mayor incertidumbre como ya se ha discutido, porque no se consideran los elementos de políticas públicas y desarrollo de las comunidades que, organizadamente o no, puedan modificar la capacidad adaptativa de los sistemas implícitos. Las Figuras 3.62 (a, b, c, d) muestra un escenario semejante a su correspondiente del año 2050; sin embargo, en la carta temática se puede observar un mayor conectividad entre el núcleo de malaria del municipio Sifontes con la zona norte del Orinoco Medio, con lo cual se convertiría en un corredor o zona permanente de condiciones favorables para el asentamiento del subsistema malaria y, por ende, un incremento real en la probabilidad de transmisión y prevalencia de la malaria en la región. En correspondencia, el estado Sucre muestra un patrón similar al ya analizado para el año 2050, pero esta vez se puede observar una atenuación en términos de la probabilidad de propagación del subsistema malaria en el estado.



Kerapakupai Vena (Salto Ángel). Estado Bolívar



Puente Orinokia (sobre el río Orinoco). Estado Bolívar