



PROGRAMA ESPECIAL DE ACCIÓN ANTE EL CAMBIO CLIMÁTICO DEL ESTADO DE YUCATÁN.

Análisis de opciones de adaptación al cambio
climático, estrategias e indicadores.

un nuevo clima para el cambio



Banco Interamericano de Desarrollo

Agradecimientos

Un nuevo clima para el cambio

0.1. Por parte de Factor CO₂ han participado:

- Kepa Solaun
- Mark Kowal
- Itxaso Gómez
- Santiago Pereira
- Fernando Liaño
- Zaloa Ares
- Naiara Etxepeteleku
- Silvia Pac

0.2. Por parte de Cinvestav ha participado:

- Victor Vidal

0.3. Por parte de EPOMEX ha participado:

- Daniel G. Pech Pool

0.4. Por parte de la Secretaría de Desarrollo Urbano y Medio Ambiente del Gobierno del Estado de Yucatán han participado:

- Eduardo Adolfo Batllori Sampedro
- Roberto I. Vallejo Molina
- Andrés III Sierra Gómez
- Dakar F. Villafaña Gamboa
- Martha P. Pérez Marrufo
- Roberto A. Us Vázquez

0.5. Por parte del Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático han participado:

- Julia J. Martínez Fernández
- José A. Macías Vargas
- Luis A. Conde Álvarez

0.6. Por parte del Banco Interamericano de Desarrollo han participado:

- David Wilk
- Gmelina Juliana Ramírez
- Inês Pirés Araujo Ferreira
- Katharina Siegmann
- Jorge Hinojosa
- Ángelo Ángel

Índice general

1. Contexto	10
2. Resumen ejecutivo	17
3. Metodología de análisis.	24
3.1. Análisis costo-beneficio.	24
3.2. Análisis multicriterio.	26
4. Opciones para la adaptación al cambio climático.	28
4.1. Sector agropecuario y forestal.	29
4.2. Industria, Comercio y Turismo.	40
4.3. Pesca.	48
4.4. Salud.	56
4.5. Asentamientos Humanos.	64
4.6. Agua.	72
4.7. Biodiversidad.	82
4.8. Zonas costeras.	91
5. Estrategia. Propuesta de actuación para la adaptación al cambio climático.	100
5.1. Marco estratégico.	100
5.2. Líneas de acción y opciones de adaptación.	103
6. Monitoreo. Propuesta de indicadores de adaptación.	113
7. Principales referencias bibliográficas	116
Anexo técnico I. Medidas de adaptación.	121
Anexo técnico II. Hipótesis técnicas.	173

Índice de tablas

Tabla 1: Criterios del análisis multicriterio. _____	27
Tabla 2: Resumen de los costos y beneficios obtenidos para las medidas del sector agropecuario y forestal. _____	31
Tabla 3: Simulación de mejoras debidas medidas del sector agropecuario y forestal. _____	33
Tabla 4: Resumen de los resultados obtenidos en el análisis multicriterio en el sector agroforestal. _____	37
Tabla 5: Medidas identificadas para el sector industria, comercio y turismo. _____	41
Tabla 6: Costos y beneficios obtenidos para la medida 2.3. _____	42
Tabla 7: Resumen de los resultados obtenidos en el análisis multicriterio en el sector industria, comercio y turismo. _____	45
Tabla 8: Resumen de los costos y beneficios obtenidos para las medidas del sector pesca _____	50
Tabla 9: Resumen de los resultados obtenidos en el análisis multicriterio en el sector de la pesca. _____	52
Tabla 10: Resumen de los costos y beneficios obtenidos para las medidas del sector salud. _____	57
Tabla 11: Resumen de los resultados obtenidos en el análisis multicriterio del sector salud. _____	61
Tabla 12: Resumen de los costos y beneficios obtenidos para las medidas del sector asentamientos humanos. _____	66
Tabla 13: Resumen de los resultados obtenidos en el análisis multicriterio en el sector asentamientos humanos. _____	70
Tabla 14: Resumen de los costos y beneficios obtenidos para las medidas del sector del agua. _____	74
Tabla 15: Resumen de los resultados obtenidos en el análisis multicriterio en el sector del agua. _____	79
Tabla 16: Resumen de los costos y beneficios obtenidos para las medidas del sector biodiversidad. _____	84
Tabla 17: Resumen de los resultados obtenidos en el análisis multicriterio del sector biodiversidad. _____	88
Tabla 18: Costo de la inacción en materia de adaptación al cambio climático en las zonas costeras en el Estado de Yucatán. _____	92
Tabla 19: Resumen de los costos y beneficios obtenidos para las medidas de adaptación en el sector de zonas costeras. _____	94

Tabla 20: Resumen de los resultados obtenidos en el análisis multicriterio en el sector de zonas costeras. _____	96
Tabla 21: Propuesta de políticas para la adaptación al cambio climático en el Estado de Yucatán. _____	104
Tabla 22: Propuesta de medidas prioritarias para la adaptación al cambio climático en el Estado de Yucatán. _____	107
Tabla 23: Propuesta de medidas secundarias para la adaptación al cambio climático en el Estado de Yucatán. _____	109
Tabla 24: Propuesta de medidas terciarias para la adaptación al cambio climático en el Estado de Yucatán. _____	111
Tabla 25: Cuadro de mando de indicadores de la vertiente de adaptación al cambio climático. _____	114

Índice de figuras

Figura 1: Relación entre políticas de mitigación y adaptación al cambio climático. _____	101
Figura 2: Áreas clave para la adaptación al cambio climático en el Estado de Yucatán. _____	101
Figura 3: Vertientes de trabajo para la mitigación del cambio climático en el Estado de Yucatán. _____	103

Índice de gráficos

Gráfico 1: Niveles de vulnerabilidad al aumento de la temperatura en los diferentes sectores. _____	11
Gráfico 2: Niveles de vulnerabilidad a la disminución de la precipitación en los diferentes sectores. _____	12
Gráfico 3: Niveles de vulnerabilidad a los eventos extremos en los diferentes sectores. _____	13
Gráfico 4: Niveles de vulnerabilidad a la subida del nivel del mar en los diferentes sectores. _____	14
Gráfico 5: Resultados del análisis costo-beneficio cualitativo en el sector agroforestal. _____	35
Gráfico 6: Resultados del análisis multicriterio en el sector agropecuario y forestal. _____	38
Gráfico 7: Resultados del análisis costo-beneficios cualitativo en el sector industria, comercio y turismo. _____	43

Gráfico 8: Resultados del análisis multicriterio en el sector industria, comercio y turismo. _____	46
Gráfico 9: Resultados del análisis costo-beneficios cualitativo en el sector de la pesca. _____	51
Gráfico 10: Resultados del análisis multicriterio en el sector de la pesca. _____	54
Gráfico 11: Resultados del análisis costo-beneficio cualitativo del sector salud. _____	60
Gráfico 12: Resultados del análisis multicriterio del sector salud. _____	63
Gráfico 13: Resultados del análisis costo-beneficio cualitativo en el sector asentamientos humanos. _____	68
Gráfico 14: Resultados del análisis multicriterio en el sector asentamientos humanos. _____	71
Gráfico 15: Resultados del análisis costo-beneficios cualitativo en el sector del agua. _____	78
Gráfico 16: Resultados del análisis multicriterio en el sector del agua. _____	80
Gráfico 17: Resultados del análisis costo-beneficios cualitativo del sector biodiversidad. _____	87
Gráfico 18: Resultados del análisis multicriterio del sector biodiversidad. _____	89
Gráfico 19: Resultados del análisis costo-beneficios cualitativo en el sector de zonas costeras. _____	95
Gráfico 20: Resultados del análisis multicriterio en el sector de zonas costeras. _____	97

Acrónimos

BID	Banco Interamericano de Desarrollo
CENAPRED	Centro Nacional de Prevención de Desastres
CEPAL	Comisión Económica para América Latina y el Caribe (entidad de las Naciones Unidas)
CICY	Centro de Investigación Científica de Yucatán
Cinvestav	Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional
Conabio	Comisión Nacional de la Biodiversidad
Conafor	Comisión Nacional Forestal
Conagua	Comisión Nacional del Agua
DEFRA	Departamento de Medio Ambiente, Alimentos y Asuntos Rurales del Reino Unido (<i>Department of Environment, Food and Rural Affairs</i> , en inglés)
Ecosur	El Colegio de la Frontera Sur
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (<i>Food and Agriculture Organization</i> , en inglés)
FONDEN	Fondo Nacional para la Prevención de Desastres Naturales
FONHAPO	Fideicomiso Fondo Nacional de Habitaciones Populares
GEI	Gas de Efecto Invernadero
GIS	Sistema de Información Geográfica (<i>Geographic Information System</i> , en inglés)
INECC	Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (anteriormente INE, Instituto Nacional de Ecología)
INEGI	Instituto Nacional de Estadística y Geografía
IPCC	Panel Intergubernamental del cambio climático (<i>Intergovernmental Panel on Climate Change</i> , en inglés)
JAPAY	Junta de Agua Potable y Alcantarillado de Yucatán
PEACC	Programa Especial de Acción ante el Cambio Climático de Yucatán
PECC	Plan Especial de Cambio Climático 2009-2012
PIB	Producto Interno Bruto

Sagarpa	Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural y Pesca
Sedesol	Secretaría de Desarrollo Social
Seduma	Secretaría de Desarrollo Humano y Medio Ambiente
Semarnat	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales
UNEP	Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (<i>United Nations Environment Programme</i> , en inglés)
USD	Dólar americano

1. Contexto

Este documento forma parte del proyecto para el desarrollo del Programa Especial de Acción ante el Cambio Climático (PEACC) de Yucatán, financiado por el Banco Interamericano de Desarrollo y que coordina la empresa Factor CO₂.

El análisis regionalizado realizado en el contexto de elaboración del PEACC, apunta a que **podría esperarse un aumento de la temperatura media anual en el conjunto del Estado de Yucatán, variando en función del escenario entre subidas de 0.6°C y 2.8°C para el período 2070-2099**. Este aumento de la temperatura **podría ser ligeramente más acusado en el noroeste y oeste del Estado**.

Respecto a la precipitación, **se podría esperar una disminución del volumen medio anual, más pronunciada en el norte que en el sur del Estado**, reduciéndose en un porcentaje entre el 15.3% y el 1% hacia finales del siglo XXI.

Por otra parte, **el número de días extremos se prevé que aumente de forma importante**. Además, en el 80% de la superficie del Estado de Yucatán se alcanzarían promedios diarios de temperaturas máximas entre 33 y 37.4° C. En este sentido, **el este, noreste y sureste del Estado de Yucatán serían las zonas más afectadas**, (articularmente los municipios de Tizimín, Valladolid, Chemax, Temozón, Calotmul, Espita, Sucila, Panabá, Chichimila, Tixcacalcupul, Espita, Cenofillo, Dzitas, Tinum, entre otros).

En base a estas previsiones y a las consecuencias que sus impactos tendrían, los resultados obtenidos del análisis realizado¹ muestran que **la vulnerabilidad de los diferentes sectores podría llegar en casi todos los casos a valores altos en el último período (esto es 2070-2099)**. En concreto:

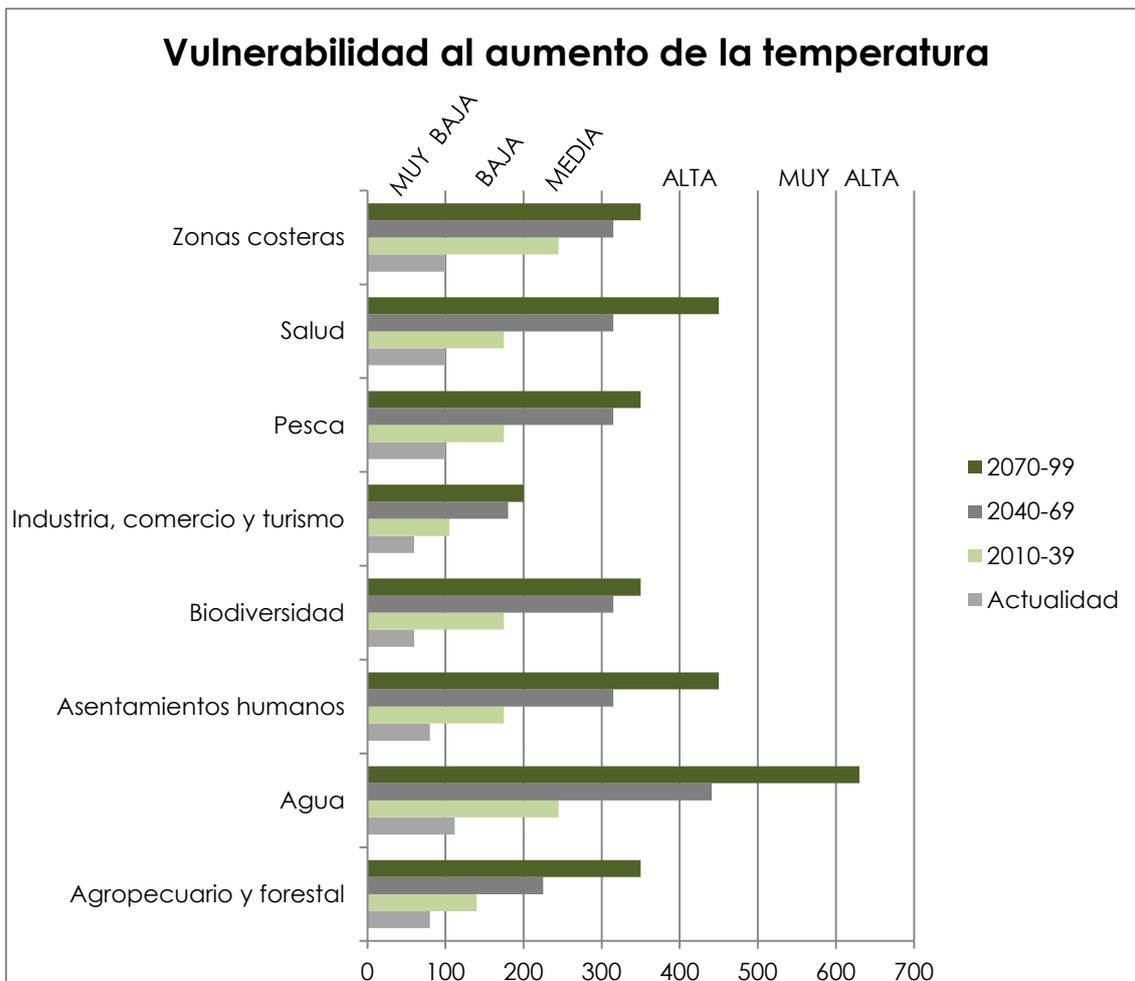
- ✓ **El sector más vulnerable al aumento de la temperatura sería el sector del agua**, pudiendo llegar a alcanzar un grado muy alto de vulnerabilidad (nivel 5) en el período 2070-99. Ello es debido a la importancia estratégica de este sector en

¹ Ver "Programa Especial de Acción ante el Cambio Climático de Yucatán. Análisis de la vulnerabilidad actual y futura ante los efectos del cambio climático". 28 de febrero de 2013.

todos los procesos naturales y económicos, que intervienen también en otros sectores, así como a las propias características del sector en Yucatán.

- ✓ **Los sectores de la salud y los asentamientos humanos resultarían los siguientes sectores más vulnerables al aumento de la temperatura**, situándose en una vulnerabilidad alta (nivel 4) en el último período estudiado.
- ✓ En el extremo contrario estarían la industria, el comercio y el turismo. En estos sectores se alcanzaría la menor vulnerabilidad al aumento de la temperatura de todos los sectores, situándose en el período 2070-99 en la frontera entre la vulnerabilidad baja (nivel 2) y la media (nivel 3).

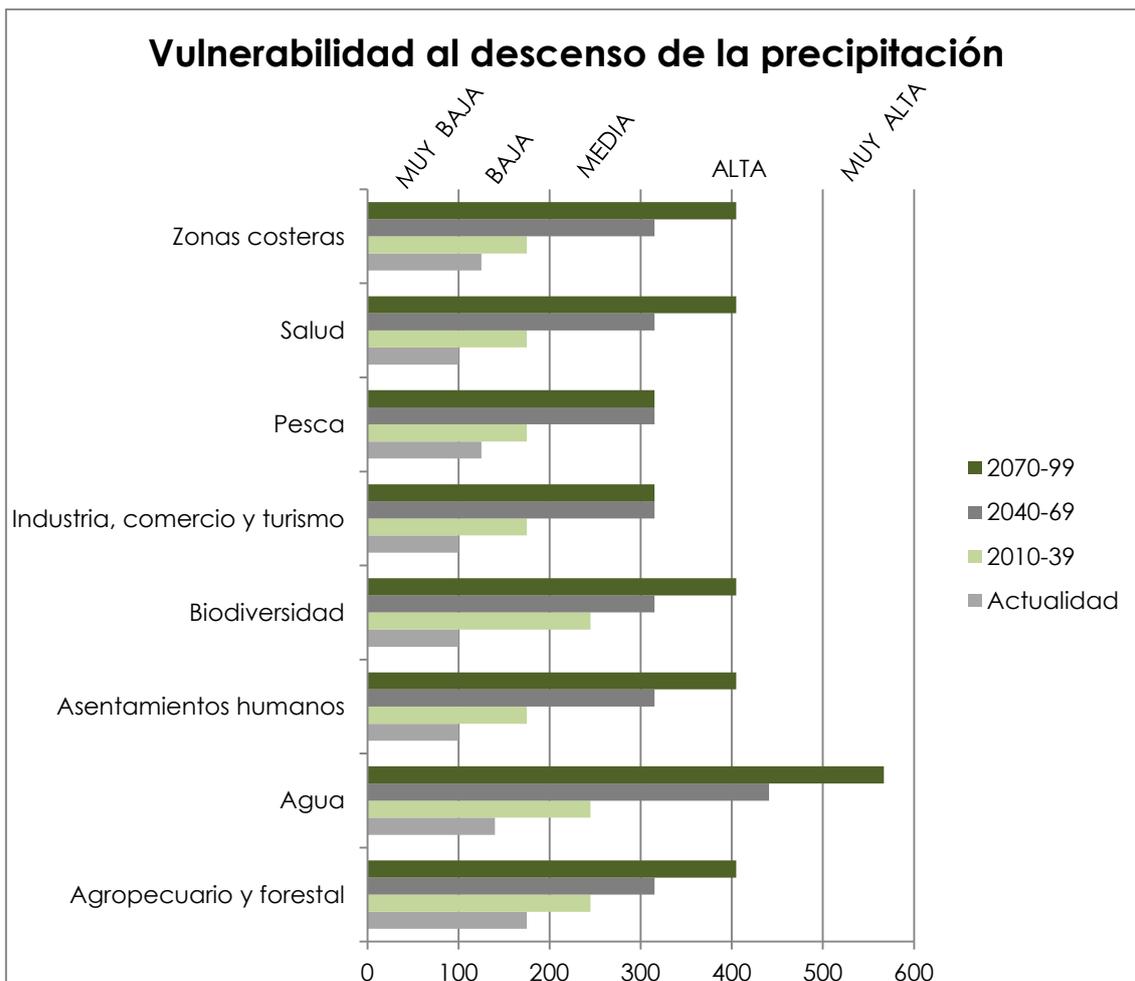
Gráfico 1: Niveles de vulnerabilidad al aumento de la temperatura en los diferentes sectores.
Fuente: elaboración propia.



- ✓ Por su parte, **el sector más vulnerable al descenso del volumen de precipitación resultaría el del agua**, con un nivel de vulnerabilidad que sería muy alto (nivel 5) en el período 2070-99.
- ✓ **Los sectores agropecuario y forestal, los asentamientos humanos, la salud, la biodiversidad y las zonas costeras, terminarían con un nivel alto de vulnerabilidad** (nivel 4) en el tercer período estudiado.
- ✓ Los sectores que resultarían menos vulnerables al descenso de la precipitación serían el de la pesca y la industria, comercio y turismo, presentando una vulnerabilidad alta (nivel 4), pero próxima a la media (nivel 3) en último período estudiado.

Gráfico 2: Niveles de vulnerabilidad a la disminución de la precipitación en los diferentes sectores.

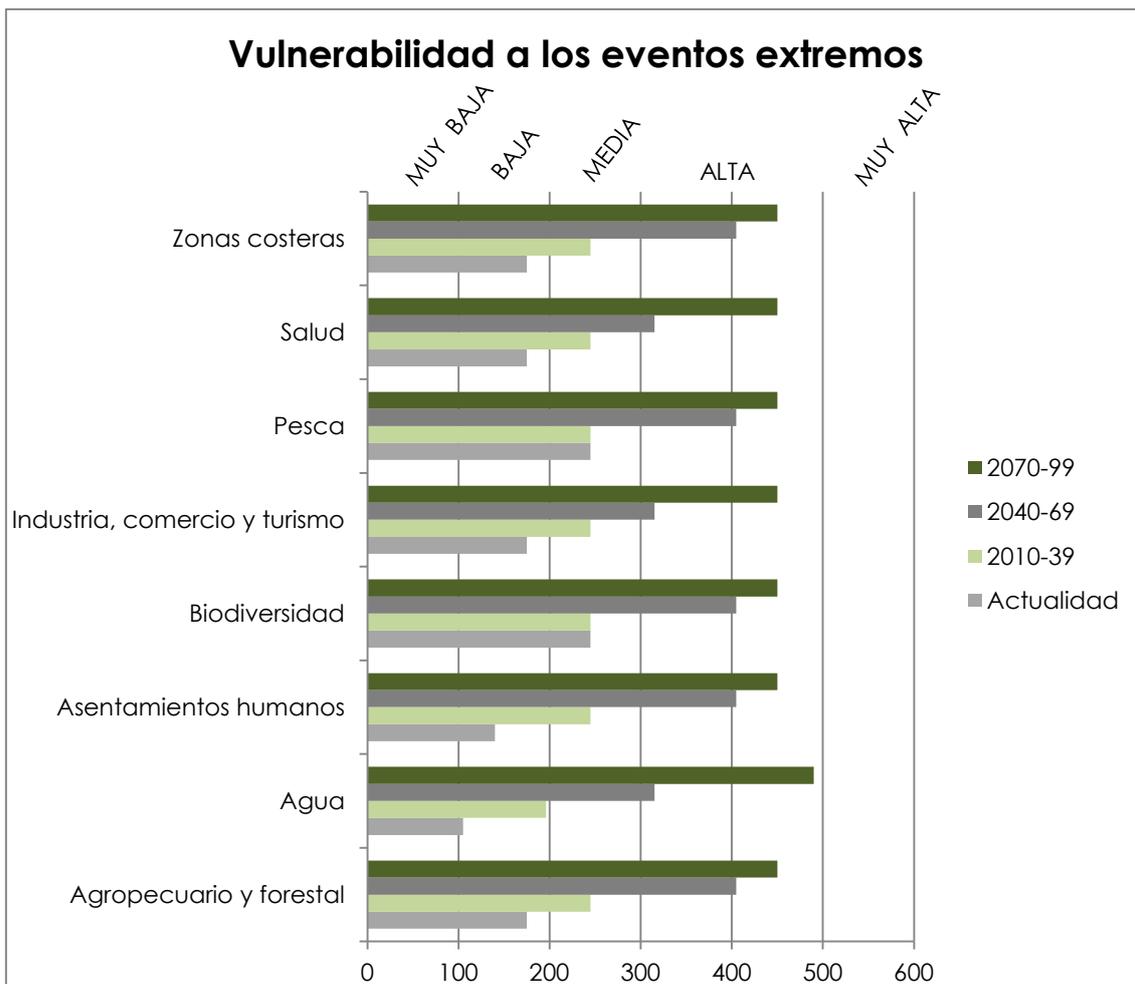
Fuente: elaboración propia.



- ✓ La vulnerabilidad actual a los eventos extremos es mayor, de media, que en el caso de los otros impactos mencionados (aumento de la temperatura y descenso de la precipitación).
- ✓ En este sentido, destacaría la situación actual de la biodiversidad y de la pesca, que se sitúan de partida en niveles medios (nivel 3). Ello es debido a que ambos se ven afectados por otros condicionantes que agravan su nivel de vulnerabilidad, como la sobrepesca y la fragmentación de los hábitats.
- ✓ A futuro, en todos los sectores **las vulnerabilidades a los eventos extremos resultarían más homogéneas que a los demás impactos climáticos, situándose todas ellas en el último período estudiado en un nivel alto (nivel 4), próximo al nivel muy alto (nivel 5).**

Gráfico 3: Niveles de vulnerabilidad a los eventos extremos en los diferentes sectores.

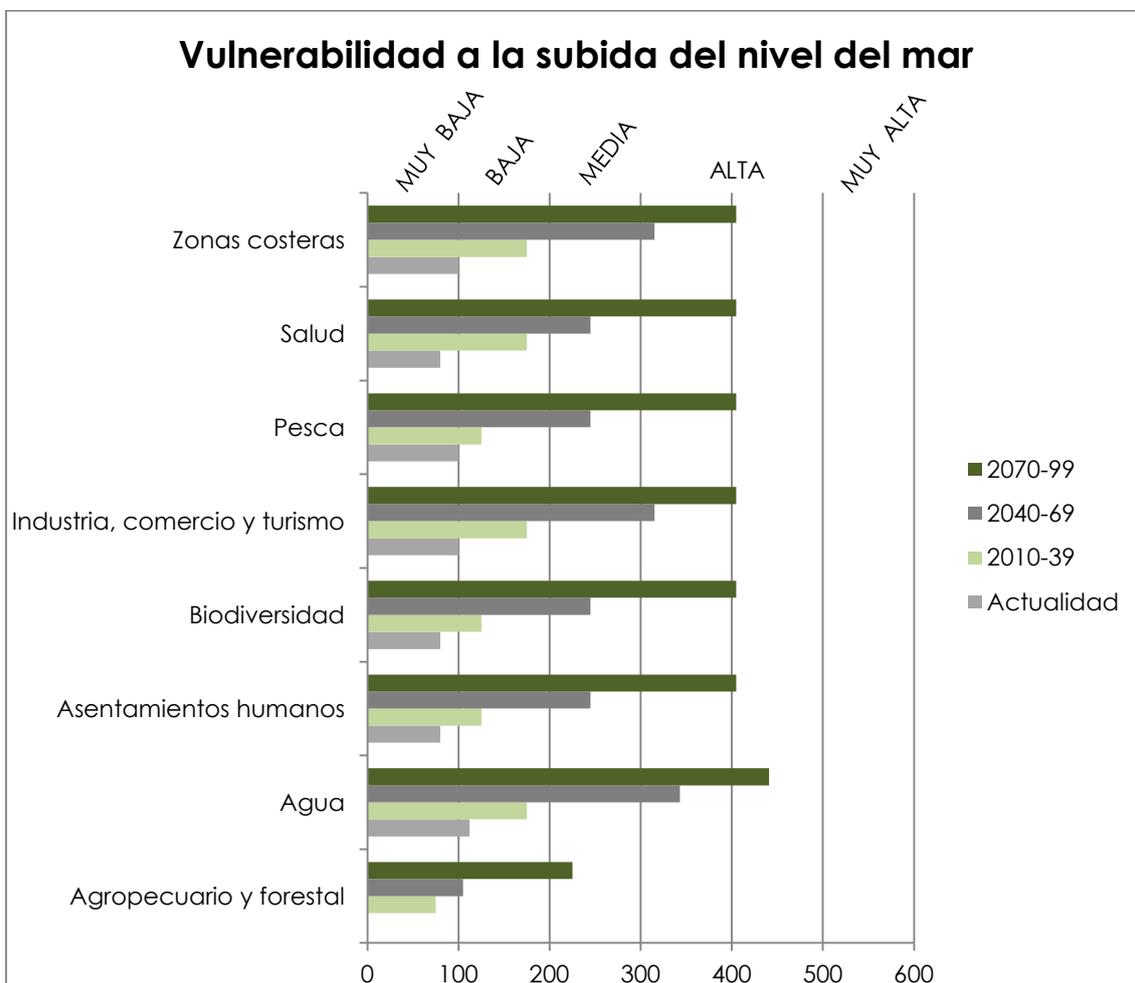
Fuente: elaboración propia.



- ✓ Las vulnerabilidades al incremento del nivel del mar serían de un nivel alto (nivel 4) en el período 2070-99, a excepción de la de los sectores agropecuario y forestal.
- ✓ Con respecto a la vulnerabilidad de los sectores agropecuario y forestal, se debe mencionar que ésta se situaría en un nivel despreciable en la actualidad (nivel 0) y en un nivel medio (nivel 3) en el último período.

Gráfico 4: Niveles de vulnerabilidad a la subida del nivel del mar en los diferentes sectores.

Fuente: elaboración propia.



Por lo tanto, **el sector del agua se percibe como uno de los más vulnerables, junto con el de zonas costeras y asentamientos humanos, debido principalmente a que son sectores que ya se están viendo afectados por diferentes impactos climáticos**, como los eventos meteorológicos extremos o el incremento en el nivel del mar. Además, hay

que tener presente que el sector del agua es clave y totalmente transversal para el resto de sectores analizados, lo que refuerza la percepción de gravedad sobre el mismo.

Por su parte, **la pesca y la biodiversidad son sectores que se perciben con grados de vulnerabilidad actual medios**. En estos casos, sin embargo, hay que tener presente que **su situación se ve agravada por cuestiones adicionales al cambio climático**, como pueden ser la sobrepesca y la fragmentación de los hábitats.

Las menores vulnerabilidades se encuentran, por un lado, en el sector agropecuario y forestal, ligado al aumento del nivel del mar y, por otro, en la industria, el comercio y el turismo, ligado al aumento de la temperatura. En ambos casos, donde se parte con unos valores de vulnerabilidad actual bajos, se terminaría en niveles medios en el último período del siglo XXI.

Tras el análisis realizado sobre la vulnerabilidad actual y futura de diferentes sectores del Estado de Yucatán ante los efectos del cambio climático, el siguiente paso se centra en el análisis de opciones para reforzar la capacidad de adaptación de los mismos. En este sentido, **el presente documento supone una primera aproximación a la política a llevar a cabo en materia de adaptación a los efectos del cambio climático**, a través del establecimiento de un marco estratégico, que se desarrolla en líneas de actuación que, a su vez, se concretan en una batería de medidas para el refuerzo de la capacidad de adaptación.

El objetivo del mismo, por lo tanto, ha sido analizar las posibilidades de actuación que pueden ser susceptibles de ser desarrolladas por el Estado de Yucatán en la materia.

El presente documento se estructura en tres partes. **En la primera parte se presenta la metodología de análisis que se ha aplicado, así como el estudio realizado sobre las posibles medidas** de refuerzo de la capacidad de adaptación, en base al diagnóstico realizado previamente sobre su grado de vulnerabilidad actual y futura a los impactos del cambio climático.

En base a ello, **la segunda parte del documento aborda una propuesta de estrategia de actuación** que guiaría las políticas de adaptación del Estado hasta el año 2030, en el contexto del PEACC. En este capítulo se incluye también una propuesta de priorización de las actuaciones definidas, en base al análisis realizado en la primera parte del documento.

Por último, **la tercera parte del documento establece un cuadro de mando para el seguimiento y monitoreo** de la política de adaptación al cambio climático del Estado. Así, se definen una serie de indicadores, tanto de avance (destinados a conocer el efecto de las acciones puestas en marcha sobre la vulnerabilidad de los sectores), como de eficacia (destinados a monitorear el avance del PEACC).

2. Resumen ejecutivo

El presente documento recoge la propuesta de medidas para la vertiente de adaptación al cambio climático del PEACC de Yucatán. Su elaboración se ha basado en el análisis desarrollado para la determinación de los niveles de vulnerabilidad actual y futura de ocho sectores considerados como prioritarios en el Estado de Yucatán: agropecuario y forestal; industria, comercio y turismo; asentamientos humanos; salud; pesca; zonas costeras; agua; biodiversidad.

El análisis realizado se ha basado en el análisis costo – beneficio, método muy poderoso en sus resultados, pero también muy exigente en sus necesidades de información. El principal problema que ha surgido en el desarrollo del análisis ha sido la ausencia de información adecuada y precisa. La principal razón para ello, se deriva de que los estudios de costo-beneficio relacionados con la adaptación al cambio climático tienen aún una naturaleza incipiente, existiendo poca bibliografía directamente aplicable. En ello tiene una importancia clara, frente a la mitigación, la enorme diversidad local de medidas de adaptación, que hace complejo poder “importar” datos de otros estudios. Una segunda razón se deriva de la falta de estudios científicos precisos relativos al Estado, de los que poder obtener información que pueda ser aplicada.

Para solucionar esta dificultad, se han diseñado diversas estrategias, desde el enfoque como factor de producción, el análisis cualitativo hasta la valoración multicriterio. De la visión conjunta de estas herramientas, se obtiene información suficiente para la toma de decisión.

Se han definido un total de 53 medidas susceptibles de ser incluidas en el PEACC de Yucatán, en la vertiente de adaptación al cambio climático para el periodo 2014-2030.

Las mismas se han estructurado en tres líneas de actuación: Conocimiento, Acción y Participación, siguiendo las líneas marcadas para la vertiente de mitigación del cambio climático.

Casi el 70% de las actuaciones definidas recaen en la línea de Acción, siendo medidas que persiguen la actuación directa para la reducción de la vulnerabilidad ante los impactos del cambio climático. Por su parte, dentro de la línea de Conocimiento se incluyen actuaciones importantes dirigidas a desarrollar y gestionar sistemas de alerta

temprana ante impactos climáticos, así como sistemas de monitoreo de variables específicas que permitan una detección temprana de los riesgos futuros. Por último, en la vertiente de participación se engloban actuaciones dirigidas a mejorar la difusión de la información existente dentro de cada sector en cuanto a impactos, riesgos climáticos y actuaciones preventivas.

En base al análisis realizado, se propone una priorización de las medidas definidas en tres bloques: prioritarias, secundarias y terciarias.

ACCIONES A IMPLEMENTAR A CORTO PLAZO.

Las primeras actuaciones a llevarse a cabo estarían relacionadas con el desarrollo, gestión y difusión de un sistema de alerta temprana, coordinado entre varios sectores (agropecuario, salud y zonas costeras, principalmente). Así mismo, aquellas medidas que permiten un mayor conocimiento sobre el estado y evolución de los sectores, son prioritarias al constituir la base para la adecuada actuación futura.

También deberían ser priorizadas las medidas dirigidas a la conservación del patrimonio natural de Yucatán, ya que además de otros servicios ambientales importantes, suponen una barrera natural ante impactos climáticos. En este grupo se consideran también aquellas medidas dirigidas a mejorar la planificación y ordenación que puede permitir una menor exposición a los efectos del cambio climático.

Por último, también es interesante priorizar aquellas acciones dirigidas al aumento de la resiliencia ante los efectos del cambio climático.

SECTOR	LÍNEA	Nº	ACCIÓN
I. PRIMER GRUPO DE MEDIDAS PRIORITARIAS: MEDIDAS DE ALERTA TEMPRANA.			
Agropecuario y forestal	Conocimiento	1.4	Sistemas públicos de información temprana ante riesgos relacionados con la variabilidad climática, con la participación de productores agrícolas y ganaderos organizados.
Salud	Conocimiento	4.3	Sistema de alerta temprana para prevenir a la población sobre peligros sanitarios.
Zonas costeras	Conocimiento	8.3	Acciones preventivas y de alerta temprana ante el impacto de eventos meteorológicos extremos.
Agua	Conocimiento	6.2	Desarrollo de un programa estatal de monitoreo ambiental y sensibilización.
Agua	Conocimiento	6.1	Creación de una base de datos hidrológicos y climáticos.

SECTOR	LÍNEA	Nº	ACCIÓN
Biodiversidad	Conocimiento	7.3	Fortalecimiento de la monitorización, control y evaluación de las amenazas a la biodiversidad. Identificación de especies indicadoras.
II. SEGUNDO GRUPO DE MEDIDAS PRIORITARIAS: MEDIDAS DE REDUCCIÓN DE LA EXPOSICIÓN.			
Agropecuario y forestal	Acción	1.3	Ajuste de la carga y del tipo de especie ganadera, en función de las nuevas condiciones (número de cabezas necesarias, disponibilidad de alimento y forraje), minimizando el gasto en épocas malas.
Industria, comercio y turismo	Acción	2.7	Incorporación del análisis de riesgos climáticos en fase de proyecto de nuevas instalaciones industriales y de servicios.
Pesca	Acción	3.2	Enfoque de manejo precautorio para disminuir el esfuerzo pesquero en especies sobreexplotadas.
Pesca	Acción	3.3	Implementación de medidas de manejo ecológico de la pesca.
Asentamientos humanos	Acción	5.1	Programa de protección de barreras naturales, como los humedales.
Asentamientos humanos	Acción	5.4	Incorporación de criterios sobre riesgos climáticos en la construcción de infraestructura urbana de las zonas costeras.
Asentamientos humanos	Acción	5.6	Planes Municipales de Desarrollo Urbano
Biodiversidad	Acción	7.1	Desarrollo de planes de conservación y aumento de los espacios protegidos.
Biodiversidad	Acción	7.2	Desarrollo de corredores biológicos entre reservas y espacios naturales protegidos.
Zonas costeras	Acción	8.1	Planificación adecuada de futuros asentamientos humanos.
Zonas costeras	Acción	8.2	Manejo estratégico del recurso agua.
Zonas costeras	Acción	8.4	Manejo integral ecosistémico de los sistemas lagunares.
Zonas costeras	Acción	8.5	Acciones de protección y/o recuperación de dunas costeras y humedales.
III. TERCER GRUPO DE MEDIDAS PRIORITARIAS: MEDIDAS DE AUMENTO DE LA RESILIENCIA.			
Industria, comercio y turismo	Acción	2.3	Establecimiento de las medidas obligatorias para la construcción de nuevas edificaciones que consideren la mayor intensidad de los vientos y otros factores climáticos.
Agropecuario y forestal	Participación	1.6	Fortalecer las organizaciones de productores agrícolas y ganaderos.
Pesca	Acción	3.4	Implementación de tecnologías de cultivo de especies de mayor importancia comercial.
Salud	Acción	4.4	Mejora de sistemas de saneamiento.
Salud	Participación	4.5	Acciones de capacitación en materia de salud, higiene y cambio climático.
Salud	Participación	4.6	Constitución de un fondo financiero para atender emergencias de salud que se deriven de contingencias climáticas
Agua	Acción	6.5	Programa piloto de recarga de acuífero con agua residual tratada.

ACCIONES SECUNDARIAS DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO.

En este segundo grupo de medidas, se incluyen aquellas que por su alcance o especificidad no se considera tan urgente su implantación. Dentro de las dirigidas a la alerta temprana, se incluyen las que están enfocadas al seguimiento de vectores infecciosos, así como polen y otros factores que influyen en la salud.

Por otra parte, dentro de las medidas dirigidas a la reducción de la exposición, se incluirían la construcción bioclimática en áreas urbanas o la diversificación de la producción en el sector primario (incluyendo pesca y agropecuario y forestal), entre otras.

Por último, las medidas dirigidas a la reducción de la exposición que, en general, tienen costos más elevados al implicar infraestructuras, contemplarían la remodelación de infraestructuras expuestas en el sector de industria, comercio y turismo o la implantación de programas piloto para el fomento del ahorro del agua, entre otros.

SECTOR	LÍNEA	Nº	ACCIÓN
I. PRIMER GRUPO DE MEDIDAS SECUNDARIAS: MEDIDAS DE ALERTA TEMPRANA.			
Salud	Conocimiento	4.1	Desarrollo de un sistema GIS para el rastreo de los movimientos de vectores infecciosos que puedan verse potenciados por el cambio climático.
Salud	Conocimiento	4.2	Refuerzo en la vigilancia y el monitoreo para la detección de factores influyentes en la salud.
II. SEGUNDO GRUPO DE MEDIDAS SECUNDARIAS: MEDIDAS DE REDUCCIÓN DE LA EXPOSICIÓN.			
Agropecuario y forestal	Acción	1.1	Adaptación de los sistemas tecnológicos a las prácticas de cultivo bajo las nuevas condiciones climáticas.
Industria, comercio y turismo	Acción	2.4	Refuerzos estructurales en la infraestructura económica y/o reubicación en áreas lejanas a la línea de costa.
Pesca	Acción	3.1	Diversificación de actividades de la población dedicada a la pesquería ribereña y de altura.
Pesca	Conocimiento	3.5	Soporte técnico y tecnológico de instituciones especializadas.
Salud	Conocimiento	4.7	Intercambio de experiencias y conocimientos de medidas sanitarias de prevención ante cambios climáticos
Asentamientos humanos	Acción	5.2	Construcción bioclimática en las áreas urbanas.
III. TERCER GRUPO DE MEDIDAS SECUNDARIAS: MEDIDAS DE AUMENTO DE LA RESILIENCIA.			
Agropecuario y forestal	Acción	1.7	Estructurar un mecanismo de aseguramiento para los pequeños productores agropecuarios.
Industria, comercio y turismo	Acción	2.1	Diseño o remodelación de estructuras para garantizar su resistencia a eventos meteorológicos extremos.

SECTOR	LÍNEA	Nº	ACCIÓN
Pesca	Acción	3.6	Inversión en tecnologías para optimizar las capturas y aumentar la producción acuícola.
Agua	Acción	6.3	Implementación de un programa piloto con el uso de dispositivos de ahorro de agua.
Biodiversidad	Acción	7.4	Erradicación de especies invasoras y control de las mismas.
Zonas costeras	Acción	8.7	Relocalización de infraestructura y vivienda en zonas menos expuestas.

ACCIONES TERCARIAS DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO.

En este último grupo, se incluirían sobre todo medidas dirigidas al aumento de la resiliencia de los sectores, incluyendo tanto acciones encaminadas a la capacitación de los sectores, como a reubicación de infraestructuras, entre otras. Éstas últimas, medidas muy costosas.

SECTOR	LÍNEA	Nº	ACCIÓN
I. PRIMER GRUPO DE MEDIDAS TERCARIAS: MEDIDAS DE ALERTA TEMPRANA.			
Agua	Conocimiento	6.4	Implementación de un programa de promoción y entendimiento de la huella hídrica. Programa piloto en el sector hotelero del Estado.
II. SEGUNDO GRUPO DE MEDIDAS TERCARIAS: MEDIDAS DE REDUCCIÓN DE LA EXPOSICIÓN.			
Agropecuario y forestal	Acción	1.2	Redistribución de áreas de cultivo para adaptarlas a las nuevas condiciones.
Asentamientos humanos	Acción	5.3	Programa de asesoría para la construcción bioclimática.
Asentamientos humanos	Acción	5.5	Programa para la promoción de la captación de aguas de lluvia y alternativas para su reutilización.
III. TERCER GRUPO DE MEDIDAS TERCARIAS: MEDIDAS DE AUMENTO DE LA RESILIENCIA.			
Agropecuario y forestal	Acción	1.5	Transferencia de tecnología e infraestructura con un sistema de riego más eficiente.
Industria, comercio y turismo	Participación	2.2	Entrenamiento del personal para protocolos de seguridad.
Industria, comercio y turismo	Participación	2.2	Reubicación de servicios en hoteles para evitar daños por inundaciones.
Industria, comercio y turismo	Acción	2.6	Seguros de reubicación ante incidencia de eventos meteorológicos extremos.
Biodiversidad	Participación	7.5	Capacitación, sensibilización y puesta en valor de la biodiversidad.
Pesca	Participación	3.7	Comunicación de riesgos futuros al sector pesquero sobre los posibles efectos del cambio climático en la pesca por medio de programas educativos.

Agua	Acción	6.6	Programas piloto para la implantación de procesos de desalinización de agua marina.
Zonas costeras	Participación	8.6	Comunicación de riesgos futuros a la población de la zona costera por medio de programas educativos.
Zonas costeras	Acción	8.8	Implementación y uso de tecnologías para contrarrestar el efecto de la erosión de la línea de costa.

Ligado a las medidas, se han definido una batería de indicadores para la vertiente de adaptación al cambio climático. Siguiendo con el planteamiento presentado en el área de mitigación, estos indicadores se clasifican en dos bloques:

A. INDICADORES DE AVANCE. Destinados a conocer el efecto de las acciones puestas en marcha sobre la vulnerabilidad de los sectores.

SECTOR	Nº	INDICADOR	UNIDAD	FRECUENCIA
Transversal		Pérdidas económicas ante impactos climáticos: <ul style="list-style-type: none"> - Cosechas perdidas - Cabezas de ganado perdidas - Empleos perdidos - Daños en infraestructuras² - Disminución en la afluencia de turistas - Gasto sanitario 	MXN \$	Anual
Transversal		Porcentaje de la población en condiciones de pobreza	%	Anual
Agropecuario y forestal		Superficie de zonas agrícolas y ganaderas en la que se observan fenómenos de degradación	ha	Anual
Pesca		Grado de sobreexplotación de las pesquerías	T capturas	Triannual
Salud		Nº de personas fallecidas como consecuencia de impactos climáticos	Nº	Anual
Salud		Nº de casos de enfermedades transmitidas por vectores infecciosos	Nº	Anual
Asentamientos humanos		Temperatura media en centros urbanos	° C	Anual

² Entendiendo el término "infraestructura" en sentido amplio, incluyendo infraestructuras de transporte, agrícolas, ganaderas, industriales, edificios, sistemas de suministro de electricidad, agua potable, etc.

Asentamientos humanos	Nº de viviendas afectadas por impactos climáticos	Nº	Anual
Agua	Nº de habitantes en situación de estrés hídrico	Nº	Anual
Biodiversidad	Superficie de ecosistemas degradados	ha	Anual
Biodiversidad	Especies vulnerables o en peligro identificadas	nº	Anual
Zonas costeras	Grado de erosión de las playas (variaciones en su extensión)	m	Triannual

B. INDICADORES DE EFICACIA. Destinados a monitorear el avance del PEACC, en su vertiente de adaptación al cambio climático.

SECTOR	Nº	INDICADOR	UNIDAD	FRECUENCIA
Transversal		Número de personas abarcadas por los sistemas de alerta temprana	Nº	Anual
Transversal		Número de personas capacitadas en materia de adaptación al cambio climático	Nº	Anual
Agropecuario y forestal		Número de agricultores y ganaderos que adecúan su producción a nuevas condiciones climáticas	Nº	Anual
Industria, comercio y turismo		Inversión realizada en refuerzos estructurales	MXN \$	Triannual
Pesca		Inversión realizada en tecnología e infraestructuras	MXN \$	Triannual
Salud		Nº de personas con acceso a los sistemas de saneamiento y alcantarillado	Nº	Triannual
Asentamientos humanos / zonas costeras		Nº de personas en asentamientos situados en zonas de riesgo climático	Nº	Triannual
Agua		Carga contaminante del agua en el manto freático	DBO, DQO, siemens (conductividad), ppm (salinidad), pH	Trimestral
Biodiversidad		Hectáreas bajo algún sistema de protección	Ha	Triannual

Metodología de análisis.

2.1. Análisis costo-beneficio.

Para cada opción identificada se ha llevado a cabo un análisis cualitativo y, cuando ha sido posible, cuantitativo de la misma. Por un lado, cuando se ha dispuesto de datos al respecto, se ha realizado un balance económico y, por otro, se ha analizado de forma cualitativa el peso relativo de las diferentes opciones en términos de costo-beneficio. Este segundo enfoque se ha considerado necesario para comparar unas opciones con otras, cuando no se ha tenido conocimiento cuantitativo sobre sus implicaciones económicas.

No debe perderse de vista que, al igual que ocurre con el análisis de medidas en la vertiente de mitigación, el costo-beneficio es una metodología extremadamente sensible a pequeños cambios en las hipótesis o en los periodos de cálculo. Cuestiones como los tipos de interés o la estructuración en el tiempo de las medidas cambian de forma sustancial los resultados. La bibliografía sobre estos temas es compleja y, en todo caso, es conveniente realizar un plan de inversión detallado en cada medida con carácter previo a su puesta en marcha.

METODOLOGÍA DE ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO.

El análisis de la batería de medidas identificadas para la adaptación al cambio climático en el Estado de Yucatán, ha combinado aspectos técnicos y económicos. En concreto, dentro del análisis económico se incorpora el análisis costo-beneficio de las diferentes opciones.

El análisis temporal aplicado tiene en cuenta el horizonte del PEACC, es decir, 2030, asumiendo que las medidas pueden ser implementadas desde 2014. En general se ha asumido, como ha sido mencionado, un enfoque "estratégico" realizando inversiones desde una óptica de Administración Pública. Es decir, lo más frecuente ha sido asumir las inversiones durante un momento de tiempo determinado (generalmente hasta 2020) aunque se considere el impacto y la rentabilidad hasta el año 2030.

La aplicación del costo-beneficio se basa en la siguiente ecuación:

$$\text{CosteBeneficio} = B_0 - C_0 + \frac{B_1 - C_1}{1+r} + \frac{B_2 - C_2}{(1+r)^2} + \dots$$

Donde,

B son los **beneficios de la medida**, es decir, considerados como los ingresos que se obtienen con la puesta en marcha de la medida, así como los beneficios derivados de la mejora de la capacidad de adaptación. En este caso, es necesario incidir en la dificultad asociada a muchos sectores en el proceso de monetización de los beneficios ligados a las medidas que permiten una mejor adaptación al cambio climático, como se verá más adelante, en el análisis de las opciones identificadas.

C son los **costos de la medida**, incluyendo tanto las inversiones iniciales como los costos de operación y mantenimiento. Los costos de tipo institucional ligados a la puesta en marcha de las medidas (señaladamente sueldos de empleados públicos) sólo se han tenido en cuenta cuando se deriven de la misma esencia de la medida y para evitar la distorsión de disponer de medidas sin costo asociado.

r es el **tipo de interés**. Se aplica un tipo de interés del 10%, de acuerdo con el análisis de opciones de mitigación del PEACC³ y en base al estudio similar desarrollado por el Banco Mundial para México en el año 2009⁴. Se trata de un tipo de interés elevado pero que, de alguna forma, compensa que los análisis costo-beneficio se realicen a un plazo de tiempo tan largo (2030). En el ámbito privado sería difícil imaginar un análisis de rentabilidad en un lapso de tiempo superior a quince años, pero se trata de una necesidad cuando se analiza el efecto de políticas públicas de adaptación. De la misma forma, sólo se ha tenido en cuenta el valor residual (positivo o negativo) de las inversiones al final de su vida útil cuando éste resulte significativo.

El análisis realizado está enfocado desde el punto de vista global, es decir, sin tener en cuenta en el impacto los subsidios y los impuestos en cada una de las medidas, o sin tener presente quién soporta el gasto.

Se trata de un método muy poderoso en sus resultados, pero muy exigente en sus necesidades de información. El principal problema al que se ha enfrentado el equipo de trabajo es la ausencia de información adecuada y precisa. La principal razón para ello, se deriva de que los estudios de costo-beneficio relacionados con la adaptación al cambio climático tienen aún una naturaleza incipiente, existiendo poca bibliografía directamente aplicable. En ello tiene una importancia clara, frente a la mitigación, la

³ Ver "Programa Especial de Acción frente al Cambio Climático de Yucatán. Propuesta de políticas y estrategias de mitigación de emisiones de GEI". 2013.

⁴ México: estudio sobre la disminución de emisiones de carbono. 2009.

enorme diversidad local de medidas de adaptación, que hace complejo poder “importar” datos de otros estudios. Una segunda razón se deriva de la falta de estudios científicos precisos relativos al Estado, de los que poder obtener información que pueda ser aplicada.

Para solucionar esta dificultad, el equipo de trabajo ha diseñado diversas estrategias, desde el enfoque como factor de producción, el análisis cualitativo hasta la valoración multicriterio. De la visión conjunta de estas herramientas, creemos que se obtiene información suficiente para la toma de decisión.

2.2. Análisis multicriterio.

Como se ha comentado, debido a la dificultad asociada a monetizar todos los beneficios asociados a las medidas de adaptación al cambio climático, se ha considerado importante reforzar el análisis de las medidas con otro enfoque complementario.

Así, el análisis de las medidas de adaptación al cambio climático se realiza desde una perspectiva más amplia que únicamente la económica, aplicando también un análisis multicriterio a las opciones identificadas, introduciendo en la valoración distintas variables, comparándolas pero sin reducirlas a una única magnitud. El análisis multicriterio es un método que permite la evaluación teniendo en cuenta diferentes objetivos, a través de la ponderación de cada uno de ellos. Se trata de un método que facilita el debate y la incorporación de distintos puntos de vista, especialmente considerando procesos participativos.

En este caso, los criterios que se han valorado son los que se muestran a continuación.

Tabla 1: Criterios del análisis multicriterio.

Fuente: Adaptado de Bruin, K. et al.⁵

CRITERIOS	Descripción	Posibles valores	Jerarquía
IMPORTANCIA	Repercusiones socioeconómicas de la implementación de la medida.	De 1 a 5, correspondiendo el 1 a la menor puntuación.	1
URGENCIA	Mayor o menor necesidad de la medida para garantizar la seguridad de la población o su acceso a los servicios básicos. En biodiversidad: medida en la que la conservación de una o varias especies dependen de la implementación inmediata de la medida.		2
NO-REGRET	Existencia de beneficios derivados de la implementación de la medida al margen de la ocurrencia o no del cambio climático.		3
EFFECTOS SECUNDARIOS	Existencia de beneficios o daños colaterales no buscados de tipo económico, ambiental, social...		4
EFFECTO DE MITIGACIÓN	Reducción de emisiones o fijación de carbono debida a la implementación de la medida.		5

La jerarquía de criterios es la que orienta sobre el orden de prioridad de aplicación de las medidas. De este modo, las medidas de aplicación prioritaria serán las de puntuación 5 en “Importancia”. De entre éstas, las de puntuación 5 en “Urgencia” serán las prioritarias frente a las de puntuación 5 en “No-Regret”⁶, y así sucesivamente.

⁵ Bruin, K. et al. Adapting to climate change in The Netherlands: an inventory of climate adaptation options and ranking of alternatives, 2009.

⁶ Como medida “No-Regret” se entiende aquella que tiene capacidad para producir beneficios, independientemente de la ocurrencia del cambio climático. Es decir, generaría beneficios adicionales a los propios que promueven la adaptación al cambio climático.

3. Opciones para la adaptación al cambio climático.

A continuación se analizan las diferentes opciones para el refuerzo de la capacidad de adaptación y disminución de la vulnerabilidad de los sectores del Estado de Yucatán. En el Anexo del documento se puede encontrar la información más detallada sobre cada solución valorada.

Como se ha comentado en el capítulo de metodología, es necesario recalcar la dificultad asociada al análisis económico de las opciones de adaptación al cambio climático. Por una parte, esta vertiente de actuación abarca medidas que habitualmente implican varios proyectos y estudios de detalle previos necesarios. Ello, único la escasa bibliografía al respecto, hace que la valoración cuantitativa de los costos y los beneficios asociados a las mismas no siempre sea todo lo rotunda que sería deseable en un primer análisis, siendo necesarios estudios de detalle para cada caso.

Como forma de solventar esta realidad, el presente análisis incluye, siempre que ha sido posible, el análisis cuantitativo de las diferentes opciones, complementado con un análisis de tipo cualitativo sobre las implicaciones económicas, así como un análisis multicriterio de las mismas.

Así, el planteamiento siempre ha tenido dos aproximaciones al análisis costo – beneficio. Siempre que se ha podido se ha llevado a cabo el enfoque integral, en el que se calcula el análisis costo – beneficio cuando se dispone de todos los datos necesarios para el mismo. En ausencia de los mismos, se ha aplicado un enfoque de relativo, en el que el cálculo del beneficio se realiza como un factor de producción.

En todos los casos, además, se ha realizado el análisis multicriterio, de acuerdo con lo especificado en el capítulo de metodología.

Este proceso de análisis amplio, permite identificar aquellas medidas que pueden considerarse prioritarias para su implantación en el Estado de Yucatán. En cualquier caso, hay que tener en cuenta que este primer análisis constituye un acercamiento inicial a las posibilidades de actuación en este ámbito que debe ser en procesos posteriores de participación y análisis.

3.1. Sector agropecuario y forestal.

La agricultura, el sector forestal y la ganadería (en mayor medida la extensiva que la intensiva) están fuertemente condicionados por el clima. Se trata de un sector con poco peso en la economía yucateca (apenas el 4.1% del PIB estatal en 2011⁷), pero de gran importancia social, puesto de que es la fuente de sustento de la población rural del Estado, precisamente la que se encuentra en mayor situación de marginación y pobreza. Además, este sector abastece a la industria agroalimentaria, de mayor peso en la economía del Estado que el propio sector agropecuario y forestal. De este modo, las alteraciones que podría generar el cambio climático en el sector repercutirían negativamente sobre la población rural yucateca y sobre la industria agroalimentaria.

En la actualidad, la práctica totalidad del Estado de Yucatán se encuentra afectada por un grado mayor o menor de sequía (desde la sequía fuerte hasta la severa)⁸, y en los años de huracanes resultan dañadas decenas de miles de hectáreas de cultivos y pastizal y los perjuicios en la agricultura y la ganadería ascienden a cientos de millones de pesos⁹. Estas afecciones que está sufriendo la población rural yucateca podrían ser intensificadas por el cambio climático.

El análisis de vulnerabilidad al cambio climático realizado muestra que se trata de un sector particularmente vulnerable a sequías, eventos meteorológicos extremos y en menor medida, incendios forestales, plagas y enfermedades ganaderas y de cultivos, pudiendo ser potenciados todos ellos por el cambio climático, con las consecuentes pérdidas económicas para la población rural y la industria agroalimentaria del Estado

Por todo lo expuesto anteriormente, el sector agropecuario y forestal debe estar incluido en una estrategia de adaptación al cambio climático para que ésta sea

7 SAGARPA. *Indicadores Estatales Agroeconómicos. Yucatán*. 2011.

⁸Secretaría de Desarrollo Rural y Pesca del Gobierno del Estado de Yucatán. *Programa Estatal de Desarrollo Agropecuario y Pesquero del Estado de Yucatán 2001-2007*. 2005.

⁹Comisión Nacional del Agua, Dirección General de Administración y Control de Sistemas Hidrológicos. *Resumen de los Fenómenos Hidrometeorológicos Más Importantes Ocurridos Durante 1988*. 1989.

Secretaría de Gobernación, CENAPRED. *Impacto Socioeconómico de los principales desastres ocurridos en la República Mexicana en el año 2002*. 2003.

Zapata, R. *Características e impacto socioeconómico del huracán "Emily" en Quintana Roo, Yucatán, Tamaulipas y Nuevo León en Julio de 2005*. 2005.

Buenfil, J. (SEMARNAT, INE). *Adaptación al Cambio Climático en los humedales costeros del Golfo de México [Volumen 1]*. 2009.

completa. Las medidas de adaptación que aquí se proponen para este sector empiezan por la adaptación de la gestión agraria a las climatología proyectada para el futuro, lo cual permite concienciar a agricultores y ganaderos, evita gastos de infraestructura y adecúa la explotación de recursos del medio natural a la disponibilidad variable de los mismos, ayudando a evitar situaciones de sobreexplotación. Por otra parte, se proponen mejoras en la organización de los productores agrarios, un sistema de alerta temprana y, por último, la rehabilitación de infraestructuras y la transferencia de tecnología. La aplicación de estas medidas ayudaría a la población rural yucateca a hacer frente a los riesgos del cambio climático y a evitar grandes pérdidas económicas.

Análisis costo-beneficio

Para la estimación de costos y beneficios de las medidas propuestas no se ha podido contar con valoraciones económicas de acciones de adaptación desarrolladas en México, de modo que ésta se ha tenido que basar en lo observado en otros países. Si bien es cierto que se ha podido realizar una estimación de costos para casi todas las medidas, esto no ha sido posible para los beneficios de las mismas, debido a la falta de información al respecto en la bibliografía consultada o a que ésta no permitía establecer valoraciones sólidas para el caso de Yucatán.

Por ello, y como se ha comentado con anterioridad en este capítulo, en el análisis de las medidas de este sector, se ha debido recurrir al enfoque relativo, ante la ausencia de información para estimar de forma cuantitativa los beneficios asociados a las medidas planteadas.

Así, los resultados del análisis costo-beneficio de las medidas propuestas para este sector son los que se muestran a continuación.

Tabla 2: Resumen de los costos y beneficios obtenidos para las medidas del sector agropecuario y forestal.

Fuente: elaboración propia con base en diferentes fuentes.

Nº	Medida	Costo (MXN \$)	Beneficio (MXN \$)	C/B
1.1	Adaptación de los sistemas tecnológicos a las prácticas de cultivo bajo las nuevas condiciones climáticas.	2,039,207	n/a	n/a
1.2	Redistribución de áreas de cultivo para adaptarlas a las nuevas condiciones.	551,145	n/a	n/a
1.3	Ajuste de la carga y del tipo de especie ganadera, en función de las nuevas condiciones (número de cabezas necesarias, disponibilidad de alimento y forraje), minimizando el gasto en épocas malas.	75,199	n/a	n/a
1.4	Sistemas públicos de información temprana ante riesgos relacionados con la variabilidad climática, con la participación de productores agrícolas y ganaderos organizados.	9,487,239	n/a	n/a
1.5	Transferencia de tecnología e infraestructura con un sistema de riego más eficiente.	1,689,487	n/a	n/a
1.6	Fortalecer las organizaciones de productores agrícolas y ganaderos.	216,070	n/a	n/a
1.7	Estructurar un mecanismo de aseguramiento para los pequeños productores agropecuarios.	n/a	n/a	n/a

En la tabla anterior se puede comprobar cómo la medida de mayor costo es la que contempla el establecimiento de un sistema público de información temprana. Ello se debe a que esta opción de actuación requiere de la instalación de una red de estaciones meteorológicas sinópticas y de la puesta en marcha de un modelo de tiempo atmosférico, lo cual requiere una fuerte inversión¹⁰. La red de estaciones meteorológicas y el modelo de tiempo atmosférico podrán ser también utilizadas para el montaje de un sistema de alerta temprana en otros sectores donde se considera

¹⁰Los costos correspondientes a esta medida se han obtenido de una medida similar propuesta en el Programa Nacional de Acciones de Adaptación de Bután (National Environment Commission, Royal Government of Bhutan. *Bhutan National Adaptation Program of Action*).

relevante, como son el de la salud o el de zonas costeras, compartiendo de este modo la mayoría del costo del mismo.

En cuanto a costos, con una quinta parte del costo de la anterior, la siguiente medida más costosa sería la 1.1, que considera tres fases de actuación: la siembra de variedades adaptadas, la adecuación de las épocas de cultivo a las nuevas condiciones y la adaptación de las prácticas de cultivo a ciclos de diferentes duraciones. La mayor parte del costo en este caso se corresponde con la selección de variedades de cultivos y la puesta en marcha y mantenimiento de la infraestructura necesaria para producir la simiente¹¹. Las otras dos fases se implementan mediante talleres con agricultores¹².

Con un costo algo inferior estaría el programa de transferencia de tecnología e infraestructura con un riego más eficiente, debiéndose su costo a la dotación de diferentes equipamientos y técnicas a las explotaciones agrarias¹³. Hay que destacar que estos costos varían notablemente en función de las tecnologías transferidas.

El resto de medidas tienen un costo más bajo, de un orden de magnitud similar. El importe asociado a la redistribución de áreas de cultivo se debe al estudio previo necesario¹⁴. En cuanto al fortalecimiento de las organizaciones de productores agrícolas y a las medidas de ajuste de carga ganadera y tipo de especie, los costos son los correspondientes a la realización de talleres necesarios para implementar dicha

¹¹ Los costos de esta medida se han basado en los de una medida igual propuesta para Mali en su Programa Nacional de acción de Adaptación al Cambio Climático (Ministere d'Equipement et des Transports, Republique du Mali. *Programme d'Action National d'Adaptation aux Changements Climatiques*. 2007, disponible en: http://www.preventionweb.net/files/8537_mli01f.pdf).

¹²Costos de talleres estimados en base a los de los talleres con agricultores y ganaderos descritos en Willenbockel, D. *A Cost.Benefit Analysis of Practical Action's Livelihood-Centered Disaster Risk Reduction Project in Nepal*. 2011. (<http://community.eldis.org/?233@@.59ecc208!enclosure=.59ecc20e&ad=1>).

¹³Costos basados en transferencias de tecnología al sector agropecuario en Nepal y Túnez, indicados en Willenbockel, D. *A Cost.Benefit Analysis of Practical Action's Livelihood-Centered Disaster Risk Reduction Project in Nepal*. 2011. (<http://community.eldis.org/?233@@.59ecc208!enclosure=.59ecc20e&ad=1>) y República de Túnez. *Portefeuille National d'Adaptation au changement climatique*. 2010 (<http://www.mdptunisie.tn/pdf/file/sante.pdf>).

¹⁴República de Túnez. *Portefeuille National d'Adaptation au changement climatique*. 2010 (<http://www.mdptunisie.tn/pdf/file/sante.pdf>). El costo fue obtenido de un estudio (de requerimientos técnicos muy similares al que aquí se propone) y de los proyectos piloto que forman parte de una medida de adaptación de cultivos de riego.

medida¹⁵. Las diferencias de precio entre estas medidas se deben a los diferentes tamaños de sus ámbitos de aplicación.

Por último, no se ha podido realizar una estimación fundada del costo asociado a estructurar un seguro agropecuario. Sin embargo, la Cartera Nacional de Adaptación al Cambio Climático de Túnez apunta un dato que podría ser aplicable a Yucatán, el costo de un estudio de factibilidad y de los grados de cobertura de un seguro agrario en dicho país ascendería a 3,583,000 pesos mexicanos¹⁶.

Con respecto a los beneficios obtenidos de las medidas propuestas, aunque no se ha podido constatar que existan en la bibliografía estimaciones de los mismos que permitan realizar valoraciones fundamentadas, sí se ha llevado a cabo un ejercicio de simulación y cuantificación de mejoras si, gracias a la implementación de las medidas, la producción agrícola y ganadera se incrementase o redujese sus pérdidas en porcentajes muy conservadores. En todos los casos se ha comprobado que los incrementos de producción o disminución de pérdidas, traducidos a términos económicos, podrían ser superiores a los costos de las medidas, como se indica a continuación.

Tabla 3: Simulación de mejoras debidas medidas del sector agropecuario y forestal.

Fuente: elaboración propia.

Nº	Medida	Hipótesis para la mejora alcanzable (beneficio)	Cuantificación económica (MXN \$)	Relación Costo/Beneficio
1.1	Adaptación de los sistemas tecnológicos a las prácticas de cultivo bajo las nuevas condiciones climáticas.	Incremento de la producción de un 0.1% cada dos años en la población objetivo de la medida	9,611,502	0.21
1.2	Redistribución de áreas de cultivo para adaptarlas a las nuevas condiciones.	Reducción de un 0.5% de los daños causados por los huracanes	881,122	0.63

¹⁵ Obtenidos de las experiencias llevadas a cabo en Nepal y citadas anteriormente (Willenbockel, D. A Cost.Benefit Analysis of Practical Action's Livelihood-Centered Disaster Risk Reduction Project in Nepal. 2011, disponible en: <http://community.eldis.org/?2333@.59ecc2081enclosure=.59ecc20e&ad=1>).

¹⁶ República de Túnez. *Portefeuille National d'Adaptation au changement climatique*. 2010 (<http://www.mdptunisie.tn/pdf/file/sante.pdf>).

Nº	Medida	Hipótesis para la mejora alcanzable (beneficio)	Cuantificación económica (MXN \$)	Relación Costo/Beneficio
1.3	Ajuste de la carga y del tipo de especie ganadera, en función de las nuevas condiciones (número de cabezas necesarias, disponibilidad de alimento y forraje), minimizando el gasto en épocas malas.	Incremento de la producción ganadera de la población objetivo en un 0.5% en el segundo año de implantación de la medida y de un 0.75% a partir de entonces	1,259,885	0.06
1.4	Sistemas públicos de información temprana ante riesgos relacionados con la variabilidad climática, con la participación de productores agrícolas y ganaderos organizados.	Reducción de un 1% de los daños de huracanes en el sector	16,179,365	0.59
1.5	Transferencia de tecnología e infraestructura con un sistema de riego más eficiente.	Aumento de la producción agrícola de un 1% en la población objetivo a partir del quinto año de implementación de la medida	2,671,496	0.73
1.6	Fortalecer las organizaciones de productores agrícolas y ganaderos.	Aumento de la producción del sector primario en las poblaciones objetivo en un 0.5% a partir del quinto año de implementación de la medida, y de un 0.75% a partir de dicho año	5,535,039	0.04
1.7	Estructurar un mecanismo de aseguramiento para los pequeños productores agropecuarios.	n/a	n/a	n/a

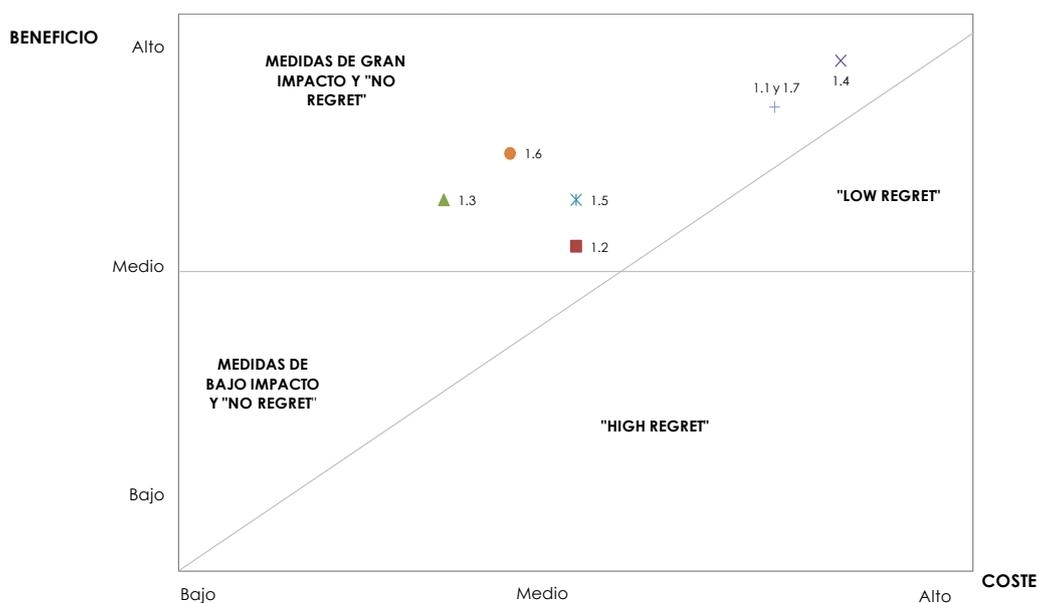
Como se puede comprobar en la tabla anterior y, aunque los resultados aquí presentados no se pueden considerar exactamente como una valoración integrada de todos los beneficios esperables, sí se observa que las mejoras podrían ser superiores a los costos de las medidas.

Al margen de lo anterior, para poder realizar una comparación entre todas las medidas propuestas para este sector y, dado que no ha sido posible una determinación fundada de sus beneficios, se ha realizado un análisis costo - beneficio relativo, partiendo de los costos estimados y de los beneficios esperables de las

medidas, en términos de aumentos y pérdidas evitadas en la producción agroforestal y ganadera. Los resultados de este análisis son los que se muestran a continuación.

Gráfico 5: Resultados del análisis costo-beneficio cualitativo en el sector agroforestal.

Fuente: elaboración propia.



- ◆ 1.1 Adaptación de los sistemas tecnológicos a las prácticas de cultivo bajo las nuevas condiciones climáticas
- 1.2 Redistribución de áreas de cultivo para adaptarlas a las nuevas condiciones.
- ▲ 1.3 Ajuste de la carga y del tipo de especie ganadera, en función de las nuevas condiciones (número de cabezas necesarias, disponibilidad de alimento y forraje), minimizando el gasto en épocas malas
- × 1.4 Sistemas públicos de información temprana ante riesgos relacionados con la variabilidad climática, con la participación de productores agrícolas y ganaderos organizados
- × 1.5 Transferencia de tecnología e infraestructura con un sistema de riego más eficiente
- 1.6 Fortalecer las organizaciones de productores agrícolas y ganaderos.
- + 1.7 Estructurar un mecanismo de aseguramiento para los pequeños productores agropecuarios.

De acuerdo a lo mostrado en el gráfico anterior, se podría esperar que la puesta en marcha de las medidas arrojará beneficios superiores a los costos, debido a las mejoras en la productividad y disminución de costos obtenidas gracias a su implementación. De hecho, todas las medidas pueden considerarse de gran impacto y "no-regret".

La medida de mayores beneficios sería el sistema de información temprana, seguido de la adaptación de los sistemas tecnológicos a las prácticas de cultivo bajo las nuevas condiciones climáticas.

La mejor relación costo-beneficio se encontraría en el fortalecimiento de las organizaciones de productores, y en las medidas de adaptación de la gestión ganadera, si bien es cierto que el beneficio de estas últimas medidas estaría más limitado.

La medida de menores beneficios sería la redistribución de las áreas de cultivo para adaptarlas a las nuevas condiciones.

En base a los resultados del análisis costo-beneficio cualitativo, las medidas prioritarias en este sector resultarían las del ajuste y adecuación del manejo ganadero y la del fortalecimiento de organizaciones de productores agrícolas y ganaderos, debido a que son las de menor costo y los beneficios derivados de las mismas son medio-altos. A estas dos medidas les seguiría la redistribución de las áreas de cultivo, puesto que su costo es algo mayor y sus beneficios algo menores que los de las anteriores. La transferencia de tecnologías e infraestructura con un sistema de riego más eficiente, de costo y beneficio medio-altos, se situaría tras la redistribución de áreas de cultivo en el orden de prioridad. Por último, se encontrarían los seguros agrícolas, la adaptación de los sistemas tecnológicos a las prácticas de cultivo bajo las nuevas condiciones climáticas —ambas de altos beneficios, pero altos costos— y, en especial, la creación del sistema de información temprana, por su elevado costo.

Análisis multicriterio

Examinando las medidas desde un enfoque más amplio que el meramente económico, se llevó a cabo el análisis multicriterio de las mismas. En la siguiente tabla se pueden observar sus puntuaciones en las cinco variables analizadas.

Tabla 4: Resumen de los resultados obtenidos en el análisis multicriterio en el sector agroforestal.

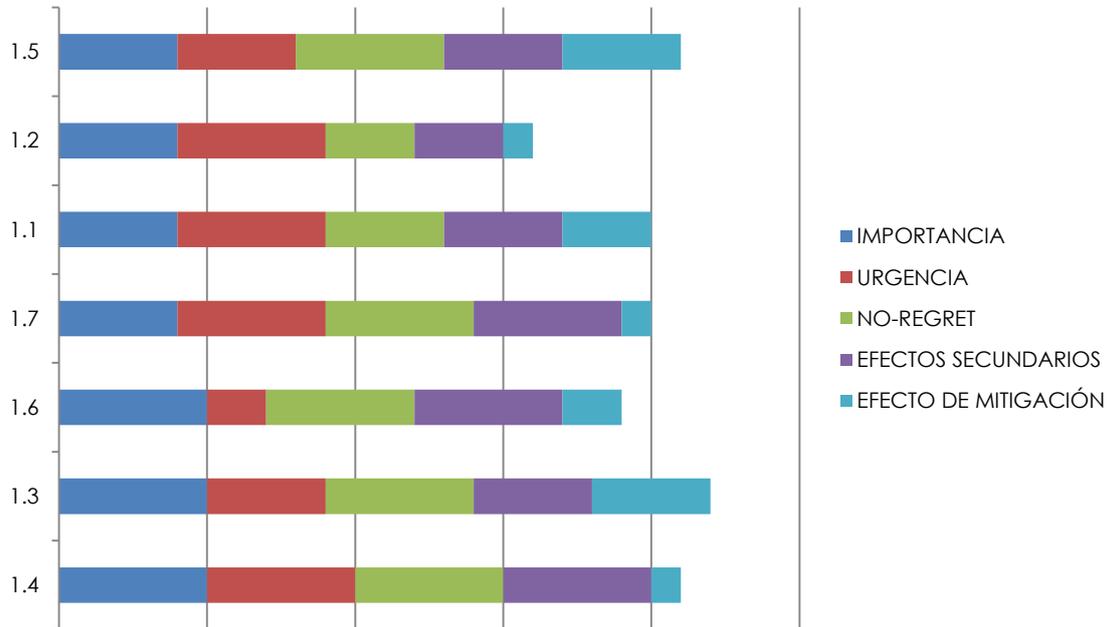
Fuente: elaboración propia.

Nº	Medida	Prioridad	Importancia	Urgencia	No-regret	Efectos secundarios	Efecto de mitigación
1.4	Sistemas públicos de información temprana ante riesgos relacionados con la variabilidad climática, con la participación de productores agrícolas y ganaderos organizados	1	5	5	5	5	1
1.3	Ajuste de la carga y del tipo de especie ganadera, en función de las nuevas condiciones (número de cabezas necesarias, disponibilidad de alimento y forraje), minimizando el gasto en épocas malas.	2	5	4	5	4	4
1.6	Fortalecer las organizaciones de productores agrícolas y ganaderos.	3	5	2	5	5	2
1.7	Estructurar un mecanismo de aseguramiento para los pequeños productores agropecuarios.	4	4	5	5	5	1
1.1	Adaptación de los sistemas tecnológicos a las prácticas de cultivo bajo las nuevas condiciones climáticas.	5	4	5	3	4	3
1.2	Redistribución de áreas de cultivo para adaptarlas a las nuevas condiciones.	6	4	5	3	3	1
1.5	Transferencia de tecnología e infraestructura con un sistema de riego más eficiente.	7	4	4	5	4	4

En el gráfico siguiente se pueden ver, ordenadas de menor a mayor prioridad, los resultados de las diferentes medidas en el análisis multicriterio.

Gráfico 6: Resultados del análisis multicriterio en el sector agropecuario y forestal.

Fuente: elaboración propia.



Los resultados del análisis multicriterio muestran que, con una visión más amplia que la meramente económica, las medidas prioritarias serían el sistema de información temprana y la adaptación de la gestión ganadera. Se trata de medidas que pueden ahorrar grandes pérdidas en el sector, evitando parte de los daños causados por los eventos extremos en la producción agropecuaria y forestal, ayudando a establecer una ganadería resiliente al cambio climático en el Estado de Yucatán.

Después de estas dos medidas, la prioridad la tendrían las medidas de fortalecimiento de organizaciones de productores y la estructuración de un seguro agrario. Se trata en el primer caso de una medida que puede mejorar ya en la actualidad la producción agraria en general y, en el segundo, de una medida que puede evitar grandes pérdidas en cosechas y explotaciones agrarias causadas por los eventos meteorológicos extremos. Hay que matizar, con respecto a la segunda, que gran parte de la agricultura yucateca es de subsistencia, por lo que la implementación de ésta podría no ser secundada por las compañías de seguros, aunque los agricultores puedan tener en ella gran interés.

Por último, estarían las medidas de la adaptación de los sistemas tecnológicos, la redistribución de las áreas de cultivo y la transferencia de tecnología de riego. Se trata, en todos los casos, de medidas de importancia media-alta. Si bien es cierto que,

excepto la última, que es de menor alcance que las anteriores, todas ellas son de gran importancia por los beneficios que pueden reportar a la producción agrícola y por las pérdidas que evitarían en la actualidad en la misma.

Conclusiones

Como se había apuntado anteriormente, el sector agropecuario y forestal es de gran importancia social, puesto que de él depende gran parte de la población rural yucateca, que es la que padece un mayor grado de marginación en el Estado. Este sector es altamente dependiente de la climatología y la meteorología, de modo que los cambios en las mismas se acaban traduciendo en repercusiones para la población que vive en las zonas rurales, además de para la industria agroalimentaria.

Las medidas que se proponen para este sector pueden contribuir a dar una mayor resiliencia a las comunidades rurales yucatecas frente al cambio climático, minimizando en ellas los perjuicios y daños asociados al mismo. Los análisis llevados a cabo sobre estas medidas muestran que, en todos los casos, los beneficios de implementarlas podrían ser superiores a sus costos. Además de lo anterior, su puesta en marcha se traduciría en resultados positivos para agricultura y ganadería yucatecas, al margen de la mayor o menor probabilidad de ocurrencia de los efectos negativos para el sector causados por el cambio climático.

Conforme a los resultados de los análisis costo-beneficio y multicriterio, las acciones prioritarias serían la puesta en marcha de un sistema de información temprana, que constituiría una base de información de la cual podrían servirse muchas otras medidas de este sector y de otros sectores. Además, la adaptación de la producción agrícola y ganadera a las nuevas condiciones, bien desde el punto de vista de los sistemas tecnológicos empleados o bien desde su manejo, sería el siguiente área en el que se debería trabajar para reforzar la capacidad de adaptación del sector.

3.2. Industria, Comercio y Turismo.

El sector terciario es el principal motor económico del Estado de Yucatán, como demuestra el hecho de que, en 2011, este sector supuso el 73%¹⁷ del total del PIB del Estado. Adicionalmente, el sector secundario también contribuye en gran medida a la actividad económica del Estado, ya que su contribución al PIB total en el mismo año ascendió hasta el 23% en 2011¹⁸. El comercio, incluido dentro del sector terciario del Estado, contribuye con un 19% del total del PIB, frente a un 14.2% de las industrias manufactureras y un 2.5% del sector turismo y la hotelería¹⁹.

No sólo en las cifras del PIB del Estado de Yucatán se aprecia la importancia de los sectores secundario y terciario sino que, si se analizan también las actividades económicas en las que se emplean los yucatecos, se observa que el comercio y el sector secundario dan trabajo a un importante porcentaje de la población. Así, el 32.3% de la población activa está empleada en el sector comercio, frente a un 22.6% que lo hace en el sector secundario, principalmente, en las industrias alimentarias y los textiles. En cuanto al turismo, aproximadamente el 5.5% del total de la población activa del Estado está ocupada en el sector²⁰.

Del análisis de vulnerabilidad y riesgos realizado en el marco de este Programa Especial de Acción ante el Cambio Climático del Estado de Yucatán, se ha obtenido información relevante sobre los principales efectos del cambio climático en el Estado de Yucatán y la influencia de los mismos en la industria, el comercio y el turismo. Así, las mayores vulnerabilidades de estos sectores serían las debidas a los eventos extremos y a la subida del nivel del mar. También habría de tenerse en cuenta el efecto de la disminución de las precipitaciones y el incremento de la temperatura, aunque su efecto se espera que sea menor.

El efecto de los eventos extremos es muy importante en el Estado de Yucatán en lo concerniente, principalmente, al turismo. Los huracanes causan importantes desperfectos en la infraestructura y, además, suponen pérdidas por las noches de

¹⁷ INEGI. *Perspectiva estadística Yucatán, Diciembre 2011*.

¹⁸ SAGARPA. *Indicadores Estatales Agroeconómicos, 2011*.

¹⁹ INEGI. *Perspectiva estadística Yucatán, Diciembre 2011*.

²⁰ La información estadística relativa al turismo es escasa para el Estado de Yucatán. Por ello, se han supuesto como referidos a este sector los datos indicados en los epígrafes "servicios de esparcimiento, culturales y deportivos y otros servicios recreativos", "servicios de alojamiento temporal y de preparación de alimentos y bebidas" y "otros servicios".

hospedaje canceladas y los impuestos del turismo no ingresados. Si ya en la actualidad suponen un importante perjuicio, con los efectos del cambio climático en el Estado, que se espera que incremente la frecuencia e intensidad de huracanes, tormentas y mareas de tormenta, se incrementaría dicho perjuicio. Por ello, para minimizar los efectos del cambio climático en el sector, se han propuesto y analizado diferentes medidas encaminadas a incrementar la capacidad de adaptación al cambio climático, teniendo en cuenta, particularmente, los mayores riesgos que afrontaría y sus características.

Análisis costo-beneficio

A continuación, se exponen los resultados obtenidos del análisis costo-beneficio de las medidas de adaptación propuestas para el sector industria, comercio y turismo. Debido a la dificultad para cuantificar económicamente los costos y beneficios de las medidas, causada, principalmente, por la escasez de información, tanto a nivel estatal como nacional e, incluso, mundial, únicamente se ha podido analizar cuantitativamente una de las medidas, aunque un total de ocho medidas han sido identificadas como importantes.

Las medidas identificadas para la industria, el comercio y el turismo son las siguientes.

Tabla 5: Medidas identificadas para el sector industria, comercio y turismo.

Fuente: elaboración propia.

Nº	Medida
2.1	Diseño o remodelación de estructuras para garantizar su resistencia a eventos meteorológicos extremos.
2.2	Entrenamiento del personal para protocolos de seguridad.
2.3	Establecimiento de las medidas obligatorias para la construcción de nuevas edificaciones que consideren la mayor intensidad de los vientos y otros factores climáticos.
2.4	Refuerzos estructurales en la infraestructura económica y/o reubicación en áreas lejanas a la línea de costa.
2.5	Reubicación de servicios en hoteles para evitar daños por inundaciones.
2.6	Seguros de reubicación ante incidencia de eventos meteorológicos extremos
2.7	Incorporación del análisis de riesgos climáticos en fase de proyecto de nuevas instalaciones industriales y de servicios

En la medida 2.3, que es en la única para la que se cuenta con una valoración de costos y beneficios, los resultados obtenidos en el análisis son los que se muestran a continuación.

Tabla 6: Costos y beneficios obtenidos para la medida 2.3.

Fuente: elaboración propia²¹.

Costo (MXN \$)	Beneficio (MXN \$)	C/B
1,083,442,066	1,431,953,098	0.8

Como se puede comprobar, los costos y beneficios de la medida son de un elevado orden de magnitud. Esto se debe, fundamentalmente, al elevado costo de llevar a cabo refuerzos estructurales en viviendas. No obstante, debe tenerse en cuenta que los beneficios resultantes de estos refuerzos estructurales, especialmente en términos de daños a la salud evitados en huracanes, no cuantificados aquí, podrían ser muy superiores a sus costos.

Con respecto a la mejora del aislamiento térmico, debe señalarse que el beneficio derivado de la misma, notablemente inferior al derivado de los refuerzos estructurales, se debería al ahorro energético asociado a una menor necesidad de aire acondicionado.

La cuantificación de los costos y beneficios de las medidas se ha llevado a cabo a partir de análisis realizados a nivel europeo²², así como para Florida²³ y Santa Lucía²⁴. En dicho análisis, se estudiaron costos y beneficios de acciones como las propuestas en esta medida.

Debido a la dificultad, anteriormente mencionada, de realizar el enfoque integral en el análisis costo-beneficio de todas las medidas propuestas, se ha llevado a cabo el enfoque relativo comentado al comienzo de este capítulo.

²¹ Los costes y beneficios mostrados en esta tabla serían los correspondientes a mejorar el aislamiento térmico en un 10% de las viviendas con aire acondicionado en Yucatán, así como los asociados a reforzar estructuralmente 10,000 viviendas para mejorar su resistencia a huracanes.

²² ECOFYS for EURIMA. *U-Values for better energy performance of buildings*, 2007.

²³ Hochrainer-Stigler, S. et al. *The Costs and Benefits of Reducing Risk from Natural Hazards to Residential Structures in Developing Countries*. 2011.

²⁴ Florida Division of Emergency Management. *Wind Mitigation Booklet*. 2005.

Gráfico 7: Resultados del análisis costo-beneficios cualitativo en el sector industria, comercio y turismo.

Fuente: elaboración propia.



Tal y como se puede observar, se puede considerar que algunas de las medidas propuestas tendrían un costo superior a su beneficio, mientras que en otras, se obtendría como resultado un beneficio superior al costo. Las medidas para las que el beneficio sería mayor que el costo son, principalmente, medidas de costo entre medio y bajo, entre las que se incluyen el entrenamiento del personal para protocolos de seguridad, la incorporación del análisis de riesgos climáticos en fase de proyecto de nuevas instalaciones industriales y de servicios, los seguros de reubicación ante incidencia de eventos extremos y la reubicación de servicios en hoteles para evitar daños por inundaciones.

Una de las principales ventajas de la aplicación de estas medidas es que, pese a su bajo costo, el beneficio podría considerarse elevado. Según los resultados del análisis, de hecho, excepto el entrenamiento del personal para protocolos de seguridad, cuyo impacto sería bajo, el resto de medidas tendrían un impacto medio o medio alto.

Las medidas en las que los costos superan a los beneficios, implican, en general, la construcción de infraestructuras muy costosas o la reubicación de instalaciones. Estas medidas incluyen: el diseño o remodelación de infraestructuras para garantizar su resistencia a eventos meteorológicos extremos, así como el refuerzo estructural de la infraestructura económica y la posible reubicación de instalaciones lejos de la línea de costa.

Por último, el incentivar que las nuevas construcciones sean más resistentes al viento y consideren otros factores climáticos sería una medida de alto impacto, pero también de alto costo.

En vista de los resultados obtenidos en el análisis cualitativo, la medida que tendría un mayor beneficio y menor costo, sería la incorporación del análisis de riesgos climáticos en la fase de proyecto de nuevas instalaciones industriales y de servicios. Se trata de una medida que ofrecería grandes beneficios, ya que, mediante su aplicación, se evitarían daños tanto materiales como a personas. En la misma línea, también convendría analizar la posibilidad de la reubicación de servicios en hoteles.

En cuanto a las medidas encaminadas a lograr una mayor resistencia al viento y a otros factores climáticos en nuevas edificaciones, y a las que implican la construcción, refuerzo o reubicación de infraestructuras, debe señalarse que, pese a su elevado costo, no puede descartarse su aplicación, ya que cubren necesidades y solucionan problemas concretos que no pueden evitarse mediante otras medidas. Así, en zonas de alto riesgo de inundación, aunque se apliquen otras medidas para paliar sus efectos, en ocasiones, puede ser necesario construir infraestructuras resistentes a las mismas.

Análisis multicriterio

Atendiendo a otras variables no puramente económicas, en la tabla siguiente se muestran las puntuaciones obtenidas por las diferentes medidas propuestas para el sector industria, comercio y turismo en las cinco variables analizadas en el análisis multicriterio.

Tabla 7: Resumen de los resultados obtenidos en el análisis multicriterio en el sector industria, comercio y turismo.

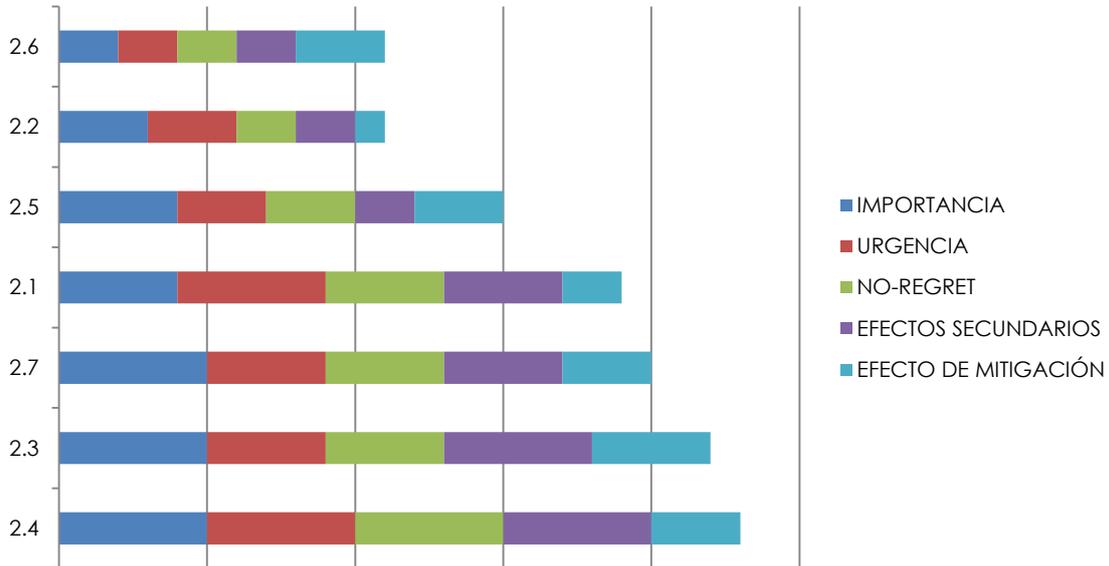
Fuente: elaboración propia.

Nº	Medida	Prioridad	Importancia	Urgencia	No-regret	Efectos secundarios	Efecto de mitigación
2.4	Refuerzos estructurales en la infraestructura económica y/o reubicación en áreas lejanas a la línea de costa.	1	5	5	5	5	3
2.3	Establecimiento de las medidas obligatorias para la construcción de nuevas edificaciones que consideren la mayor intensidad de los vientos y otros factores climáticos	2	5	4	4	5	4
2.7	Incorporación del análisis de riesgos climáticos en fase de proyecto de nuevas instalaciones industriales y de servicios	3	5	4	4	4	3
2.1	Diseño o remodelación de estructuras para garantizar su resistencia a eventos extremos	4	4	5	4	4	2
2.5	Reubicación de servicios en hoteles para evitar daños por inundaciones	5	4	3	3	2	3
2.2	Entrenamiento del personal para protocolos de seguridad	6	3	3	2	2	1
2.6	Seguros de reubicación ante incidencia de eventos meteorológicos extremos	7	2	2	2	2	3

Estos resultados se representan gráficamente debajo, donde se aprecia a la derecha la priorización de las medidas que resulta del análisis multicriterio.

Gráfico 8: Resultados del análisis multicriterio en el sector industria, comercio y turismo.

Fuente: elaboración propia.



Tal y como muestran los resultados, la medida cuya aplicación sería prioritaria es la 2.4, es decir, la construcción de refuerzos estructurales en la infraestructura económica y la reubicación de instalaciones en áreas lejanas de la línea de costa. La segunda medida en cuanto a prioridad es de una naturaleza similar, ya que lograría una resistencia a viento muy superior a la exigida por los estándares en las edificaciones nuevas. Ambas medidas tienen como objetivo la reducción de los efectos de los fenómenos meteorológicos extremos. Debido a la frecuencia e intensidad de este tipo de fenómenos en el Estado de Yucatán, así como el incremento que se espera que se produzca en un futuro, son las prioritarias según el resultado obtenido en el análisis multicriterio.

A continuación, la tercera medida a tener en cuenta sería la incorporación del análisis de riesgos climáticos en fase de proyecto de nuevas instalaciones industriales y de servicios. El principal motivo por el que esta medida se encuadra entre las más prioritarias es su carácter preventivo, ya que, de aplicarla, se minimizarían los efectos de los fenómenos meteorológicos extremos.

La priorización de medidas continúa con el diseño o remodelación de estructuras para garantizar su resistencia a eventos extremos, que, al igual que las medidas mencionadas anteriormente, se centra en el efecto de éstos sobre las infraestructuras y

la mejora del aislamiento térmico, mediante la cual se lograría reducir el consumo energético de los hogares.

Por último, las tres medidas menos prioritarias serían aquellas que se centran en el turismo, minimizando los efectos de los eventos extremos mediante la consecución de acciones sencillas y de bajo costo. Entre estas acciones se incluye la reubicación de servicios en hoteles para evitar daños por inundaciones, el entrenamiento del personal para protocolos de seguridad y los seguros de reubicación ante incidencia de eventos extremos. Estas medidas permiten reducir en una medida importante las pérdidas que se producen en el sector turístico a causa de los eventos meteorológicos extremos, suponiendo un costo bajo.

Este último grupo de medidas es el de prioridad más bajo ya que son las medidas que menor impacto global tendrían en el sector. Pese a ser medidas interesantes y cuya aplicación reportaría beneficios, se trata de opciones que, en comparación con las otras propuestas tendrían menor importancia y los efectos logrados con su aplicación serían más limitados.

Conclusiones

El efecto del cambio climático en el sector industria, comercio y turismo en Yucatán puede ser importante, especialmente a causa de los fenómenos meteorológicos extremos. Para paliar dichos efectos, existen diferentes alternativas, tal y como se ha mostrado en las medidas propuestas. Así, por una parte, sería interesante analizar la posibilidad de mejorar y reforzar las infraestructuras del Estado. Este tipo de medidas suponen una inversión alta, pero también ofrecen resultados muy positivos en cuanto a daños evitados. Por otra parte, algunas de las medidas planteadas tienen un costo económico significativamente inferior, siendo, por tanto, su consecución más sencilla.

No obstante, en resumen, cabría destacar la importancia de incluir al sector de la industria, comercio y turismo a la hora de aplicar medidas de adaptación al cambio climático, por una parte, por su importancia en términos económicos y de empleo en el Estado y, por otra, porque muchas de las medidas que se han propuesto para este sector, tendrían efectos positivos no sólo sobre el cambio climático, sino sobre otros aspectos como puede ser la mejora de las infraestructuras o la creación de empleo.

Aunque en este sector no se han analizado, por estar incluidas en otros donde se ha considerado más prioritario, acciones como la puesta en marcha de un sistema de información temprana, así como la estandarización para almacenar aguas pluviales, podrían ser también importantes en este sector.

3.3. Pesca.

A la hora de realizar el análisis de las medidas de adaptación al cambio climático del sector pesquero, el estado de sobreexplotación de los recursos pesqueros, las circunstancias de decaimiento de la actividad —derivada directamente de las erróneas políticas de manejo— y la regulación de los recursos han sido obstáculos que dificultado la realización del trabajo.

Para ilustrar la situación, hay que indicar que la producción pesquera yucateca comenzó a decaer en la década de los 90, debido principalmente a la sobreexplotación. De hecho, la tendencia en la captura de especies ha mostrado una tendencia a la baja: de 38% a 31% entre el 2000 y el 2010²⁵.

La lista de especies en estado de colapso incluye el tiburón (*Carcharhinidae*, *Sphyrnidae*), ostión (*Crassostrea spp.*), calamar (*Loliginidae*), bagre (*Ariidae*) y almeja (*Corculidae*, *Lucinidae*, *Mastridae*). Por otra parte, entre las especies en sobrepesca se encuentran la sierra (*Scomberomorus maculatus*), el ronco (*Haemulidae*), pámpano (*Carangidae*), mojarra (*Gerreidae*), lisa (*Mugil spp.*), langosta (*Palinuridae*), huachinango (*Lutjanus campechanus*), corvina (*Cynoscion spp.*), cazón (*Carcharhinidae*, *Sphyrnidae*, *Squalidae*, *Triakidae*), caracol (*Fascioliariidae*, *Melongenidae*, *Strombidae*, *Turbinellidae*), camarón (*Penaeidae*), besugo (*Rhomboplites sp.*), berrugata (*Menticirrhus spp.*) y atún (*Thunnus spp.*). En máximo aprovechamiento, pero con tendencia a sobrepesca, están el bonito (*Sarda sp.*) y el mero (*Epinephelus morio*), al tiempo que la situación es de máximo aprovechamiento para otras diez especies: bandera (*Bagre sp.*), cintilla (*Trichiarus lepturus*), esmedregal (*Seriola spp.*), jurel (*Carangidae*), lebrancha (*Mugilidae*), peto (*Scombridae*), pargo

²⁵ Munguía. *El futuro económico de la pesca*. 2010, (en: Durán-García, R., Méndez González. *Biodiversidad y desarrollo humano en Yucatán*. CiCY, PPD-FMAM, CONABIO, SEDUMA).

(Lutjanidae), robalo (*Centropomus spp.*), pulpo (*Octopus spp.*), rubia-canané (*Ocyurus*)²⁶.

Además de lo anterior, el cambio climático podría aumentar la temperatura del agua del mar, afectando directamente a la biología de las especies y la intensidad y frecuencia de huracanes y tormentas, paralizando la actividad pesquera durante los mismos. De este modo, la situación del sector pesquero podría agravarse como consecuencia del cambio climático. Por todo ello, una estrategia de adaptación al cambio climático eficaz debe contar con medidas de adaptación para este sector.

Análisis costo-beneficio

La situación de sobreexplotación de los recursos pesqueros implica que los costos de implementación de las medidas sean elevados y los beneficios derivados de las mismas, a corto y medio plazo, puedan considerarse como no significativos. Por otra parte, se debe tener en cuenta que la incertidumbre de la eficacia de las medidas para la recuperación de los recursos pesqueros es alta. No se han encontrado en la bibliografía casos en los que la aplicación de estrategias de manejo precautorio y adaptativo haya tenido éxito.

Como consideración previa a este análisis, y para comprender el orden de magnitud de los daños y perjuicios que el cambio climático podría causar en el sector, basta citar que las pérdidas económicas causadas por el huracán Emily (2005) fueron superiores a los 80 millones de pesos mexicanos²⁷. Otro ejemplo pueden ser las pérdidas de 225 millones de pesos mexicanos causadas por mareas rojas, impactando a todos los sectores productivos relacionados con la pesca, y paralizando directa e indirectamente más de 20,000 empleos²⁸.

²⁶ Arreguín-Sánchez, F., Arcos-Huitrón, E. *La pesca en México: estado de la explotación y uso de los ecosistemas*. (en *Hidrobiológica*, n° 21: 431-462). 2011.

²⁷ CENAPRED-CEPAL. *Características e impacto socioeconómico del huracán Emily en Quintana Roo, Yucatán, Tamaulipas y Nuevo León en julio de 2005*. 2005.

²⁸ Pacheco-Vallejo, J., Vallejo-Molina, R. *El Cambio Climático y sus posibles efectos en la península de Yucatán*. 2009. (Presentación en el Taller sobre Generación y Aplicación de Información de Escenarios de Clima para la Evaluación de Impactos y Estrategias de Adaptación al Cambio Climático, 1-4 de Septiembre de 2009, Mérida, Yucatán).

Los resultados del análisis costo-beneficio de las medidas propuestas en el sector pesquero se detallan en la siguiente tabla.

Tabla 8: Resumen de los costos y beneficios obtenidos para las medidas del sector pesca

Fuente: elaboración propia.

Nº	Medida	Costo (MXN \$)	Beneficio (MXN \$)	C/B
3.1	Diversificación de actividades de la población dedicada a la pesquería ribereña y de altura.	4,850,000	n/a	n/a
3.2	Enfoque de manejo precautorio para disminuir el esfuerzo pesquero en especies sobreexplotadas.	800,000	n/a	n/a
3.3	Implementación de medidas de manejo ecológico	3,750,000	n/a	n/a
3.4	Implementación de tecnologías de cultivo de especies de mayor importancia comercial.	5,000,000/especie	18,000,000	0.28
3.5	Soporte técnico y tecnológico de instituciones especializadas.	250,000	n/a	n/a
3.6	Inversión en tecnologías para hacer más eficiente la captura.	n/a	n/a	n/a
3.7	Comunicación de riesgos futuros al sector pesquero sobre los posibles efectos del cambio climático en la pesca por medio de programas educativos.	250,000	n/a	n/a

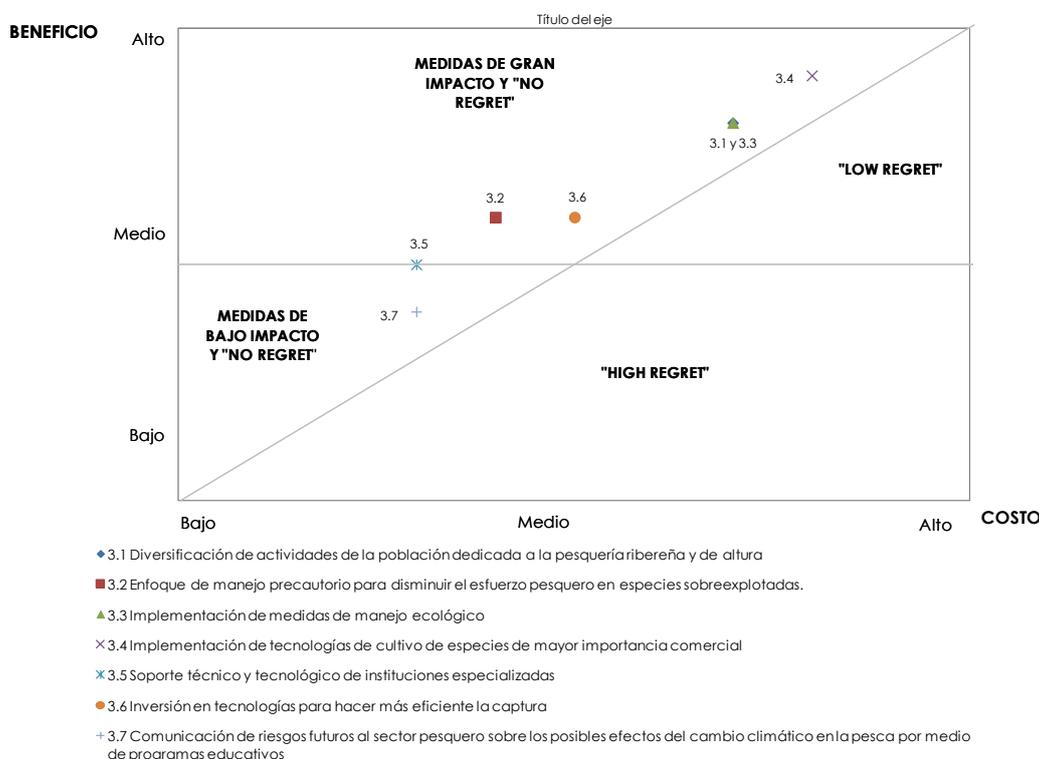
En la tabla anterior se observa que la medida más costosa es la implementación de tecnologías de cultivo de especies de mayor importancia comercial, si bien el beneficio derivado de la misma es más de tres veces su costo. Por otra parte, la diversificación de actividades y la implementación de medidas de manejo ecológico tienen costos también elevados, aunque algo inferiores a las tecnologías de cultivo de especies de interés comercial. Se trata de tres medidas de gran alcance, que podrían traducirse en una reducción de presión sobre el recurso pesquero.

Tras estas medidas, por orden de costo, se sitúan el enfoque de manejo precautorio, el soporte técnico y tecnológico de las instituciones especializadas y la comunicación de riesgos futuros al sector pesquero. Aunque el costo de estas tres medidas es muy inferior al de las anteriores, también lo es su alcance, particularmente el de la comunicación de riesgos futuros al sector pesquero, ya que la involucración de las comunidades pesqueras está supeditada a sus necesidades a corto plazo.

Por último, se debe apuntar que la bibliografía no permite establecer una valoración fundamentada y cuantificada de los costos de la inversión en tecnologías para hacer más eficiente la captura. Del mismo modo ocurre con los beneficios de casi todas las medidas, con la excepción de los de la implementación de tecnologías para el cultivo de especies de interés comercial.

Dada esta ausencia de información en la bibliografía para poder realizar un análisis costo-beneficio cuantitativo que permitiese comparar todas las medidas entre sí, se realiza un enfoque relativo, comentado al inicio de este capítulo. Para ello, las estimaciones de los costos se basan en apreciaciones de sus órdenes de magnitud, de acuerdo al grado de complejidad técnica de las medidas. En cuanto a los beneficios de las mismas, éstos se estiman en base a la presión evitada sobre el recurso pequero. El siguiente gráfico muestra los resultados de este análisis costo-beneficio con enfoque relativo.

Gráfico 9: Resultados del análisis costo-beneficios cualitativo en el sector de la pesca.
Fuente: elaboración propia.



A la vista de los resultados expuestos en el gráfico anterior, las medidas con mejor relación costo-beneficio podrían considerarse el soporte técnico y tecnológico de las

instituciones especializadas y el enfoque del manejo precautorio. Ambas son medidas de costo medio-bajo, siendo los beneficios del soporte técnico limitados y los del enfoque precautorio medio altos.

Por otra parte, la inversión en tecnología para hacer más eficiente la captura, tiene un alcance similar al enfoque del manejo precautorio, considerándose su costo algo mayor.

Por sus beneficios medio-altos, merecen mención la diversificación de actividades, la implementación de medidas de manejo ecológico y la de tecnologías de cultivo de especies de interés comercial, si bien es cierto que los costos de esta última medida son algo mayores que los de las dos anteriores.

Por último, la comunicación de riesgos futuros en el sector pesquero puede considerarse de alcance muy limitado, pues los beneficios debidos a la misma dependen de las necesidades de captura a corto plazo de las comunidades pesqueras.

Análisis multicriterio

Si se someten las medidas propuestas para el sector de la pesca a un análisis en el que se tengan en cuenta más aspectos que los estrictamente económicos, éstas resultan calificadas en las cinco variables consideradas tal y como se muestra a continuación.

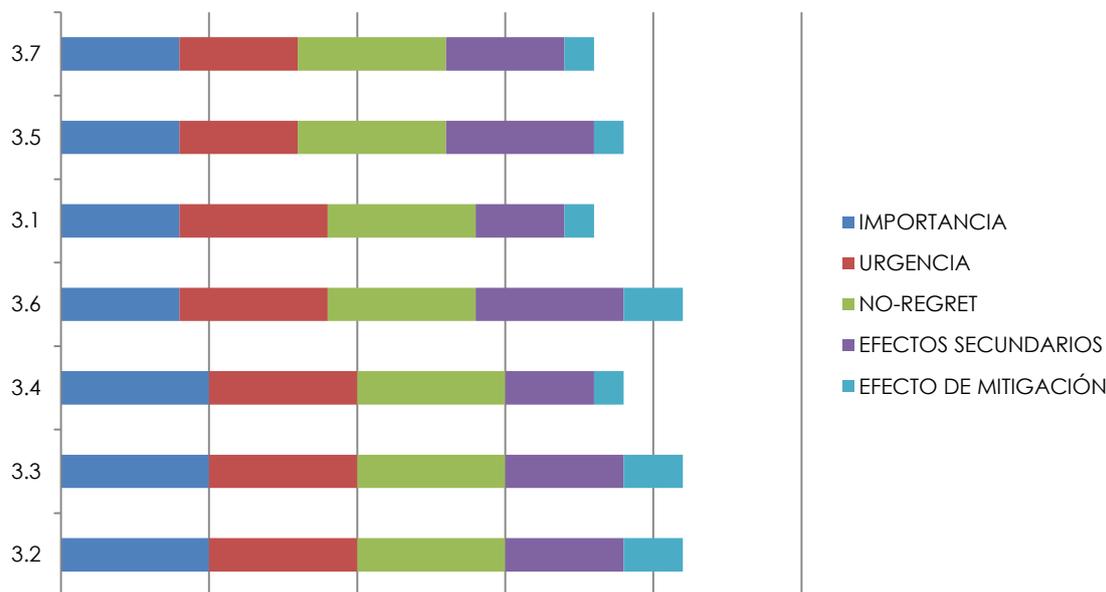
Tabla 9: Resumen de los resultados obtenidos en el análisis multicriterio en el sector de la pesca.
Fuente: elaboración propia.

Nº	Medida	Prioridad	Importancia	Urgencia	No-regret	Efectos secundarios	Efecto de mitigación
3.2	Enfoque de manejo precautorio para disminuir el esfuerzo pesquero en especies sobreexplotadas.	1	5	5	5	4	2
3.3	Implementación de medidas de manejo ecológico	2	5	5	5	4	2

Nº	Medida	Prioridad	Importancia	Urgencia	No-regret	Efectos secundarios	Efecto de mitigación
3.4	Implementación de tecnologías de cultivo de especies de mayor importancia comercial	3	5	5	5	3	1
3.6	Inversión en tecnologías para hacer más eficiente la captura	4	4	5	5	5	2
3.1	Diversificación de actividades de la población dedicada a la pesquería ribereña y de altura	5	4	5	5	3	1
3.5	Soporte técnico y tecnológico de instituciones especializadas	6	4	4	5	5	1
3.7	Comunicación de riesgos futuros al sector pesquero sobre los posibles efectos del cambio climático en la pesca por medio de programas educativos	7	4	4	5	4	1

Gráfico 10: Resultados del análisis multicriterio en el sector de la pesca.

Fuente: elaboración propia.



Los resultados arrojados por el análisis multicriterio priorizan las medidas dirigidas al manejo del recurso pesquero (enfoque precautorio y manejo ecológico), obteniendo ambas medidas la misma puntuación en todas las variables.

Siguiendo en prioridad a las dos anteriores, se encuentra la implementación de tecnologías de cultivo de especies de importancia comercial, con una puntuación muy próxima a la de las dos medidas anteriores.

Tras esta medida, con menor importancia se encontrarían la inversión en tecnologías para hacer más eficiente la captura y la diversificación de actividades en el sector.

Por último, el soporte técnico a las instituciones especializadas y la comunicación de riesgos futuros al sector pesquero quedan como menos prioritarias, por tratarse de medidas que no se consideran tan urgentes como las anteriores.

A los resultados de este análisis hay que apuntar que la implementación de medidas de adaptación que estén relacionadas directamente con la disponibilidad y abundancia del recurso pesquero tendrá resultados a largo plazo, mientras que las medidas que implican a los pescadores tienen su impacto en el corto y medio plazo.

Conclusiones

El estado actual de sobreexplotación de los recursos pesqueros hace que la inclusión de las medidas propuestas para este sector en las estrategias de adaptación al cambio climático sea necesaria para que éstas sean completas. Se debe puntualizar que la percepción de los actores y expertos locales consultados en el marco de este trabajo es que existe incertidumbre respecto a la eficacia de las mismas, puesto que éste sector se considera en estado crítico desde hace más de dos décadas y se estima que los resultados esperables no se manifestarían a corto plazo. Este es uno de los factores que dificulta la estimación cuantificada de beneficios debidos a las medidas en la pesca.

Con todo, los resultados de los distintos análisis realizados indican una mayor prioridad para las medidas centradas en el manejo y la gestión de los recursos pesqueros (enfoque precautorio y manejo ecológico del mismo), por tratarse de medidas de gran control de la presión sobre las existencias.

Siguiendo en prioridad a las anteriores, los análisis señalan a la diversificación de actividades de la población dedicada a la pesca, así como al cultivo de especies de interés comercial. En el segundo caso, se trata de una medida de elevado costo, siendo ambas también medios eficaces contra la sobreexplotación del sector pesquero.

El soporte técnico a las instituciones especializadas se situaría tras las anteriores en orden de prioridad, si bien es verdad que se trata de una medida que puede ayudar a un mayor conocimiento de los volúmenes de existencias pesqueras.

Las medidas menos prioritarias resultan la implementación de tecnologías más eficaces en la captura y la comunicación de riesgos futuros a la población, dado que su traducción en una reducción de la explotación de las existencias no es clara.

3.4. Salud.

El cambio climático afecta a la salud humana de forma indirecta a partir de los efectos causados en otros sectores como el agua, agroforestal, biodiversidad, asentamientos humanos, etc. Entre las principales consecuencias que el cambio climático genera en este sector se encuentran los efectos en la salud relacionados con aumento de la mortalidad por las temperaturas extremadamente elevadas o el cambio de la distribución de las enfermedades infecciosas, los eventos extremos, las variaciones meteorológicas intensas, la escasez de agua, la contaminación atmosférica y aumentos de los efectos en la salud asociados, enfermedades transmitidas por alimentos, el agua y por vectores infecciosos²⁹.

En el caso del Estado de Yucatán, es importante subrayar la situación de pobreza que sufre una parte de la población, así como la carencia de acceso a los servicios de salud, seguridad social o a la alimentación³⁰. Esta situación, hace que la salud de la población sea más vulnerable ante los efectos del cambio climático. El aumento de las temperaturas condicionará no solo la seguridad alimentaria de la región, sino que podría influir en el aumento de las enfermedades transmitidas por vectores infecciosos, enfermedades intestinales causantes de diarreas, olas de calor, o incremento de alérgenos.

Por ello, la puesta en marcha de acciones preventivas encaminadas a garantizar la salud y a mejorar la calidad de vida de la población, así como la mejora de la atención sanitaria en situaciones de eventos meteorológicos extremos será esencial en los futuros planeamientos, los cuales serán priorizados en un escenario de cambio climático.

Las medidas propuestas en materia de salud humana, van encaminadas a alcanzar, por una parte, la universalidad en algunos servicios básicos, como son el abastecimiento y el saneamiento de las aguas, y a reforzar las herramientas de previsión y prevención de enfermedades o eventos extremos que puedan afectar a la salud humana. Asimismo, se ha considerado sustancial promocionar la salud y la higiene con acciones de capacitación y fomento de buenos hábitos.

²⁹ Organización Mundial de la Salud. http://www.who.int/features/factfiles/climate_change/en/

³⁰ Análisis de la vulnerabilidad actual y futura ante los efectos del cambio climático.2012-2013.

Se ha constatado que ya existen en el Estado varios planes y programas de acción para algunos eventos extremos como ciclones o huracanes, por ello, las medidas buscan reforzar la prevención de cara a evitar pérdidas mayores.

Gracias a estas acciones se prevé proteger de forma prioritaria a la población infantil y de tercera edad, ya que dicha población es la más vulnerable a los eventos extremos que pueda causar en cambio climático.

Análisis costo-beneficio

A continuación se resumen los resultados obtenidos de los análisis costo-beneficio de las medidas de adaptación en el sector de la salud. La mayoría de las medidas seleccionadas ya han sido implantadas en otros países, por lo que el análisis se ha basado en estas experiencias.

En cuanto a los beneficios, éstos han resultado difíciles de cuantificar económicamente. Aún así, en base a la bibliografía analizada, se han considerado principalmente los beneficios obtenidos por los ahorros ocurridos en materia de intervención sanitaria o tiempo ahorrado.

Tabla 10: Resumen de los costos y beneficios obtenidos para las medidas del sector salud.

Fuente: elaboración propia.

Nº	Medida	Costo (MXN \$)	Beneficio (MXN \$)	C/B
4.1	Desarrollo de un sistema GIS para el rastreo de los movimientos de vectores infecciosos que puedan verse potenciados por el cambio climático	1,713,986	n/a	n/a
4.2	Refuerzo en la vigilancia y el monitoreo para la detección de factores influyentes en la salud (polen, temperatura, huracanes, precipitaciones)	2,285,315	n/a	n/a
4.3	Sistema de alerta temprana para prevenir a la población sobre peligros sanitarios (olas de calor, huracanes, inundaciones, epidemias, etc.).	5,867,781	53,343,468	0.11
4.4	Acceso universal al sistema de abastecimiento y mejora del sistema de saneamiento y de alcantarillado.	401,212,088	1,965,939,230	0.20
4.5	Acciones de capacitación en materia de salud, higiene y cambio	1,502,540	n/a	n/a

Nº	Medida	Costo (MXN \$)	Beneficio (MXN \$)	C/B
	climático.			
4.6	Constitución de un fondo financiero para atender emergencias de salud que se deriven de contingencias climáticas.	n/a	n/a	n/a
4.7	Intercambio de experiencias y conocimientos de medidas sanitarias de prevención ante cambios climáticos.	2,137,452	n/a	n/a

Según los datos mostrados en la tabla anterior, los costos más elevados son debidos a la adecuación de los sistemas de abastecimiento de agua y alcantarillado, para permitir el acceso universal a este servicio. Los costos para pasar del actual 96% de abastecimiento al 100%, se obtuvieron partiendo de costos estimados por la Organización Mundial de la Salud³¹. En el estudio llevado a cabo por esta organización, se estimaron costos medios per cápita en América Latina y Caribe para cada tipo de instalación de abastecimiento, ya sea por conexión domiciliaria, fuente pública, pozo perforado, pozo excavado o agua de lluvia. En este análisis se optó por una inversión media de todos los sistemas de abastecimiento.

A pesar del elevado costo que supone dar el servicio a toda la población, el beneficio estimado es al menos cuatro veces mayor³². Este beneficio se ha estimado por el ahorro para el sector salud, para los individuos por tratamientos evitados, por un aumento de la productividad en la población y por ahorro de tiempo total, el cual se traduce a su vez en mayores logros para el resto de sectores (educación, agricultura, industria, turismo, etc., por el hecho de no tener la necesidad de desplazarse para garantizar el abastecimiento de agua).

En términos de costos, a continuación se sitúa el mantenimiento del sistema de alerta temprana³³. Tal y como se ha mencionado en el sector agropecuario y forestal, este sistema se implementaría de forma transversal, ofreciendo datos y previsiones sobre eventos y parámetros que puedan afectar a la salud de la población. Los costos considerados en esta medida harían referencia únicamente al gasto anual del

³¹ Hutton, G., Haller, L. Evaluation of the Costs and Benefits of Water and Sanitation Improvements at the Global Level. World Health Organization.2004

³² Robinson, K., Infante, R. & Treller, J. Agua, Saneamiento, Salud y Desarrollo. Una visión desde América Latina y Caribe. Lima. 2006

³³ National Environment Commission, Royal Government of Bhutan. Bhutan National Adaptation Program of Action (<http://unfccc.int/resource/docs/napa/btn01.pdf>).

mantenimiento de cinco operarios monitorizando el sistema de alerta temprana en relación a la salud.

Según la bibliografía consultada en relación a los sistemas de alerta temprana en este sector, los beneficios superarían con creces las inversiones realizadas en términos de vidas salvadas³⁴. Entre los casos analizados, por ejemplo, se cita que en China el ratio beneficio/costo se situó entre 35 y 40, en Mozambique este mismo ratio fue de 70³⁵. A partir de dichos estudios, a fin de cuantificar los beneficios y asumiendo un enfoque conservador, se estimó que los beneficios podrían superar al menos diez veces las inversiones realizadas.

Las siguientes medidas, más costosas, serían las relacionadas con la vigilancia de distintos parámetros relacionados con la salud, el intercambio de experiencias y conocimiento de medidas de prevención, y la implementación y mantenimiento de un sistema GIS para monitoreo de las densidades de vectores infecciosos³⁶. En los costos considerados, tanto en la vigilancia de parámetros como para alimentar al sistema GIS, además de la propia implantación de los sistemas de monitoreo, se incluirían la extracción de muestras in situ, la realización de encuestas, recopilación de datos, análisis estadísticos de los mismos, etc. Estas medidas servirían además, como fuente de información el sistema de alerta temprana.

La medida más económica sería la referida a las acciones de capacitación y promoción de la salud e higiene. Estos costos se estimaron a partir de programas de sensibilización similares llevados a cabo en otros países. Mediante estas acciones se pretende reforzar la capacidad preventiva de la población, organizando pláticas con las comunidades, difundiendo información y ofreciendo asesoramiento en materia de salud, higiene y cambio climático. Asimismo, se propone la distribución de una publicación para el almacenamiento de agua potable, de cara a evitar la propagación de los vectores que se reproducen en las superficies de agua no gestionadas adecuadamente.

Por último, hay que señalar que en la constitución de un fondo financiero para atender emergencias de salud no ha sido posible determinar sus costos, y que en muchas de

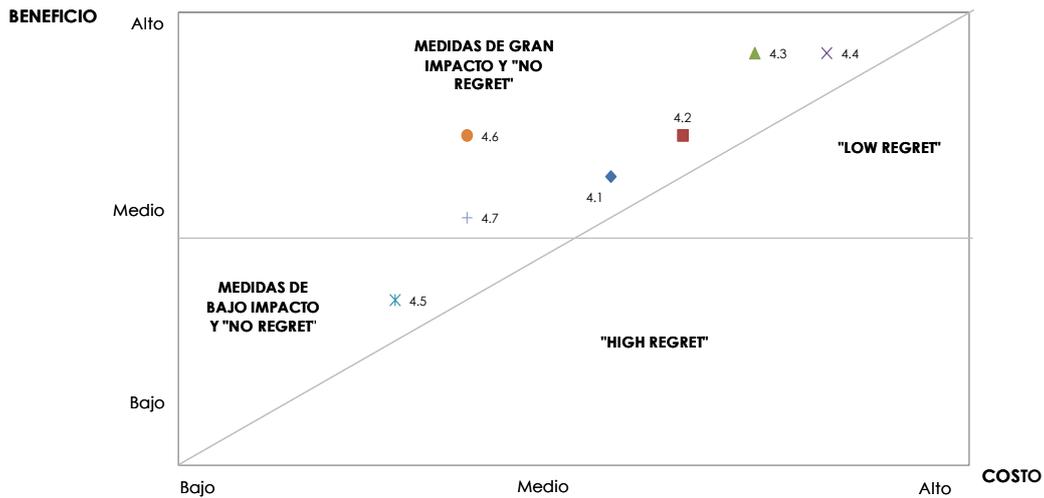
³⁴ Ebi, K.I., et al. Heat watch/warning systems save lives. Estimated Costs and Benefits for Philadelphia 1995–98. American Meteorological Society. 2003

³⁵ Rogers, D., and Tsirkunov, V. Cost and benefits of early warning systems. The World Bank. 2011.

³⁶ Potefeuille National d'Adaptation au changement climatique. Ministère De L'environnement Et Du Developpement Durable. 2010.

las medidas tampoco ha sido posible cuantificar los beneficios obtenidos, por lo que se ha realizado un análisis costo-beneficio con un enfoque relativo, comentado al inicio de este capítulo.

Gráfico 11: Resultados del análisis costo-beneficio cualitativo del sector salud.
Fuente: elaboración propia.



- ◆ 4.1 Desarrollo de un sistema GIS para rastreo de los movimientos de vectores infecciosos que puedan verse potenciados por el cambio climático
- 4.2 Refuerzo en la vigilancia y el monitoreo para detección de factores influyentes en la salud (polen, temperatura, huracanes, precipitaciones)
- ▲ 4.3 Sistema de alerta temprana para prevenir a la población sobre peligros sanitarios (olas de calor, huracanes, inundaciones)
- × 4.4 Acceso universal al sistema de abastecimiento y mejora del sistema de saneamiento y de alcantarillado.
- × 4.5 Acciones de capacitación en materia de salud, higiene y cambio climático.
- 4.6 Constitución de un fondo financiero para atender emergencias de salud que se deriven de contingencias climáticas.
- + 4.7 Intercambio de experiencias y conocimientos de medidas sanitarias de prevención ante cambios climáticos.

En el caso del análisis cualitativo del costo-beneficio de las medidas propuestas en el sector salud, todas las opciones obtienen una valoración alta en cuestión de beneficios ya que, independientemente de los efectos del cambio climático, se consideran prioritarias a ejecutar (no regret) de cara garantizar un desarrollo humano en base a las estrategias marcadas en el Plan Estatal de Desarrollo³⁷ y del mismo modo acordes a los Objetivos de Desarrollo del Milenio de las Naciones Unidas³⁸.

Estos resultados priorizarían las acciones que promueven un servicio de abastecimiento y saneamiento universal en el Estado, además de enfatizar la medida que promueve la puesta en marcha de un sistema de alerta temprana. Estas acciones relacionadas

³⁷ Plan Estatal de Desarrollo 2012-2018. Yucatán, 2013.

³⁸ Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo.

<http://www.undp.org/content/undp/es/home/mdgoverview/>

con la instalación de infraestructuras, ya sean de alcantarillado o servicios de atención de alertas, son las que obtienen un costo mayor. Asimismo, son también las medidas que obtienen un mayor beneficio, ya que se considera que son las que más pérdidas humanas y materiales pueden evitar.

En un segundo plano se situarían la vigilancia y el monitoreo para la detección de factores influyentes en la salud y la constitución de un fondo financiero para atender emergencias derivadas de contingencias climáticas. Ambas medidas tendrían un beneficio alto, si bien es cierto que la segunda con un coste notablemente menor que la primera, dado que gran parte de los fondos podrían provenir de fuentes ajenas a la administración pública yucateca.

Tras estas medidas, por orden de prioridad, las siguientes serían el desarrollo de un sistema GIS para el rastreo del movimiento de vectores infecciosos y el intercambio de experiencias y conocimientos de medidas sanitarias de prevención ante cambios climáticos. Ambas medidas repercutirían en una mejora del conocimiento en los servicios de atención sanitaria, con un impacto algo menor que el de las medidas anteriores.

Por último, la medida referente a la capacitación de la población en materia de salud, higiene y cambio climático quedarían en último lugar. Esta medida tiene un costo moderado y podría llegar a alcanzar beneficios elevados siempre y cuando la capacitación y sensibilización realizada se tradujese en un cambio de hábitos de la población.

Análisis multicriterio

A continuación se muestran las puntuaciones obtenidas para las cinco variables a analizar en cada una de las medidas.

Tabla 11: Resumen de los resultados obtenidos en el análisis multicriterio del sector salud.

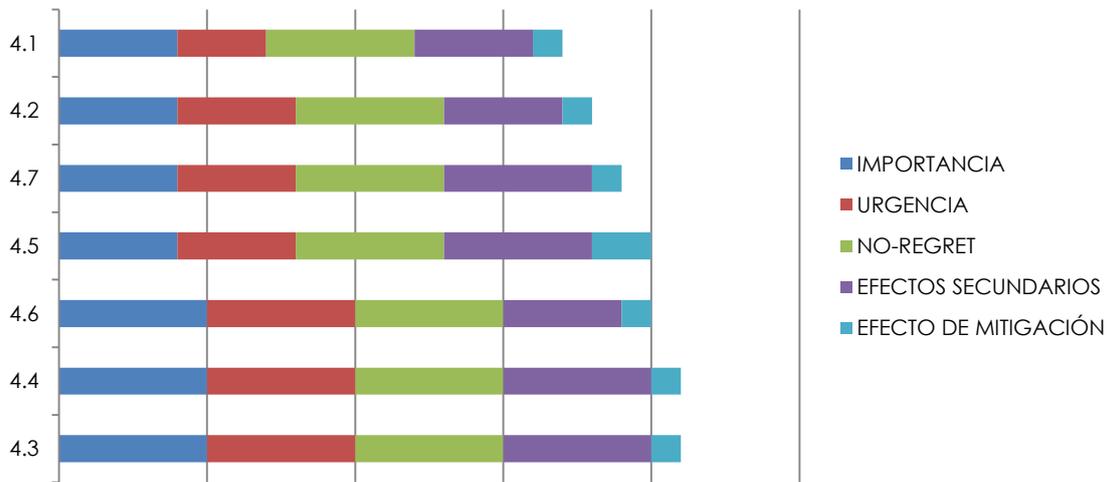
Fuente: elaboración propia.

Nº	Medida	Prioridad	Importancia	Urgencia	No-regret	Efectos secundarios	Efecto de mitigación
4.3	Sistema de alerta temprana para prevenir a la población sobre peligros sanitarios (olas de calor, huracanes, inundaciones,	1	5	5	5	5	1

Nº	Medida	Prioridad	Importancia	Urgencia	No-regret	Efectos secundarios	Efecto de mitigación
	epidemias, etc.).						
4.4	Acceso universal al sistema de abastecimiento y mejora del sistema de saneamiento y de alcantarillado.	2	5	5	5	5	1
4.6	Constitución de un fondo financiero para atender emergencias de salud que se deriven de contingencias climáticas.	3	5	5	5	4	1
4.5	Desarrollo y comunicación de material educativo sobre: higiene, el cambio climático, la salud, etc.	4	4	4	5	5	2
4.7	Intercambio de experiencias y conocimientos de medidas sanitarias de prevención ante cambios climáticos.	5	4	4	5	5	1
4.2	Refuerzo en la vigilancia y el monitoreo para la detección de factores influyentes en la salud (polen, temperatura, huracanes, precipitaciones)	6	4	4	5	4	1
4.1	Desarrollo de un sistema GIS para el rastreo de los movimientos de vectores infecciosos que puedan verse potenciados por el cambio climático	7	4	3	5	4	1

Gráfico 12: Resultados del análisis multicriterio del sector salud.

Fuente: elaboración propia.



Según estos resultados, las medidas que 4.3 y 4.4 serían prioritarias en las futuras toma de decisiones. Se consideran importantes, porque su aplicación puede ayudar a evitar pérdidas humanas y mejorar la calidad de otras muchas. Además, pueden considerarse urgentes por la misma razón y porque en un escenario futuro, con las consecuencias previstas del cambio climático, la capacidad de previsión, planificación y actuación ante los eventos meteorológicos extremos puede garantizar el nivel de desarrollo humano de la población.

A continuación, se situaría la constitución de un fondo financiero para la atención de emergencias de salud tras contingencias climáticas, tratándose de una media de gran urgencia, puesto que contribuiría a mejorar notablemente la asistencia sanitaria y, por tanto, a evitar grandes daños en la salud en huracanes, inundaciones, mareas de tormenta, etc., dada la insuficiencia actual de los medios técnicos y humanos.

Tras la medida anterior, estarían la capacitación de la población y el intercambio de experiencias y conocimientos de medidas de prevención ante cambios climáticos. Aunque no sean medidas sumamente importantes y urgentes, ambas contribuyen a la prevención de daños y afecciones a la salud.

Por último, las siguientes medidas a implementar serían las relacionadas con el desarrollo de un sistema GIS para el monitoreo de mosquitos, y el fortalecimiento del sistema de vigilancia de parámetros influyentes en la salud. En este análisis se considera que estas medidas tendrían menor urgencia y sobre todo menores efectos secundarios.

Conclusiones

El sector de la salud es uno de los sectores más importantes en la adaptación al cambio climático, debido a que el principal objetivo es garantizar la salud y calidad de vida de los seres humanos. De ahí la importancia de adoptar medidas e invertir en el sector. No obstante, no se debe olvidar que de forma indirecta muchos de los sectores analizados también afectan a la salud, por lo que debe tenerse una visión amplia que considere los beneficios que pueden aportar las medidas a este sector.

Las medidas propuestas pretenden, por un lado, contribuir a la mejora de la salud, alcanzando los objetivos mínimos en materia de servicios sanitarios, y por otro lado, persiguen que tanto las poblaciones, como las instituciones, estén capacitadas para actuar de forma rápida y eficaz ante los eventos adversos, garantizando la protección y seguridad de todos los habitantes.

De entre todas las aquí presentadas para el sector de la salud, las medidas mejor valoradas tanto en el análisis costo-beneficio como en el multicriterio son la mejora del alcantarillado y el saneamiento, la implantación de un sistema de alerta temprana y la constitución de un fondo financiero para atender emergencias de salud en contingencias climáticas. Se trata en todos estos casos de medidas con una gran potencial de evitar daños en la salud pública.

A pesar de su importancia, no ha sido posible realizar un análisis costo-beneficio completo y específico para el Estado de Yucatán, a causa de la inexistencia de datos aplicables a la región. Por ello, como ocurre en otros sectores, un análisis más exhaustivo y con datos regionales otorgaría mayor fundamento a esta aproximación realizada.

3.5. Asentamientos Humanos.

La importancia del sector asentamientos humanos del Estado de Yucatán viene dada no sólo por el gran número de municipios del Estado, sino también por el elevado porcentaje de municipios en los que los índices de pobreza son elevados.

Los municipios del Estado de Yucatán pueden dividirse en dos categorías, por una parte los que cuentan con más de 40,000 habitantes, entre los que destacan Mérida (800,000), Kanasín, Valladolid, Tizimín, Progreso, Uman y Tekax y, por otra aquellos con

menos de 40,000 habitantes³⁹. En este último grupo hay 14 municipios con un alto grado de rezago social⁴⁰. Además, el porcentaje de la población en situación de pobreza patrimonial es superior al porcentaje nacional, lo que significa que este grupo es mucho más vulnerable a los efectos del cambio climático debido a sus condiciones de vida.

Según los resultados del análisis de riesgos elaborado con anterioridad, la vulnerabilidad de este sector es alta. Además, los principales riesgos para el mismo serían los impactos meteorológicos extremos y el aumento de la temperatura. Las variaciones en la precipitación suponen un riesgo algo menor, aunque, a largo plazo, serían más relevantes, lo mismo que ocurriría con el aumento del nivel del mar.

Por tanto, debido a las características del sector en el Estado de Yucatán, en el que, como factor determinante, se ha de tener en cuenta el elevado índice de pobreza de algunas poblaciones, así como los riesgos que afronta de cara al futuro, es importante tratar de reducir los efectos del cambio climático en el mismo mediante la aplicación de diferentes medidas.

Al igual que para el resto de sectores, las medidas se han analizado desde diferentes perspectivas, para tener en cuenta no sólo el costo y beneficio económico de las mismas, sino también otros factores, como su importancia o urgencia. De esta forma, se obtiene un análisis completo que permite analizar las diferentes medidas teniendo en cuenta un mayor número de variables, obteniéndose una imagen más completa del escenario de aplicación y de sus consecuencias, tanto económicas como sociales.

Análisis costo-beneficio

La cuantificación económica de los costos y los beneficios de las medidas de adaptación al cambio climático del sector asentamientos humanos es compleja. La principal causa es la falta de información. Este tipo de medidas se han aplicado en otras regiones, con características muy diferentes a las del Estado de Yucatán por lo

³⁹ INEGI (<http://www.inegi.org.mx/sistemas/mapatematico/default.aspx>).

⁴⁰ SEDESOL, FONHAPO. *El FONHAPO y los municipios: Yucatán*. 2010. http://www.fonhapo.gob.mx/portal/fonhapo_municipios/yucatan.pdf

que, en ocasiones, no es factible realizar un análisis para el Estado a partir de la información disponible.

Por ello, para algunas de las medidas no se ha realizado un análisis costo-beneficio con un enfoque integral, sino relativo, conforme a lo comentado al comienzo del presente capítulo. Sin embargo, para cuatro de las medidas ha sido posible estimar sus costos y beneficios de forma cuantitativa. En la tabla inferior se muestran los resultados de dicho análisis.

Tabla 12: Resumen de los costos y beneficios obtenidos para las medidas del sector asentamientos humanos.

Fuente: elaboración propia.

Nº	Medida	Costo (MXN \$)	Beneficio (MXN \$)	C/B
5.1	Programa de protección de barreras naturales, como los humedales	n/a	n/a	n/a
5.2	Promoción de infraestructura bioclimática en las áreas urbanas	5,491,118	1,135,680	4.84
5.3	Programa de asesoría para la construcción bioclimática	n/a	n/a	n/a
5.4	Incorporación de criterios sobre riesgos climáticos en la construcción de infraestructura urbana de las zonas costeras	n/a	n/a	n/a
5.5	Programa para la promoción de la captación de aguas de lluvia y alternativas para su reuso en irrigación, etc. para la diversificación de fuentes	15,625,856	1,588,862	9.83
5.6	Planes Municipales de Desarrollo Urbanos	4,886,324	n/a	n/a

Las medidas cuantificadas son tres, la primera de ellas es la promoción de infraestructura bioclimática en las áreas urbanas. Con esta medida se pretende reducir las islas de calor en los núcleos urbanos del Estado de Yucatán, reduciéndose así la temperatura en los mismos y los perjuicios que una elevada temperatura causan, principalmente, en la salud.

En la medida se propone, siguiendo las iniciativas llevadas a cabo en otros países⁴¹, promover la construcción bioclimática, por ejemplo, sustituyendo o modificando los pavimentos y techos para lograr que absorban menos calor. Así, en el caso de los

⁴¹ HARC. Cool Houston! A Plan for Cooling the Region, 2004.

techos de los edificios, se propone que se pinten de blanco, mientras que, en el caso de los pavimentos, la aplicación de la medida implicaría la sustitución de los materiales actuales por otros más claros.

Este tipo de medidas tiene asociado el costo de la pintura necesaria en el caso de los techos y la sustitución del pavimento en el caso de los suelos⁴². En cuanto a los beneficios, se han cuantificado únicamente los derivados de la pintura en los techos de los edificios, ya que la monetización de los ahorros logrados mediante el cambio de los pavimentos es muy compleja porque, en este caso, a diferencia del caso de los techos, no se produce un ahorro directo de energía para la refrigeración de los edificios. Cabe mencionar también, respecto a esta medida, que se ha considerado que tanto techos como pavimentos se sustituirían o modificarían únicamente cuando, por su antigüedad tengan que ser renovados y no inmediatamente con el objetivo de reducir el consumo energético.

El costo de la aplicación de la medida, tal y como se puede observar en la tabla, es superior a los beneficios obtenidos, ya que, pese a que se ahorra energía, el ahorro logrado no es suficiente como para cubrir el costo de implantación de la medida. No obstante, debería tenerse en cuenta que no ha sido posible cuantificar algunos beneficios de esta medida, como podrían ser los derivados para la salud.

La segunda medida plantificada, la 5.2, plantea acciones para mejorar la captación de agua de lluvia del Estado en las zonas rurales, para dotar a los habitantes de las mismas de más opciones a la hora de afrontar restricciones. Esta medida cuantifica, por una parte, el costo de instalación del sistema, en el que se incluye el área de captación y el depósito a instalar para almacenar el agua captada⁴³. En cuanto al beneficio obtenido, sería el costo del agua que no se consume de la red o de pozos, sino que se obtiene mediante el sistema de captación.

Así, tal y como muestra la tabla, en el caso de esta medida, a lo largo del periodo de implementación de la misma se producirían mayores beneficios que costos, ya que el precio de la instalación del sistema es netamente superior al beneficio que supone no tener que adquirir la cantidad de agua captada. No obstante, al igual que en el resto de medidas, habría que tener en cuenta el hecho de que, con este tipo de sistemas,

⁴² Global Cool Cities Alliance y R20 Regions of Climate Action. A Practical Guide to Cool Roofs and Cool Pavements, 2012.

⁴³ UNATSABAR. *Guía de diseño para captación del agua de lluvia*, 2001.

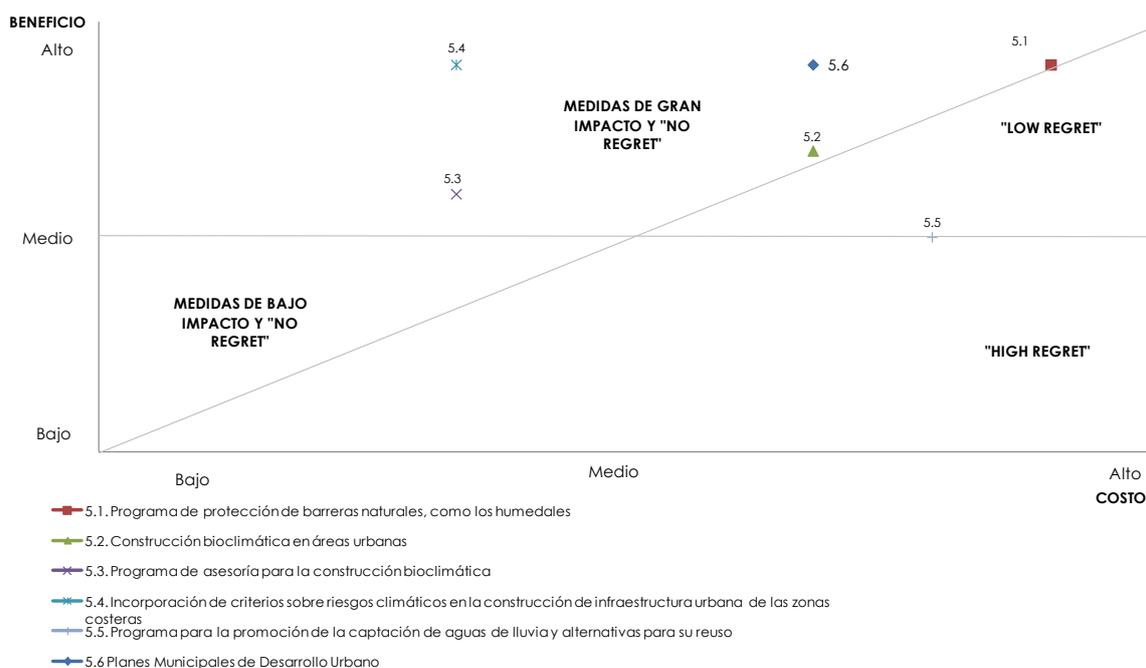
no sólo se obtienen beneficios económicos, sino que hay otros aspectos intangibles que también hay que considerar, como por ejemplo, en este caso, la disponibilidad del agua en épocas de escasez.

Por último, el incentivar el desarrollo de Planes Municipales de Desarrollo Urbano tendría un costo de un orden de magnitud similar al de la promoción de infraestructura bioclimática, si bien algo inferior. Debe tenerse en cuenta que los costos de un Plan Municipal de Desarrollo Urbano podrían variar en función de, entre otros factores, la superficie del municipio, la población del mismo, la magnitud de los eventos hidrometeorológicos (huracanes, lluvias torrenciales, mareas de tormenta, etc.) a los que se enfrenta y la necesidad de reubicar y construir nueva vivienda en localizaciones menos expuestas. De hecho, en esta medida, la mayor parte de los costos se corresponderían a la reubicación de viviendas y/o infraestructuras, más que a la elaboración de los estudios técnicos del territorio previos al plan o al plan en sí mismo.

A continuación se muestra el análisis realizado del costo-eficiencia con un enfoque relativo.

Gráfico 13: Resultados del análisis costo-beneficio cualitativo en el sector asentamientos humanos.

Fuente: elaboración propia.



Tal y como muestra el gráfico anterior, cinco de las seis medidas podrían considerarse con un beneficio igual o superior a su costo. De las seis medidas, dos tienen un costo entre medio y bajo. Se trata de medidas que exigen una baja inversión porque no implican construcción de infraestructuras de gran tamaño. En estas medidas se incluye un programa de asesoría para la construcción bioclimática y la incorporación de criterios de riesgos climáticos en la construcción de infraestructuras urbanas en zonas costeras.

Los Planes Municipales de Desarrollo Urbano, presentan un coste medio-alto, y un beneficio alto, puesto que asignaría a los diferentes usos del suelo (residencial, industrial, agrario, etc.) las ubicaciones más adecuadas y seguras, evitándose de este modo al menos parte de los posibles daños causados por los eventos hidrometeorológicos extremos, tales como huracanes, mareas de tormenta o lluvias torrenciales. Por otra parte, la construcción bioclimática presenta un coste algo mayor y unos beneficios medio altos. Debe tenerse en cuenta que, en la valoración de los beneficios de esta medida, se han considerado también algunos beneficios intangibles, tales como los efectos positivos de la disminución de la temperatura en la salud de los habitantes de Yucatán.

La otra medida cuyo beneficio es superior al costo es el programa de protección de barreras naturales.

En cuanto a la medida con un costo superior a su beneficio, ésta requiere la construcción de una cierta infraestructura para la captación de aguas. Tal y como se ha comentado en el análisis cuantitativo, se trata de una medida costosa, que, si bien aporta beneficios, necesita de inversiones de un tamaño considerable para su aplicación.

Análisis multicriterio

El análisis multicriterio realizado a las medidas propuestas en el sector asentamientos humanos arroja información adicional sobre la relevancia de las medidas. Los resultados obtenidos se muestran a continuación.

Tabla 13: Resumen de los resultados obtenidos en el análisis multicriterio en el sector asentamientos humanos.

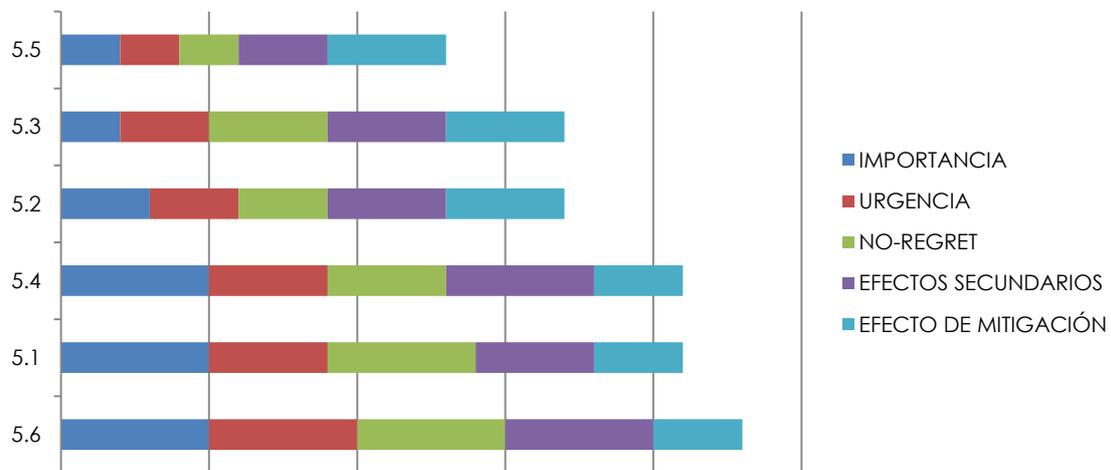
Fuente: elaboración propia.

Nº	Medida	Prioridad	Importancia	Urgencia	No-regret	Efectos secundarios	Efecto de mitigación
5.6	Planes Municipales de Desarrollo Urbanos	1	5	5	5	5	3
5.1	Regularización en la planeación de construcciones en zonas costeras para evitar construcciones en riesgo	2	5	4	5	4	3
5.4	Incorporación de criterios sobre riesgos climáticos en la construcción de infraestructura urbana de las zonas costeras	3	5	4	4	5	3
5.2	Construcción bioclimática en las áreas urbanas	4	3	3	3	4	4
5.3	Programa de asesoría para la construcción bioclimática	5	2	3	4	4	4
5.5	Programa para la promoción de la captación de aguas de lluvia y alternativas para su reuso en irrigación, etc. para la diversificación de fuentes	6	2	2	2	3	4

A continuación, se representan gráficamente los resultados obtenidos del análisis multicriterio.

Gráfico 14: Resultados del análisis multicriterio en el sector asentamientos humanos.

Fuente: elaboración propia.



Tanto en la tabla como en el gráfico se observa que las medidas con una mayor prioridad serían el incentivo al desarrollo de los Planes Municipales de Desarrollo Urbano para los municipios de Yucatán. Esta medida regularía la planificación urbanística y de la construcción, entre otras cosas, evitándose daños materiales y personales a causa de los fenómenos meteorológicos. Una de las grandes ventajas de esta medida frente a otras es que sus beneficios netos, incluso sin considerar el cambio climático, son muy importantes.

Siguiendo con la priorización de las medidas, en segundo lugar se situaría el programa de protección de barreras naturales. Con esta medida se logra aprovechar los mecanismos naturales de los que dispone el Estado para reducir los efectos del cambio climático, fomentando además la sostenibilidad.

Tras estas dos medidas vendría la incorporación de criterios sobre riesgos climáticos en la construcción de infraestructura urbana de las zonas costeras, que impediría la construcción de viviendas en áreas de riesgo y la edificación de viviendas poco resistentes a impactos climáticos.

Continuando con el orden de prioridad, se encontraría la promoción de la construcción bioclimática en áreas urbanas, contribuyendo a mitigar los efectos del cambio climático en las ciudades.

Entre las medidas con una menor prioridad se incluye el programa de asesoría para la construcción bioclimática y el programa para la promoción de la captación de aguas

de lluvia. Se trata de medidas que, si bien serían beneficiosas, principalmente en términos de cambio climático, se consideran menos importantes y urgentes que las demás. Por otra parte, la última medida implica la construcción de infraestructuras, con lo que el costo asociado a su implantación es significativamente mayor que el de otras medidas que se consideran más importantes y urgentes.

Conclusiones

Debido a las características de los asentamientos humanos yucatecos, este es uno de los sectores más vulnerables a los efectos del cambio climático. Con el objetivo de minimizar los mismos, se han analizado una batería de medidas que incluyen acciones muy diversas. Es este uno de los sectores que se han de analizar con detenimiento por todas sus implicaciones, teniendo en cuenta además la relación del sector con otros, como puede ser el de salud o agua.

Por su naturaleza e importancia, cabría destacar incorporación de la consideración de los riesgos climáticos en la construcción y los incentivos a los Planes Municipales de Desarrollo Urbano. Mediante las mismas, se lograría evitar que se creen asentamientos en zonas de riesgo, evitándose así daños, tanto materiales como humanos, asociados al cambio climático.

También es interesante destacar la medida para la protección de los humedales naturales, por ser una medida mediante la cual se aprovechan los recursos ya existentes, contribuyendo además a la sostenibilidad y el aumento de la biodiversidad.

3.6. Agua.

El sector del agua es un sector clave para el Estado de Yucatán, ya que de él dependen todos los aspectos socioeconómicos del Estado, incluyendo la producción y seguridad de alimentos, el abastecimiento de agua potable, la salud, los sectores energético, industrial y del turismo, así como los diferentes ecosistemas existentes en la región.

Según estimaciones de la Conagua (Comisión Nacional del Agua), el recurso hídrico per cápita en la península de Yucatán podría disminuir en un 30% entre 2010 y 2030⁴⁴. El Estado de Yucatán cuenta con la particularidad de carecer de cursos de agua dulce superficiales, siendo la única fuente de abastecimiento el manto freático. Por ello, en la actualidad los acuíferos del Estado se encuentran sobreexplotados, con una elevada carga contaminante y sufriendo fenómenos de intrusión salina, es decir, siendo invadidos por agua del mar. Como consecuencia, el agua de los mismos tiene cada vez un mayor contenido en sal⁴⁵. Este estado de sobreexplotación tiene como consecuencia el descenso del nivel freático, siendo necesaria una profundización mayor de los pozos en el terreno y aumentando el riesgo de hundimiento del mismo.

A esta situación, vendrían a sumarse las posibles consecuencias que el cambio climático podría ocasionar en este sector. De acuerdo al análisis de vulnerabilidad llevado a cabo, las más notorias serían las derivadas de la disminución de las precipitaciones y del aumento de las temperaturas causadas por el cambio climático. La disminución de la precipitación, por un lado, reduciría la tasa de recarga de los acuíferos, reduciéndose el volumen de agua disponible para el consumo humano, agrícola e industrial, y provocando un aumento de la concentración de contaminantes en el agua subterránea, puesto que una misma carga contaminante debería ser disuelta en un menor volumen de agua. Por otro lado, la subida de las temperaturas y las olas de calor vendrían a aumentar la demanda de agua por parte de la población, la agricultura y la industria (para refrigeración), contribuyendo a agravar este problema. Además de lo anterior, no se debe olvidar que la intensificación de las lluvias torrenciales, huracanes y tormentas tropicales podría intensificar las inundaciones que se sufren periódicamente en localizaciones concretas del sur Estado, dañando las infraestructuras de abastecimiento de agua y saneamiento.

Para reducir el impacto de estas posibles consecuencias sobre el sector, y sobre todo lo que de él depende, es necesaria una estrategia de adaptación que comprenda medidas eficaces encaminadas a minimizar los posibles riesgos en este sector. Para ello, las medidas que se proponen para este sector empiezan por la mejora del

⁴⁴ Comisión Nacional del Agua, CONAGUA. *Atlas del Agua en México*. 2011.

Gobierno de Mérida. *Cultura de Agua*. www.merida.gob.mx/ecomerida/agua

⁴⁵ Graniel, E. La Hidrología, en *Biodiversidad y Desarrollo Humano en Yucatán*. Contexto Físico. 2011

(<http://www.cicy.mx/Documentos/CICY/sitios/Biodiversidad/pdfs/Cap1/04%20Hidrologia.pdf>).

conocimiento y control de la cantidad y calidad de recurso hídrico existente. Además, se incluyen medidas de ahorro de agua y concienciación sobre el mismo. Todas estas medidas ayudarían a disminuir la explotación del acuífero. Por otra parte, las medidas de tratamiento de aguas residuales y recarga de acuífero con aguas tratadas contribuirían a la mejora de la cantidad y calidad del agua del mismo.

Análisis costo-beneficio

A la hora de realizar el análisis costo-beneficio en este sector, debe señalarse que la falta de información relacionada con los beneficios debidos a la gran mayoría de las medidas no ha permitido cuantificar los mismos de un modo mínimamente preciso y fundado.

Por el contrario, sí que se ha podido contar con información para hacer estimaciones de los costos de implementación de las medidas. Para ello, en algunos casos se ha podido partir de experiencias reales similares a medidas propuestas en México. En otros casos, por el contrario, se ha tenido que recurrir a experiencias de adaptación en otros países y sectores cuya aplicación requirió de infraestructuras, desarrollos informáticos o actividades como los propuestos.

A continuación se presenta una tabla con los resultados del análisis costo-beneficio de las medidas propuestas en el sector del agua.

Tabla 14: Resumen de los costos y beneficios obtenidos para las medidas del sector del agua.

Fuente: elaboración propia.

Nº	Medida	Costo (MXN \$)	Beneficio (MXN \$)	C/B
6.1	Creación de una base de datos hidrológicos y climáticos, con el objetivo de mejorar y compartir información y conocimientos.	2,377,422	n/a	n/a

Nº	Medida	Costo (MXN \$)	Beneficio (MXN \$)	C/B
6.2	Desarrollo de un programa estatal de monitoreo ambiental, sensibilización (apreciación y valorización del agua) y formación y refuerzo institucional en la gestión de la demanda, en su regulación y establecimiento de mediciones por sector, esquema de tarifas, etc. (multisectorial y multidisciplinaria).	10,215,554	n/a	n/a
6.3	Implementación de un programa piloto con el uso de dispositivos de ahorro de agua y campaña de uso eficiente del agua.	35,011,426	94,643,393	0.37
6.4	Implementación de un programa de promoción y entendimiento de la huella hídrica. Programa piloto en el sector hotelero de la región.	131,468	n/a	n/a
6.5	Programa piloto para el tratamiento de aguas residuales y control en la fuente de generación de las aguas residuales y Programa piloto de recarga de acuífero con agua residual tratada.	339,622	n/a	n/a
6.6	Programas piloto para la implantación de procesos de desalinización de agua marina.	183,095,001	n/a	n/a

Como se puede comprobar, los mayores costos son los asociados a la desalinización. Se trata de una medida que implica la puesta en marcha de una infraestructura y una tecnología de muy elevado costo, para la estimación se ha partido de experiencias similares proyectadas en Baja California⁴⁶.

Después de la desalinización, el programa piloto de usos de dispositivos de ahorro de agua y la campaña de uso eficiente del agua, dirigidos ambos a la población urbana yucateca, son las de mayor costo, debido fundamentalmente al refuerzo de la infraestructura hidráulica doméstica con los dispositivos de ahorro de agua. Los costos de estas dos medidas se han valorado en base a los de iniciativas similares propuestas

⁴⁶ Banco de Desarrollo de América del Norte. *Propuesta de Certificación y Financiamiento. Planta desaladora Ensenada, Baja California*. 2012
<http://www.cocof.org/publicFiles/projects/ESP/Ensenada%20Desal%20Project%20Proposal%20-%20PUBLIC%20VERSION%20%28SPAN%29%20Final%2010-5-12%20Clean.pdf>.

para México D.F.⁴⁷ Los beneficios derivados de estas dos medidas son los correspondientes a un ahorro ciudadano de un 10% en el consumo de agua, indicados para el caso de México D.F. como beneficio resultante de las medidas propuestas⁴⁸. De este modo, los beneficios serían algo menos del triple del costo de ambas medidas.

Las medidas de monitoreo ambiental, sensibilización y formación, y refuerzo de la gestión de la demanda son las siguientes en costo, si bien éste es notoriamente menor que el de las medidas anteriores, debiéndose el grueso al mantenimiento del parque de medidores, también estimado en base a una medida similar implantada en México D.F.⁴⁹.

La creación de una base de datos supondría un costo algo inferior a una cuarta parte del costo de la medida anterior, debiéndose éste principalmente a la construcción de la base de datos y al mantenimiento de la misma. Para el cálculo de este costo se ha partido de los costos de construcción de una base de datos en Túnez de similares características⁵⁰.

Por último, las medidas de menor costo son las de tratamiento y control de aguas residuales en origen y recarga de acuífero con las mismas una vez tratadas, por una parte, y la del programa piloto de la huella hídrica en el sector hotelero en la región, por otra. Se trata de medidas dirigidas a un público objetivo muy reducido, lo cual reduce mucho los costos de las mismas.

Respecto a los beneficios de la mayor parte de las medidas de este sector, no se han encontrado referencias suficientes que hayan permitido valorar el efecto de las mismas. Por ello, no ha sido posible estimarlos, excepto en el caso de las campañas de uso eficiente del agua y en el del programa de los dispositivos de ahorro de agua.

⁴⁷ Gobierno del Distrito Federal, Secretaría del Medio Ambiente, Secretaría de Obras y Servicios, Sistema de Aguas de la Ciudad de México. *Programa de Manejo Sustentable del Agua para la Ciudad de México*. 2007 (http://www.sma.df.gob.mx/dgpcp/images/ProgAgua_Cd.pdf).

⁴⁸ Gobierno del Distrito Federal, Secretaría del Medio Ambiente, Secretaría de Obras y Servicios, Sistema de Aguas de la Ciudad de México. *Programa de Manejo Sustentable del Agua para la Ciudad de México*. 2007 (http://www.sma.df.gob.mx/dgpcp/images/ProgAgua_Cd.pdf).

⁴⁹ Gobierno del Distrito Federal, Secretaría del Medio Ambiente, Secretaría de Obras y Servicios, Sistema de Aguas de la Ciudad de México. *Programa de Manejo Sustentable del Agua para la Ciudad de México*. 2007 (http://www.sma.df.gob.mx/dgpcp/images/ProgAgua_Cd.pdf).

⁵⁰ República de Túnez. *Portefeuille National d'Adaptation au changement climatique*. 2010 (<http://www.mdptunisie.tn/pdf/file/sante.pdf>).

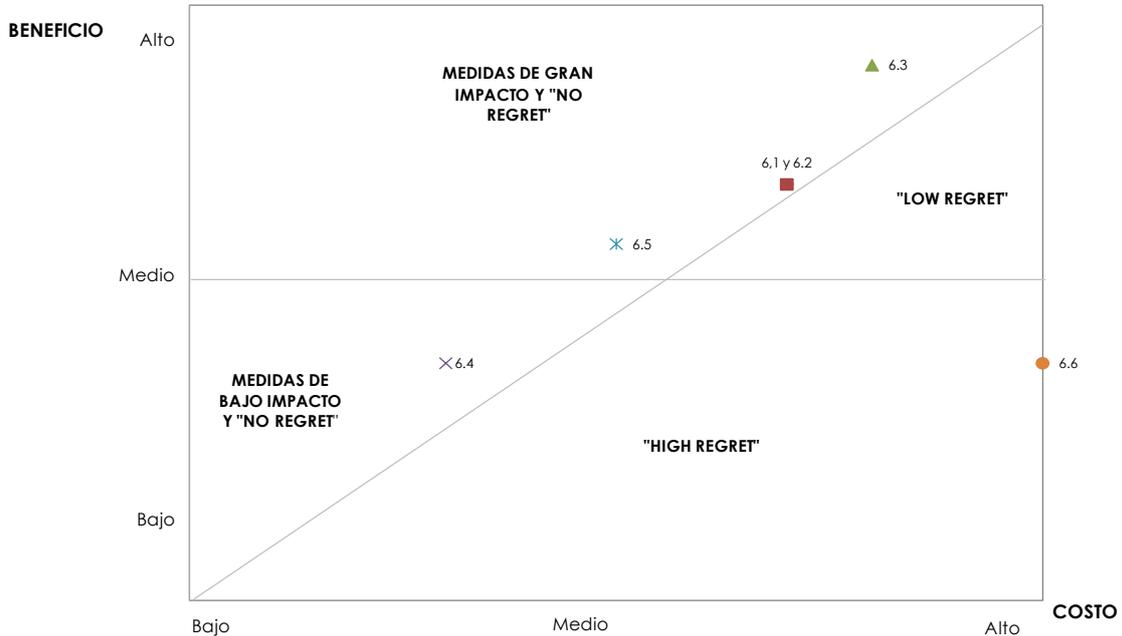
Sin embargo, se debe decir que son múltiples los beneficios de las medidas propuestas, desde un mayor conocimiento del estado del recurso hídrico en Yucatán, al refuerzo del control de la demanda y el ahorro de consumo, reduciendo en muy diversas formas la sobreexplotación del nivel freático y contribuyendo a la mejora de la calidad del agua en el mismo. Por otra parte, varias de las medidas propuestas para un ámbito de aplicación pequeño, pueden difundirse a un ámbito mayor en el futuro, multiplicando su beneficio.

Al margen de lo anterior, y a modo únicamente indicativo, se estimó en las medidas 6.2 y 6.4 el ahorro económico debido a reducciones en el consumo de agua de un 1% en el consumo urbano del Estado, y de un 2.5% en el consumo en hoteles, en el primer y segundo caso respectivamente. De este modo, se obtuvo para la primera de estas dos medidas un beneficio equivalente a una vez y media el costo de la medida, mientras que en la otra el beneficio resultaba de 3.6 veces su costo. Si bien no se trata de un resultado a incluir en un análisis costo-beneficio, sí se trata de unas hipótesis de ahorro de consumo de agua muy conservadoras que permiten vislumbrar los beneficios de la implementación de algunas de las medidas propuestas.

Para poder realizar una comparación entre todas las medidas propuestas para el sector del agua y, dado que para casi todas las medidas ha sido imposible una determinación fundada de sus beneficios económicos, se ha realizado un análisis costo beneficio más cualitativo, partiendo de los costos estimados y de los beneficios esperables de las medidas, en términos de reducción de la explotación del manto freático, contribución a la mejora de la calidad de las aguas en el mismo y mejora de la gestión del recurso hídrico. Los resultados de este análisis son los que se muestran a continuación.

Gráfico 15: Resultados del análisis costo-beneficios cualitativo en el sector del agua.

Fuente: elaboración propia.



- ◆ 6.1 Creación de una base de datos hidrológicos y climáticos, con el objetivo de mejorar y compartir información y conocimientos.
- 6.2 Desarrollo de un programa estatal de monitoreo ambiental, sensibilización (apreciación y valorización del agua) y formación y Refuerzo institucional en la gestión de la demanda, en su regulación y establecimiento de mediciones por sector, esquema de t
- ▲ 6.3 Implementación de un programa piloto con el uso de dispositivos de ahorro de agua y Campaña de uso eficiente del agua.
- × 6.4 Implementación de un programa de promoción y entendimiento de la huella hídrica. Programa piloto en el sector hotelero de la región.
- × 6.5 Programa piloto para el tratamiento de aguas residuales y control en la fuente de generación de las aguas residuales y Programa piloto de recarga de acuífero con agua residual tratada.
- 6.6 Programas piloto para la implantación de procesos de desalinización de agua marina.

A la vista del gráfico anterior, se puede comprobar cómo en todas las medidas el beneficio podría considerarse superior o igual al costo, con la excepción del caso de la desalinización, debido a su elevada inversión. Todas las medidas aportarían beneficios altos, salvo el programa piloto de la huella hídrica en el sector hotelero, cuyos beneficios son más bajos, debido fundamentalmente a lo limitado del alcance de implementación de la misma.

En el conjunto de todas las medidas, la mejor relación costo-beneficio y los mayores beneficios se obtendrían con la campaña de uso eficiente del agua y con los dispositivos de ahorro de agua.

Análisis multicriterio

Si se someten las medidas a un análisis con más criterios que el estrictamente económico, las medidas propuestas para el sector del agua resultan calificadas en las cinco variables consideradas como se muestra a continuación.

Tabla 15: Resumen de los resultados obtenidos en el análisis multicriterio en el sector del agua.

Fuente: elaboración propia.

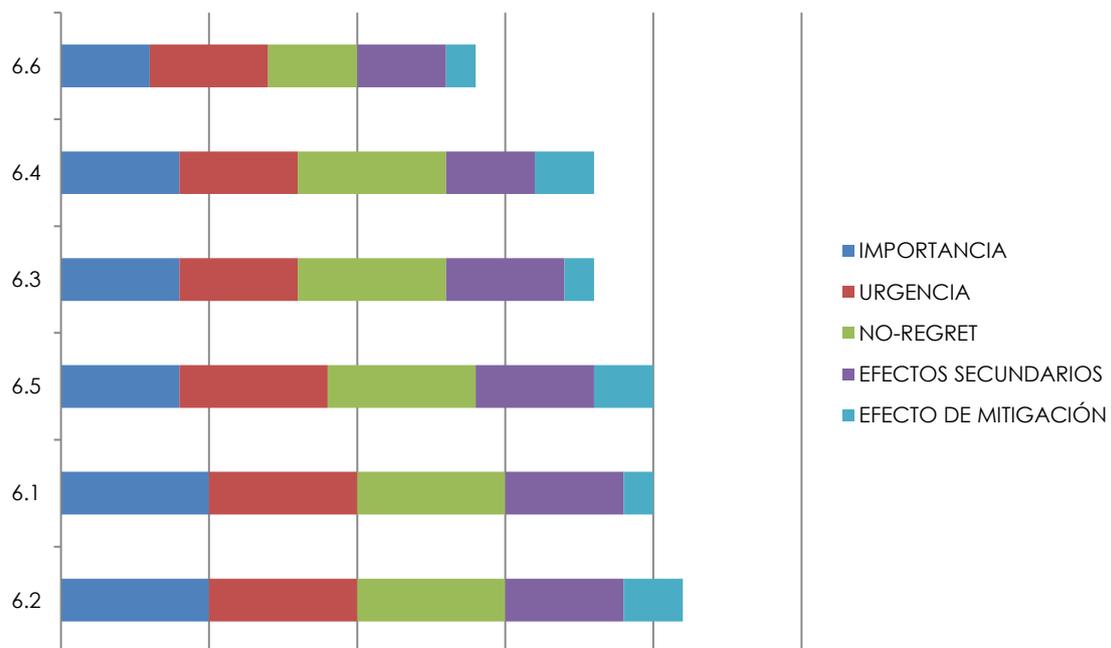
Nº	Medida	Prioridad	Importancia	Urgencia	No-regret	Efectos secundarios	Efecto de mitigación
6.2	Desarrollo de un programa estatal de monitoreo ambiental, sensibilización (apreciación y valorización del agua) y formación y refuerzo institucional en la gestión de la demanda, en su regulación y establecimiento de mediciones por sector, esquema de tarifas, etc. (multisectorial y multidisciplinaria).	1	5	5	5	4	2
6.1	Creación de una base de datos hidrológicos y climáticos, con el objetivo de mejorar y compartir información y conocimientos.	2	5	5	5	4	1
6.5	Programa piloto para el tratamiento de aguas residuales y control en la fuente de generación de las aguas residuales y programa piloto de recarga de acuífero con agua residual tratada.	3	4	5	5	4	2

Nº	Medida	Prioridad	Importancia	Urgencia	No-regret	Efectos secundarios	Efecto de mitigación
6.3	Implementación de un programa piloto con el uso de dispositivos de ahorro de agua y campaña de uso eficiente del agua.	4	4	5	4	1	4
6.4	Implementación de un programa de promoción y entendimiento de la huella hídrica. Programa piloto en el sector hotelero de la región.	5	4	5	3	2	4
6.6	Programas piloto para la implantación de procesos de desalinización de agua marina.	6	4	3	3	1	4

En el gráfico siguiente se puede ver, a la derecha, la priorización de las medidas que resulta del análisis multicriterio.

Gráfico 16: Resultados del análisis multicriterio en el sector del agua.

Fuente: elaboración propia.



En primer lugar, se puede ver que las medidas prioritarias serían las de monitorización ambiental, sensibilización, formación y refuerzo institucional de la gestión de la demanda del recurso, así como la creación de una base de datos hidrológicos y climáticos. Esto se debe a que se trata de las medidas más básicas del sector, que permiten un mayor conocimiento general de los problemas a los que se enfrenta, ya en la actualidad y que facilitan la puesta en marcha y pueden potenciar el alcance de las demás medidas.

Después de estas medidas, las prioritarias serían, por orden de mayor a menor, el tratamiento de aguas residuales en origen y recarga de acuífero, el programa piloto de dispositivos de ahorro y la campaña de uso eficiente y la huella hídrica en el sector hotelero. Se trata de medidas que contribuyen a reducir la explotación del nivel freático, teniendo la recarga de agua tratada en el acuífero un efecto beneficioso sobre la calidad del agua, ya que ayuda a la disminución de la carga contaminante. Hay que destacar, no obstante que el alcance del programa de huella hídrica en el sector hotelero es más limitado que el de las demás medidas.

La última medida en la lista de prioridad sería la de la desalación, puesto que la reducción de la presión sobre el acuífero estaría localizada en este caso únicamente a las zonas costeras, no contribuyendo a la reducción de la explotación de la misma tierra adentro. Por otra parte, los efectos secundarios de una desaladora sobre el medio ambiente serían peores que los de las demás medidas, no estando la condición "no-regret" de la misma tan clara como en el resto.

Conclusiones

El recurso hídrico es de gran importancia para otros sectores, tales como el de la salud, el de los asentamientos humanos, el de la industria, el comercio y el turismo, así como el agropecuario y forestal. Por otra parte, como se expuso anteriormente, Yucatán carece de cursos de agua superficiales de los que abastecerse de agua dulce, dependiendo por completo del manto freático. De este modo, éste se encuentra en estado de sobreexplotación, con una elevada carga contaminante y sufriendo fenómenos de intrusión salina. Sumado a lo anterior, el descenso de las precipitaciones al que podría dar lugar el cambio climático tendría un efecto negativo sobre la calidad y cantidad de agua dulce disponible en el Estado. Todas estas circunstancias

hacen que una estrategia eficaz de adaptación deba contar con medidas de orientadas a este sector.

Los análisis llevados a cabo sobre las acciones de adaptación en el sector del agua dan la prioridad al tratamiento de aguas residuales en origen y su posterior recarga en el manto freático, por tratarse de una medida que disminuye la contaminación de las aguas subterráneas y contribuye a combatir su sobreexplotación. Se trata de una medida que puede tener un gran alcance si se replica en varias fuentes de generación de aguas residuales.

Otras medidas que resultarían prioritarias en este sector serían la creación de una base de datos hidrológicos y climáticos, el programa piloto de uso de dispositivos de ahorro de consumo y la campaña de uso eficiente del agua, así como el monitoreo ambiental, la sensibilización y el refuerzo de la gestión de la demanda. Son todas ellas medidas con repercusiones positivas sobre el consumo de agua y reducen la explotación de los acuíferos subterráneos. Además, el monitoreo ambiental y la creación de la base de datos repercuten en un mayor grado de conocimiento del estado del recurso hídrico.

Por último, la promoción del uso y entendimiento de la huella hídrica, y la instalación de una planta de desalinización resultarían las medidas de menor prioridad, por su escaso alcance y, en el caso de la planta de desalinización, por su elevado costo.

3.7. Biodiversidad.

A causa del cambio climático, muchas especies de hongos, animales y vegetales se encuentran en peligro de extinción. Según los últimos datos disponibles en la SEMARNAT⁵¹ 122 especies de criptógamas y fanerógamas, 13 especies de hongos, 45 especies de mamíferos, 118 especies de peces y 122 especies de aves están en peligro de extinción. Tal y como se describió en el análisis de vulnerabilidad⁵², el aumento de la temperatura, la subida del nivel del mar, el descenso de las precipitaciones y los

⁵¹ Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales

⁵² Programa Especial de Acción ante el Cambio Climático del Estado de Yucatán. Análisis de la vulnerabilidad actual y futura ante los efectos del cambio climático. 2013.

eventos extremos tendrían consecuencias importantes en la biodiversidad del Estado yucateco.

La biodiversidad es habitualmente un sector difícil de valorar en términos de costos y beneficios. Son muchos los estudios que se han venido realizando en los últimos años y que de algún modo han contribuido a plasmar el valor que la biodiversidad tiene en la economía mundial, otorgándole unos *importes intangibles* que se denominan como servicios ambientales o ecosistémicos (FAO⁵³, IPCC⁵⁴; UNEP⁵⁵). La biodiversidad, y en especial la selva como ecosistema potencial principal en el Estado de Yucatán, provee de alimentos, fibras, combustible y medicinas. Regula el clima, recarga los acuíferos, recupera los nutrientes y alberga a su vez un complejo y sistema de especies.

En el análisis de riesgos realizado en el contexto del presente proyecto, se determinó que los huracanes, sequías e incendios forestales son los fenómenos que más impactos negativos están ocasionando en la biodiversidad del Estado de Yucatán. A pesar de ello, se considera que el fraccionamiento de los hábitats causado por las acciones humanas (contaminación, explotación de recursos, construcción de infraestructuras, etc.), es lo que coloca al sector en una situación vulnerable ante los cambios que pueda ocasionar el cambio climático.

Para que una estrategia de adaptación al cambio climático sea completa debe incluir medidas que protejan la biodiversidad. Un instrumento común en las políticas de cambio climático pasa por fomentar la conservación y la conectividad de los ecosistemas. Dicha medida es en cierto modo una de las principales acciones a impulsar, ya que las zonas protegidas continúan proporcionando refugio a las especies, corredores de migración y además protegen a las personas frente a fenómenos climáticos, ya que estas áreas reducen la vulnerabilidad ante inundaciones, sequías o huracanes. Asimismo, no debemos olvidar que las áreas naturales protegidas (en especial las selvas) actúan como reguladores del clima, ya que almacenan el carbono procedente, su mayor parte, de las poblaciones humanas.

Las medidas propuestas en este sector vienen a fortalecer las áreas naturales protegidas, aumentando su superficie, favoreciendo conexiones entre sí, manteniendo

⁵³ Evaluaciones de los Recursos Forestales Mundiales. <http://www.fao.org/forestry/fra/es/>

⁵⁴ Cambio Climático y Biodiversidad. Documento técnico 5 del IPCC. 2002

⁵⁵ Evaluación de los Ecosistemas del Milenio. Informe de Síntesis. UNEP.

un monitoreo y control del estado de los ecosistemas y poniendo en valor todos los servicios ambientales, culturales y sociales que ofrece la biodiversidad a través de campañas de capacitación. Gracias a estas medidas, además de fomentar la protección y aumento de la biodiversidad de ecosistemas, hábitats y especies, se refuerza la capacidad adaptativa del sector frente a los impactos y riesgos futuros que el cambio climático pueda ocasionar.

Análisis costo-beneficio

A continuación se resumen los resultados obtenidos de los análisis costo-beneficio de las medidas de adaptación en el sector de la biodiversidad. Cabe destacar la dificultad asociada al análisis económico del sector. Asimismo, la literatura analizada (citada más adelante) no aporta datos específicos para el Estado de Yucatán (salvo en un caso), por lo que ha sido necesario asumir varios supuestos para realizar una estimación de los costos. En cuanto a los beneficios adquiridos por la puesta en marcha de las medidas, aún han resultado más complicados de estimar, debido a la dificultad que supone monetizar los beneficios asociados a este sector y la falta de bibliografía existente al respecto.

Tabla 16: Resumen de los costos y beneficios obtenidos para las medidas del sector biodiversidad.

Fuente: elaboración propia.

Nº	Medida	Costo (MXN \$)	Beneficio (MXN \$)	C/B
7.1	Desarrollo de planes de conservación y aumento de los espacios protegidos.	6,574,577	n/a	n/a
7.2	Desarrollo de corredores biológicos entre reservas y espacios naturales protegidos.	2,556,895	94,252,482	0.03
7.3	Fortalecimiento de la monitorización, control y evaluación de las amenazas a la biodiversidad. Identificación de especies indicadoras.	67,360	n/a	n/a
7.4	Erradicación de especies invasoras y control de las mismas.	156,546	n/a	n/a
7.5	Capacitación, sensibilización y puesta en valor de la biodiversidad.	6,514	n/a	n/a

Según los datos mostrados en la tabla anterior, los costos más elevados son debidos a la medida que propone el desarrollo de planes de conservación y el aumento de los espacios protegidos, donde se fomentarían las reforestaciones de selvas y manglares. Para su estimación ha sido posible la utilización de un estudio realizado en México⁵⁶, dónde se aportan datos de las estimaciones realizadas en materia de costo-beneficio para las medidas de mitigación propuestas. Esta media estaría muy relacionada con la siguiente, aunque no requeriría la necesidad de establecer una unión entre las áreas protegidas, sino que consistiría en crear nuevos espacios protegidos en las selvas que poseen un alto valor ecosistémico por su estado y posible peligro de deterioro ante el cambio climático.

En términos de costos a continuación, se sitúa el desarrollo de corredores biológicos entre reservas y espacios naturales protegidos. Estos costos de conservación se estimaron a partir del costo oportunidad del valor agrícola esperado en la superficie de bosque a proteger, basado en la metodología aplicada por Naidoo y Ricketts (2006)⁵⁷. A pesar de obtener un costo elevado, los beneficios esperados por los servicios ambientales son superiores según el mismo estudio realizado por Naidoo y Ricketts. Asimismo, se ha tenido en cuenta el costo de mantenimiento de las nuevas hectáreas protegidas.

Entre los beneficios cuantificados se encuentran el suministro sostenible de alimento procedente de animales silvestres, la extracción sostenible de la madera, la bioprospección (definido como el valor de los nuevos productos farmacéuticos), el valor de las existencias de los propios bosques y selvas o el almacenamiento de carbono. Todos estos servicios se evaluaron aproximadamente 24 veces superiores a los costos de oportunidad en el estudio considerado.

Las siguientes medidas oscilan entre los 2.5 y 6 millones de pesos mexicanos y ambas requieren de un sistema de monitorización y control continuado. En el caso de la erradicación de las especies invasoras que se verían favorecidas por los efectos del cambio climático, los costos son mayores porque requieren de mayor tiempo e investigación para definir y ejecutar las técnicas de extracción. Finalmente, las acciones relacionadas con la capacitación y puesta en valor de la biodiversidad son

⁵⁶ México: estudio sobre la disminución de emisiones de carbono (MEDEC). Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento/Banco Mundial. 2009.

⁵⁷Naidoo R, Ricketts TH (2006) Mapping the economic costs and benefits of conservation.

las que obtendrían un costo menor en el cual se incluirían los costos estimado para la realización de un estudio de aprovechamiento turístico de bajo impacto, la realización de campañas bianuales de capacitación y el desarrollo de guías o documentos divulgativos.

A pesar de que no ha sido posible cuantificar los beneficios que se obtendrían con la implantación de la mayoría de las medidas, todas ellas favorecen los anteriormente nombrados servicios ambientales. Los cuales, como se ha comentado, proporcionan numerosos beneficios a la humanidad tales como el suministro de alimentos, fibras, combustibles y principios medicinales⁵⁸. Asimismo, la conservación de la biodiversidad y, en concreto, la conservación de los ecosistemas, favorece el reciclaje y el cierre del ciclo biogeoquímico de los nutrientes⁵⁹. A partir del mismo, los elementos vuelven a estar disponibles una y otra vez para los distintos organismos, incluido entre ellos el ser humano, garantizando así la continuidad de las especies. Además, si se centra la atención en las selvas, es importante añadir que las masas forestales capturan y almacenan el agua formando acuíferos; ejercen como reguladores del clima, controlan la erosión del suelo y en materia de mitigación del cambio climático, constituyen un reservorio importante de carbono.

Por otro lado, la biodiversidad ofrece otro tipo de servicios sociales, relacionados con el carácter cultural de las comunidades por los beneficios inmateriales obtenidos de los ecosistemas y también brinda ingresos económicos por el turismo y la educación.

Por ello, son numerosos los estudios que se han desarrollado con la intención de cuantificar económicamente los beneficios que ofrecen la biodiversidad o los bosques y selvas, pero aún no se ha desarrollado ninguno específico para la región de Yucatán.

En un estudio realizado en los bosques de Costa Rica se valoran los bienes y servicios ambientales en 50 \$/ha en el caso de la protección de las aguas, en 51 \$/ha los beneficios por los productos no maderables y en 14 \$/ha los obtenidos gracias al turismo⁶⁰. Otro estudio llevado a cabo en Guatemala⁶¹ estima el valor total de los servicios generados por el bosque en 780 \$/ha, entre los que incluye el secuestro de carbono, el reciclaje de los nutrientes, el control de la erosión y la biodiversidad. La

⁵⁸ Estimación de los costos de oportunidad de REDD+.

⁵⁹ EVALUACION DE LOS RECURSOS FORESTALES MUNDIALES 2000 Evaluación de los productos forestales no madereros en América Central. FAO 2000.

⁶⁰ Extraído de la tesis de Segura M. 1997.

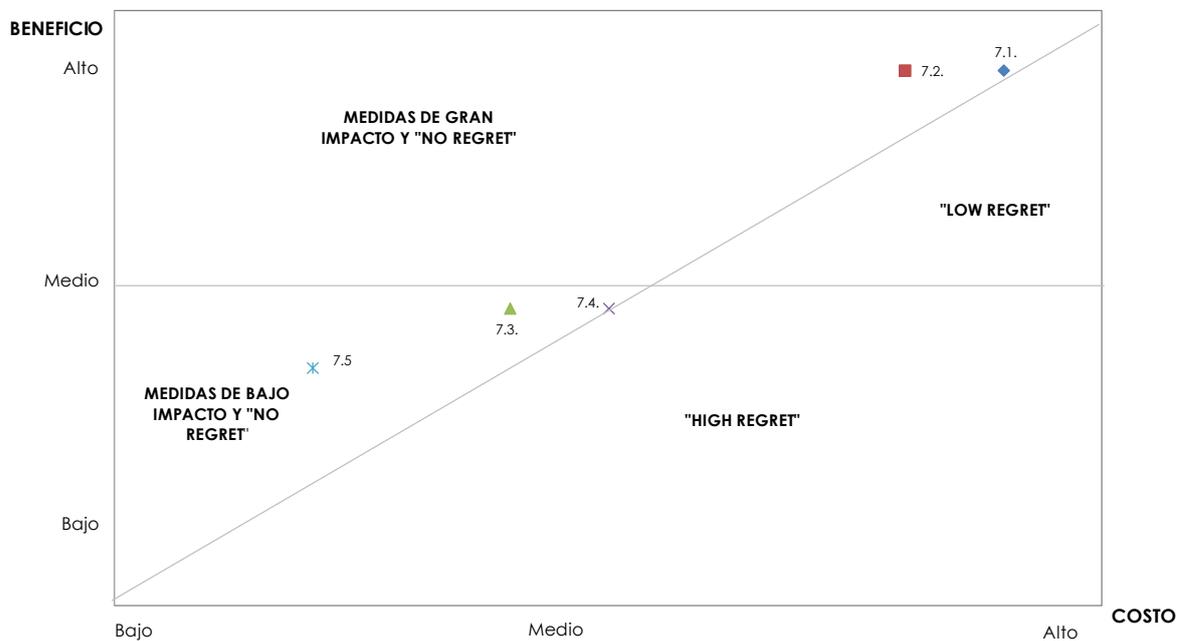
⁶¹ Tesis de Sención, G 1996.

variabilidad existente entre los costos estimados por estos estudios hace necesario un estudio específico de los beneficios para la realidad de Yucatán.

Ante la imposibilidad de cuantificar el beneficio para todas las medidas, se ha realizado un análisis costo-beneficio con enfoque relativo, como en el resto de sectores.

Gráfico 17: Resultados del análisis costo-beneficios cualitativo del sector biodiversidad.

Fuente: elaboración propia.



- ◆ 7.1. Desarrollo de planes de conservación y aumento de los espacios protegidos.
- 7.2. Desarrollo de corredores biológicos entre reservas y espacios naturales protegidos.
- ▲ 7.3. Fortalecimiento de la monitorización, control y evaluación de las amenazas a la biodiversidad. Identificación de especies indicadoras.
- × 7.4. Erradicación de especies invasoras y control de las mismas.
- × 7.5. Capacitación, sensibilización y puesta en valor de la biodiversidad.

Así, de las medidas propuestas en materia de biodiversidad, todas las opciones obtienen una valoración alta en cuestión de beneficios ya que, aunque no han podido ser estimadas cuantitativamente, tal y como se ha mencionado anteriormente, se estiman como elevados los beneficios por los servicios ambientales fortalecidos gracias a las medidas.

Las acciones relacionadas con el aumento de las superficies protegidas son las que requieren de una fuerte inversión, debido al costo de oportunidad y a la propia implantación de la medida. En cambio, las medidas relacionadas con la capacitación, obtendrían menores costos y beneficios, ya que persiguen cambios de hábitos en la población, a veces es difícil de conseguir.

Estos resultados priorizarían las acciones de fortalecimiento y monitorización, por ser más efectivas en cuanto a costo-beneficio se refiere y en un segundo plano situaría a las medidas referentes al aumento de las áreas protegidas y corredores biológicos, debido a su alto costo. Por último, obtendríamos que la medida de capacitación fuera a la que obtendría menor prioridad, por ser la que agrupa menos beneficios.

Análisis multicriterio

A continuación se muestran las puntuaciones obtenidas para las cinco variables a analizar en cada una de las medidas.

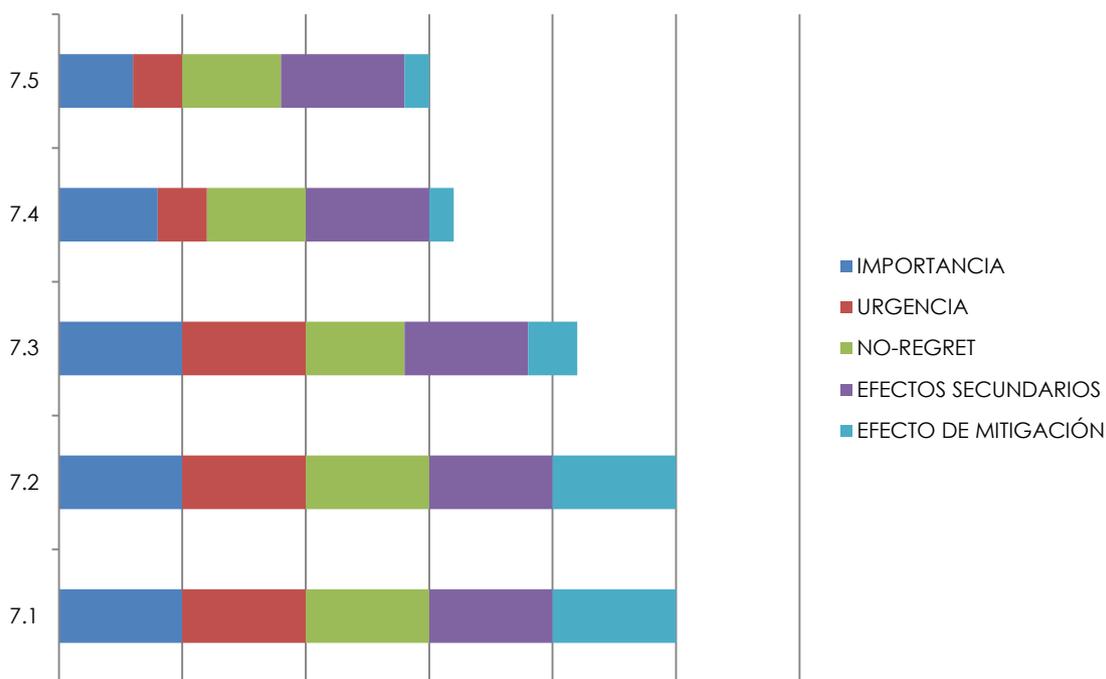
Tabla 17: Resumen de los resultados obtenidos en el análisis multicriterio del sector biodiversidad.

Fuente: elaboración propia.

Nº	Medida	Prioridad	Importancia	Urgencia	No-regret	Efectos secundarios	Efecto de mitigación
7.1	Desarrollo de planes de conservación y aumento de los espacios protegidos.	1	5	5	5	5	5
7.2	Desarrollo de corredores biológicos entre reservas y espacios naturales protegidos.	2	5	5	5	5	5
7.3	Fortalecimiento de la monitorización, control y evaluación de las amenazas a la biodiversidad. Identificación de especies indicadoras.	3	5	5	4	5	2
7.4	Erradicación de especies invasoras y control de las mismas.	4	4	4	4	5	1
7.5	Capacitación, sensibilización y puesta en valor de la biodiversidad.	5	3	2	4	5	1

Gráfico 18: Resultados del análisis multicriterio del sector biodiversidad.

Fuente: elaboración propia.



Según estos resultados, las dos primeras medidas serían prioritarias en las planificaciones futuras. Por un lado, son medidas que fortalecen la conservación de la biodiversidad de las especies y facilitan la adaptación ante los efectos del cambio climático. Asimismo, tienen efectos beneficiosos en otros sectores, como la salud, la industria, el turismo, agropecuario y forestal, el agua, la pesca y las zonas costeras, por la contribución de los servicios ambientales: medicamentos, energía, turismo sostenible, madera y alimentos, acuíferos y protección natural, entre otros. Además estas dos medidas contribuyen de forma directa en la mitigación al cambio climático, por potenciar y conservar el efecto sumidero de las selvas de Yucatán.

La medida relacionada con la monitorización es necesaria para ampliar el conocimiento de las poblaciones y la fenología de las especies ante el cambio climático. Por ello, también se considera de urgencia para conservar los distintos ecosistemas del Estado y, aunque no supone una mitigación directa al cambio climático, tiene efectos positivos en otros sectores. La erradicación de especies invasoras, por su parte, supone una medida importante en la protección de la biodiversidad y, por ello, se sitúa en cuarto lugar. No obstante, no se considera de vital urgencia en el Estado y no contribuye directamente en la mitigación. Por último, la

medida referente a la capacitación en materia de biodiversidad se situaría en último lugar, ya que no tiene un efecto directo en el refuerzo de la capacidad de adaptación del sector, sino que es una medida de acompañamiento al resto. Aún así, sí ejerce un efecto positivo en otros sectores como el turismo, la salud o el agua, ya que la capacitación de las comunidades para comunicar los servicios ambientales que los ecosistemas proveen, puede influir en la puesta en valor y fomento de la conservación.

Conclusiones

En materia de adaptación al cambio climático es importante incluir la biodiversidad entre las líneas de acción, por ser un sector que interactúa y tiene efectos en los demás sectores. A pesar de que ha sido difícil realizar un análisis costo-beneficio específico para el Estado de Yucatán, por la inexistencia de datos económicos en la región, este análisis supone una aproximación para la toma de decisiones. Sería, por tanto, necesario realizar un análisis más detallado y enfocado al territorio para obtener unos resultados ceñidos a la realidad.

Las acciones en pro de la conservación y aumento de la biodiversidad propuestas, sobre todo las medidas que aumentan las superficies de los ecosistemas y la unión entre hábitats, persiguen reforzar la capacidad de resistencia y resiliencia de las especies ante los efectos del cambio climático, a fin de disminuir las probabilidades de extinción o desplazamiento de las mismas. Asimismo, aunque los beneficios no han podido ser analizados de forma cuantitativa para el Estado de Yucatán por falta de datos, la literatura analizada sostiene que los bienes obtenidos por la biodiversidad superan con creces los costos de implementación, ya que estos servicios garantizan entre otros la supervivencia de nuestra propia especie. Por ello, independientemente de los efectos que cambio climático pueda ocasionar, se considera primordial llevar a cabo las acciones propuestas, ya que los distintos hábitats del Estado han de mantenerse en unos niveles adecuados de conservación para poder evitar la desaparición de las especies y el suministro de todos los bienes y servicios ambientales que se obtienen gracias a la biodiversidad.

3.8. Zonas costeras.

La zona costera está considerada como una zona de alta vulnerabilidad ante los efectos potenciales del cambio climático. En las próximas décadas se espera que el incremento de la temperatura y del nivel del mar, así como el aumento en la intensidad y frecuencia de huracanes y tormentas, aumenten el riesgo y la vulnerabilidad de la población e infraestructuras en todo lo largo y ancho de la zona costera⁶². De hecho, Yucatán ya está experimentando problemas de erosión de la costa, con implicaciones directas sobre la infraestructura de vivienda principalmente.

Además de lo anterior, la zona costera de Yucatán sufre periódicamente el impacto de huracanes y tormentas. Ante el impacto de huracanes, la única opción para la población es la evacuación total⁶³. Las tormentas de marea provocadas por los huracanes pueden inundar parcial o totalmente los asentamientos humanos costeros. Como respuesta a los daños causados, el Fondo de Desastres Naturales (FONDEN) apoya a la población con programas como el llamado "Techo seguro", que permite la reconstrucción de vivienda. Esta medida reporta beneficios únicamente temporales, ya que, ante la presencia eventos similares futuros, la situación tiende a repetirse de nuevo, con la consecuente re-inversión en vivienda e infraestructuras de diversa índole.

Como ejemplo, los daños ocasionados en la Península de Yucatán por los huracanes en el 2005 (Emily y Stan) ascendieron a 514 millones de pesos en daños directos y efectos indirectos (asociados tanto al lucro cesante derivado de la paralización de producción de bienes y servicios durante la rehabilitación de infraestructuras y del aparato productivo, como a la atención de emergencias)⁶⁴. De acuerdo al informe del 2006 de la CEPAL (Comisión Económica para América Latina y el Caribe), del total de daños cuantificados en la península, el 50.5% correspondió a infraestructuras y

⁶² Yáñez-Arancibia, A., y J. W. Day. *La zona costera frente al cambio climático: vulnerabilidad de un sistema biocomplejo e implicaciones en el manejo costero*. 2010 (en: E. Rivera-Arriaga, I. Azuz-Adeath, L. Alpuche Gual y G.J. Villalobo-Zapata (eds.). *Cambio Climático en México: un Enfoque Costero-Marino*. Universidad Autónoma de Campeche, CETYS-Universidad, Gobierno del Estado de Campeche).

⁶³ Soares D. Gutiérrez Montes IA., Romero Pérez R., López Mera RV., Rivas Platero GG., Pinto Decelis G. *Capitales de la comunidad, medios de vida y vulnerabilidad social ante huracanes en la costa Yucateca: un acercamiento a través de la experiencia de San Felipe Yucatán*. Programa agroambiental Mesoamericano. Informe técnico n° 385. 2011.

⁶⁴ Zapata, R. *Características e impacto socioeconómico de los huracanes "Stan y Wilma" en la república Mexicana en el 2005*. 2006 (Comisión Económica para América Latina y el Caribe).

servicios de PEMEX ubicados en las plataformas petroleras de la zona costera de la Península de Yucatán y Sonda de Campeche.

Los datos aquí mostrados son indicativos de los órdenes de magnitud de los impactos que el cambio climático podría intensificar en la zona costera yucateca. Por ello, una estrategia de adaptación eficaz en el Estado, debería incluir medidas enfocadas a este sector.

Análisis costo-beneficio

Los resultados de las medidas de adaptación propuestas para las zonas costeras en el análisis costo-beneficio se exponen en este apartado.

La información disponible sobre impactos climáticos ocurridos en la franja costera ha posibilitado obtener valores de costos y beneficios de medidas útiles para el análisis llevado a cabo. Esta información indica, en primer lugar, que el costo de no implementar medidas de mitigación y adaptación en las costas de los países del Caribe sería superior al 5% del PIB actual para el 2025 y alcanzarían el 21.7% del PIB actual en algunos escenarios planteados para el 2100⁶⁵. Como dato ilustrativo a considerar en el análisis de las medidas de adaptación centradas en evitar la erosión de playas en la zona costera yucateca, los costos asociados a la recuperación de infraestructura y a las pérdidas económicas por la paralización de actividades podrían ser de 1.4% del PIB estatal en el 2025 y hasta de un 6% del mismo para el 2100⁶⁶.

Tabla 18: Costo de la inacción en materia de adaptación al cambio climático en las zonas costeras en el Estado de Yucatán.

Fuente: Bueno *et al.*, 2008⁶⁷.

Año	2000	2025	2050	2075	2100
Costo de la inacción (% del PIB estatal)	0.4%	1.4%	2.8%	4.4%	6%

⁶⁵ Bueno, R., Herzfeld, C., Stanton, E., Ackerman F. (Global Development and Environment Institute, Tufts University). *Los costos de la inacción*. 2008.

⁶⁶ Bueno, R., Herzfeld, C., Stanton, E., Ackerman F. (Global Development and Environment Institute, Tufts University). *Los costos de la inacción*. 2008.

⁶⁷ Bueno, R., Herzfeld, C., Stanton, E., Ackerman F. (Global Development and Environment Institute, Tufts University). *Los costos de la inacción*. 2008.

Los mayores costos relacionados con el cambio climático en las zonas costeras son los debidos a pérdidas económicas y a la recuperación de infraestructura tras los huracanes. En un ejercicio realizado en la localidad costera de Chabihau del 2000 al 2004, con una población de 80 familias en condiciones de pobreza, se estimó que el costo para combatir las condiciones de pobreza antes del huracán Isidoro en el 2002 fue de 189,000.00 pesos mexicanos y después del huracán el costo por la misma acción se incrementó 682,500.00 pesos mexicanos, lo que representa un incremento del 360%⁶⁸. Estos costos podrían minimizarse al llevar a cabo acciones de adaptación, tales como el refuerzo de los programas preventivos y de alerta temprana, y la planificación adecuada de los asentamientos humanos en zonas de baja vulnerabilidad.

En relación a la erosión de la línea de costa que se está experimentando en la actualidad, el costo aproximado de la recuperación y restauración de las playas es de 105 millones de pesos mexicanos por cada tramo de 100 km (téngase en cuenta que Yucatán tiene unos 340 km de costa). Por otra parte, la puesta en marcha de programas de protección y/o recuperación de dunas costeras y humedales minimizaría la erosión costera y los costos asociados al mantenimiento y recuperación de playas.

Por otra parte, los humedales reportan numerosos beneficios de diversa índole, como la protección contra huracanes, su actuación como biofiltro de aguas, la regulación del microclima y la captura de carbono que llevan a cabo, el mantenimiento de los ciclos de nutrientes y de la biodiversidad. Se ha estimado que la pérdida de una hectárea de humedales tiene un costo aproximado de 500,000 pesos mexicanos, debido a los servicios ecosistémicos que brinda⁶⁹. Para comprender la importancia de los humedales y de su protección, basta apuntar que la pérdida de humedales estimada en México por efectos huracanes y actividades antrópicas es de aproximadamente 650,000, ha, lo que se traduce en pérdidas cercanas a los 3.5 billones de pesos. Esto pone en relevancia la importancia de implementar planes integrales de manejo y recuperación de humedales para mantener los servicios ecosistémicos que estos proveen.

⁶⁸ Pacheco-Vallejo, J., Vallejo-Molina, R. *El Cambio Climático y sus posibles efectos en la península de Yucatán*. 2009. (Presentación en el Taller sobre Generación y Aplicación de Información de Escenarios de Clima para la Evaluación de Impactos y Estrategias de Adaptación al Cambio Climático, 1-4 de Septiembre de 2009, Mérida, Yucatán).

⁶⁹ Constanza, R. *et al.* *An Integrative Approach to Quality of Life Measurement, Research and Policy* (en *Sapiens*, vol.1, n°1). 2008.

La tabla siguiente muestra los resultados del análisis costo-beneficio de las medidas de adaptación en la zona costera.

Tabla 19: Resumen de los costos y beneficios obtenidos para las medidas de adaptación en el sector de zonas costeras.

*Considerando todos los bienes y servicios ecosistémicos que se conservarían y restaurarían.
Fuente: elaboración propia.

Nº	Medida	Costo (MXN \$)	Beneficio (MXN \$)	C/B
8.1	Planificación adecuada de futuros asentamientos humanos	1,500,000	900,000,000	0.0017
8.2	Manejo estratégico del recurso agua	n/a	n/a	n/a
8.3	Acciones preventivas y de alerta temprana ante el impacto de eventos meteorológicos extremos	n/a	n/a	n/a
8.4	Manejo integral ecosistémico de los sistemas lagunares	1,500,000	18,000,000*	0.083
8.5	Acciones de protección y/o recuperación de dunas costeras y humedales	1,500,000	18,000,000*	0.083
8.6	Comunicación de riesgos futuros a la población de la zona costera por medio de programas educativos	250,000	n/a	n/a
8.7	Relocalización de infraestructura y vivienda en zonas menos expuestas	n/a	n/a	n/a
8.8	Implementación y uso de tecnologías para contrarrestar el efecto de la erosión de la línea de costa	357,000,000	n/a	n/a

A la vista de la tabla anterior, se puede comprobar que la medida de costo más elevado, con gran diferencia, es la de las acciones para contrarrestar el efecto de la erosión costera.

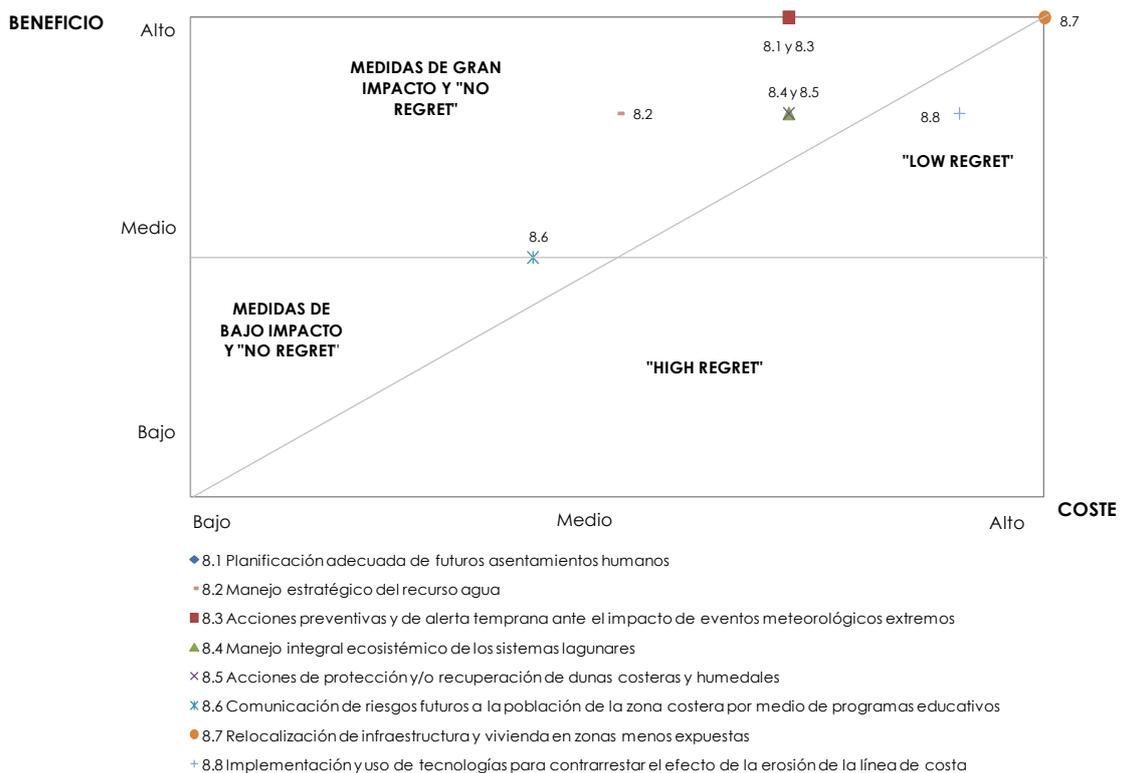
Con un costo inferior, aunque también alto, se sitúan la planificación adecuada de los futuros asentamientos humanos, el manejo integral ecosistémico de los sistemas lagunares y la protección y recuperación de la duna costera y de los sistemas lagunares. Los beneficios de estas tres medidas superan ampliamente sus costos, siendo la de mejor relación costo-beneficio la planificación adecuada de los futuros asentamientos humanos, por los grandes beneficios que reporta para la población.

La medida de menor costo es la comunicación de riesgos futuros a la población en la zona costera, si bien no es posible la determinación de los beneficios debidos a la misma.

Por último, para la relocalización de infraestructuras y viviendas, y los programas preventivos de alerta temprana la bibliografía no permitía realizar valoraciones cuantificadas de costos ni de beneficios.

Dada la ausencia de información para poder realizar un análisis costo-beneficio cuantitativo que permitiese comparar todas las medidas entre sí, se realiza un análisis costo-beneficio con un enfoque relativo, de acuerdo con lo comentado al inicio del presente capítulo. Para ello, las estimaciones de los costos se han basado en apreciaciones de sus órdenes de magnitud, de acuerdo al grado de complejidad técnica de las medidas. En cuanto a los beneficios de las mismas, éstos se han estimado en base a los daños evitados a la población de la zona costera y a la reducción de la exposición a los riesgos asociados a cambio climático. El siguiente gráfico muestra los resultados de este análisis costo-beneficio cualitativo.

Gráfico 19: Resultados del análisis costo-beneficios cualitativo en el sector de zonas costeras.
Fuente: elaboración propia.



A la vista de los resultados expuestos en el gráfico anterior, las medidas con mejor relación costo-beneficio serían la planificación adecuada de los futuros asentamientos humanos, el manejo estratégico del recurso agua y las acciones preventivas y de alerta temprana ante eventos meteorológicos extremos. Se trata de medidas que se

traducen en ambos casos en una gran reducción de riesgos para la población costera yucateca, si bien su costo puede considerarse como elevado.

La comunicación de riesgos futuros a la población es una medida que puede considerarse con una buena relación costo-beneficio, sin embargo, su alcance es mucho más limitado que el de las dos medidas anteriores.

En el extremo contrario se encuentran el empleo de tecnologías para contrarrestar la erosión costera. Si bien es cierto que de ellas se deriva la protección física de la línea de costa, su costo es superior a los beneficios que reporta.

Análisis multicriterio

Si se someten las medidas propuestas para las zonas costeras a un análisis en el que se tengan en cuenta más aspectos que los estrictamente económicos, éstas resultan calificadas en las cinco variables consideradas como se muestra a continuación.

Tabla 20: Resumen de los resultados obtenidos en el análisis multicriterio en el sector de zonas costeras.

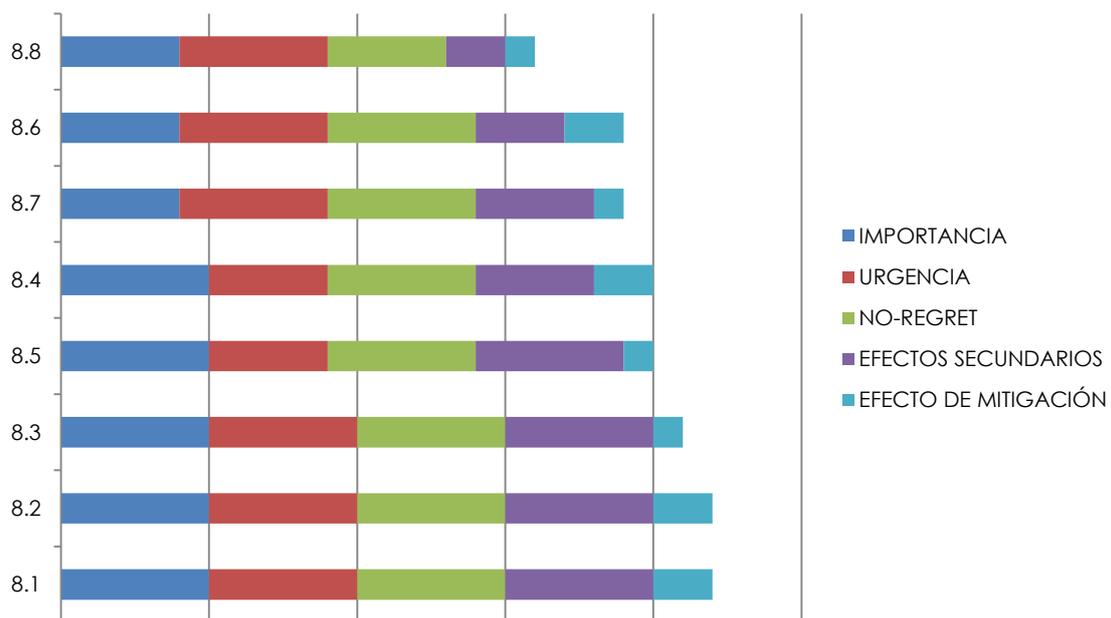
Fuente: elaboración propia.

Nº	Medida	Prioridad	Importancia	Urgencia	No-regret	Efectos secundarios	Efecto de mitigación
8.1	Planificación adecuada de futuros asentamientos humanos	1	5	5	5	5	2
8.2	Manejo estratégico del recurso agua	2	5	5	5	5	2
8.3	Acciones preventivas y de alerta temprana ante el impacto de eventos meteorológicos extremos	3	5	5	5	5	1
8.5	Acciones de protección y/o recuperación de dunas costeras y humedales	4	5	4	5	5	1
8.4	Manejo integral ecosistémico de los sistemas lagunares	5	5	4	5	4	2

Nº	Medida	Prioridad	Importancia	Urgencia	No-regret	Efectos secundarios	Efecto de mitigación
8.7	Relocalización de infraestructura y vivienda en zonas menos expuestas	6	4	5	5	4	1
8.6	Comunicación de riesgos futuros a la población de la zona costera por medio de programas educativos	7	4	5	5	3	2
8.8	Implementación y uso de tecnologías para contrarrestar el efecto de la erosión de la línea de costa	8	4	5	4	2	1

Gráfico 20: Resultados del análisis multicriterio en el sector de zonas costeras.

Fuente: elaboración propia.



En la tabla y el gráfico anteriores se puede comprobar cómo las medidas prioritarias en este sector serían la planificación adecuada de los futuros asentamientos humanos y el manejo estratégico del recurso agua, seguidas de las acciones preventivas y de alerta temprana.

Después de estas dos medidas se situarían la protección y recuperación de dunas costera y humedales y el manejo integral ecosistémico de las lagunas costeras, algo menos urgentes que las medidas anteriores, y con menor alcance.

La relocalización de infraestructuras y viviendas en zonas menos expuestas estaría a continuación de las anteriores, puesto que, aunque se trata de una medida efectiva, entraña una gran complejidad técnica al implicar el traslado de población.

Por último, las acciones de menor prioridad serían la comunicación a la población costera de los riesgos futuros y el empleo de tecnologías para contrarrestar la erosión costera. En el primer caso la labor de concienciación es importante, si bien el alcance de la medida queda supeditado a la posibilidad de actuación de la población. En el segundo caso, la complejidad técnica de la medida es un inconveniente a tener en cuenta a la hora de su implementación.

Conclusiones

Como se había indicado anteriormente, la zona costera de Yucatán, por su posición geográfica y sus características geomorfológicas, es una zona vulnerable a los eventos meteorológicos extremos y a las mareas de tormenta. De hecho, éstas últimas causan inundaciones en los asentamientos humanos e infraestructuras costeras, con las consiguientes pérdidas económicas. El establecimiento de infraestructura de vivienda, turística y portuaria en esta zona incrementa las pérdidas y daños causados por los eventos extremos. Si a esta situación se suman los posibles impactos del cambio climático, la vulnerabilidad de esta zona podría incrementarse. Por todo ello, la implementación de medidas en este sector y la priorización de las mismas deben formar parte de una estrategia de adaptación completa.

Los resultados de los análisis llevados a cabo sobre las medidas propuestas para las zonas costeras muestran que la prioridad de actuación debería centrarse en la planificación adecuada de futuros asentamientos humanos, en el manejo estratégico del recurso agua y en las acciones preventivas y de alerta temprana ante eventos meteorológicos extremos. Estas dos medidas se muestran con las mejores relaciones costo-beneficio del sector, siendo las que más riesgos pueden evitar.

A estas dos medidas le seguirían el manejo integral ecosistémico de los sistemas lagunares y la protección y recuperación de dunas costeras y los humedales. Se trata de medidas de menor alcance que las anteriores, pero que son fundamentales para la

conservación de ecosistemas costeros que actúan como protección natural de la zona costera ante la subida del nivel del mar y algunos eventos meteorológicos extremos.

Continuando por orden de prioridad, se encuentra comunicación de riesgos futuros a la población de la zona costera. Esta medida es importante por la labor de concienciación sobre la zona costera, si bien su alcance se limita a la capacidad y voluntad de actuación de dicha población.

Las medidas de menor prioridad y mayor complejidad técnica y costo resultan la relocalización de infraestructuras y viviendas en zonas menos expuestas y la implementación de tecnologías para contrarrestar el efecto de la erosión en la línea de costa, sin embargo, en ambos casos se trata de acciones que protegen eficazmente a la población costera de los posibles impactos del cambio climático.

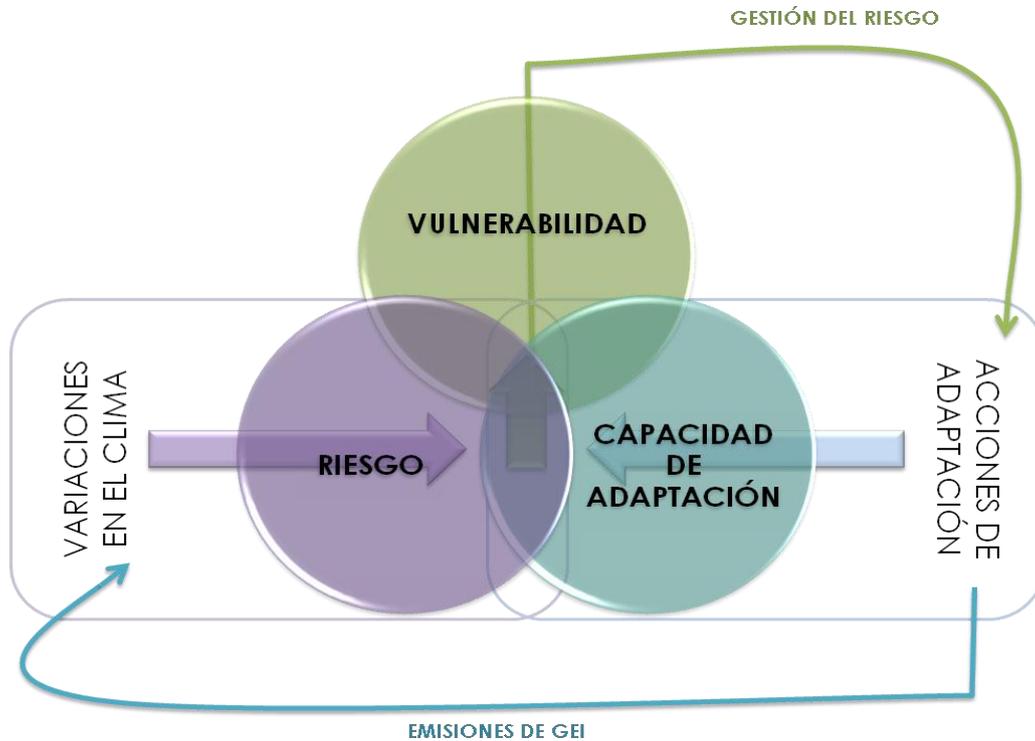
4. Estrategia. Propuesta de actuación para la adaptación al cambio climático.

En base al análisis de vulnerabilidad llevado a cabo para los diferentes sectores del Estado de Yucatán, así como el estudio de las diferentes opciones de adaptación presentado en los capítulos anteriores del presente documento, a continuación se muestra la propuesta de estrategia de la vertiente de adaptación a integrar en el PEACC de Yucatán.

4.1. Marco estratégico.

Las actuaciones en el ámbito de adaptación al cambio climático que puede llevar a cabo un gobierno no son siempre tan sencillas de definir como puede serlo en la vertiente de mitigación. Ello es debido principalmente a que estas medidas deben ir dirigidas a gestionar el riesgo, reforzando la capacidad de adaptación de los diferentes sectores. Todo ello, teniendo en cuenta las estimaciones realizadas sobre los riesgos climáticos futuros de los mismos.

Figura 1: Relación entre políticas de mitigación y adaptación al cambio climático.
Fuente: adaptado de IPCC, 2012⁷⁰.



Son, por lo tanto, opciones proactivas que se anteponen a los impactos previstos, persiguiendo la reducción de sus consecuencias.

Figura 2: Áreas clave para la adaptación al cambio climático en el Estado de Yucatán.
Fuente: Elaboración propia.



⁷⁰ IPCC, 2012. "Gestión de los riesgos de fenómenos meteorológicos extremos y desastres para mejorar la adaptación al cambio climático".

En los tres casos, las diferentes tipologías de actuaciones buscan la reducción de la vulnerabilidad ante el cambio climático de los sectores yucatecos.

La alerta temprana persigue generar y difundir la información suficiente sobre eventos climáticos que puedan afectar a los diferentes sectores, de forma que se permita la correcta preparación ante los mismos con tiempo suficiente. Es una palanca clave en toda política pública en materia de adaptación al cambio climático.

La reducción de la exposición busca modificar la situación de partida futura de los sectores. Es igualmente importante ya que, en muchos casos, una gestión insuficientemente planificada, da como resultado unas mayores consecuencias de los impactos previstos. Así, por ejemplo, la urbanización rápida y no ordenada, unida a la degradación ambiental de las zonas adyacentes, provoca mayores consecuencias derivadas de los impactos climáticos y, por lo tanto, niveles de riesgo más altos.

Por último, **el aumento de la resiliencia permite reforzar la situación de partida actual frente al impacto previsto, reduciendo así las consecuencias finales.** Sin embargo, en este caso hay que tener en cuenta que, muchas veces, este tipo de actuaciones pueden derivar en una mayor vulnerabilidad futura. Así, por ejemplo, el caso clásico de refuerzo estructural de la línea de costa en zonas que están sufriendo el aumento del nivel del mar, puede suponer una protección inmediata y una disminución de la vulnerabilidad actual. Sin embargo, a futuro pueden aumentar los niveles de vulnerabilidad, al fomentar el mantenimiento de asentamientos humanos en zonas críticas, que se prevé sigan viéndose afectadas por el impacto climático que se intentaba frenar⁷¹.

Al igual que en la vertiente de mitigación, **las actuaciones en materia de adaptación al cambio climático se clasifican en tres vertientes de acción: Conocimiento, Acción y Participación.**

⁷¹ IPCC. "Gestión de los riesgos de fenómenos meteorológicos extremos y desastres para mejorar la adaptación al cambio climático". 2012.

Figura 3: Vertientes de trabajo para la adaptación al cambio climático en el Estado de Yucatán.
Fuente: Elaboración propia.



4.2. Líneas de acción y opciones de adaptación.

El análisis realizado ha permitido la definición de un total de 53 acciones para la adaptación al cambio climático, que podrían ser implementadas en el Estado de Yucatán en el periodo 2014-2030.

Como puede observarse, la mayoría del peso recae en la línea de Acción, con casi el 70% de las actuaciones definidas. Por su parte, dentro de la línea de conocimiento se incluyen actuaciones importantes dirigidas a desarrollar y gestionar sistemas de alerta temprana ante impactos climáticos, así como sistemas de monitoreo de variables específicas que permitan una detección temprana de los riesgos futuros. Por último, en la vertiente de participación se incluyen medidas dirigidas a mejorar la difusión de la información existente dentro de cada sector en cuanto a impactos, riesgos climáticos y actuaciones preventivas.

Tabla 21: Propuesta de políticas para la adaptación al cambio climático en el Estado de Yucatán.

Fuente: elaboración propia.

SECTOR	LÍNEA	Nº	ACCIÓN
Agropecuario y forestal	Acción	1.1	Adaptación de los sistemas tecnológicos a las prácticas de cultivo bajo las nuevas condiciones climáticas.
Agropecuario y forestal	Acción	1.2	Redistribución de áreas de cultivo para adaptarlas a las nuevas condiciones.
Agropecuario y forestal	Acción	1.3	Ajuste de la carga y del tipo de especie ganadera, en función de las nuevas condiciones (número de cabezas necesarias, disponibilidad de alimento y forraje), minimizando el gasto en épocas malas.
Agropecuario y forestal	Conocimiento	1.4	Sistemas públicos de información temprana ante riesgos relacionados con la variabilidad climática, con la participación de productores agrícolas y ganaderos organizados.
Agropecuario y forestal	Acción	1.5	Transferencia de tecnología e infraestructura con un sistema de riego más eficiente.
Agropecuario y forestal	Participación	1.6	Fortalecer las organizaciones de productores agrícolas y ganaderos.
Agropecuario y forestal	Acción	1.7	Estructurar un mecanismo de aseguramiento para los pequeños productores agropecuarios.
Industria, comercio y turismo	Acción	2.1	Diseño o remodelación de estructuras para garantizar su resistencia a eventos meteorológicos extremos.
Industria, comercio y turismo	Participación	2.2	Entrenamiento del personal para protocolos de seguridad.
Industria, comercio y turismo	Acción	2.3	Establecimiento de las medidas obligatorias para la construcción de nuevas edificaciones que consideren la mayor intensidad de los vientos y otros factores climáticos.
Industria, comercio y turismo	Acción	2.4	Refuerzos estructurales en la infraestructura económica y/o reubicación en áreas lejanas a la línea de costa.
Industria, comercio y turismo	Acción	2.5	Reubicación de servicios en hoteles para evitar daños por inundaciones.
Industria, comercio y turismo	Acción	2.6	Seguros de reubicación ante incidencia de eventos meteorológicos extremos
Industria, comercio y turismo	Acción	2.7	Incorporación del análisis de riesgos climáticos en fase de proyecto de nuevas instalaciones industriales y de servicios
Pesca	Acción	3.1	Diversificación de actividades de la población dedicada a la pesquería ribereña y de altura.
Pesca	Acción	3.2	Enfoque de manejo precautorio para disminuir el esfuerzo pesquero en especies sobreexplotadas.
Pesca	Acción	3.3	Implementación de medidas de manejo ecológico

SECTOR	LÍNEA	Nº	ACCIÓN
Pesca	Acción	3.4	Implementación de tecnologías de cultivo de especies de mayor importancia comercial.
Pesca	Conocimiento	3.5	Soporte técnico y tecnológico de instituciones especializadas.
Pesca	Acción	3.6	Inversión en tecnologías para hacer más eficiente la captura.
Pesca	Participación	3.7	Comunicación de riesgos futuros al sector pesquero sobre los posibles efectos del cambio climático en la pesca por medio de programas educativos.
Salud	Conocimiento	4.1	Desarrollo de un sistema GIS para el rastreo de los movimientos de vectores infecciosos que puedan verse potenciados por el cambio climático
Salud	Conocimiento	4.2	Refuerzo en la vigilancia y el monitoreo para la detección de factores influyentes en la salud (polen, temperatura, huracanes, precipitaciones)
Salud	Conocimiento	4.3	Sistema de alerta temprana para prevenir a la población sobre peligros sanitarios (olas de calor, huracanes, inundaciones, epidemias, etc.).
Salud	Acción	4.4	Acceso universal al sistema de abastecimiento y mejora del sistema de saneamiento y de alcantarillado.
Salud	Participación	4.5	Acciones de capacitación en materia de salud, higiene y cambio climático.
Salud	Acción	4.6	Constitución de un fondo financiero para atender emergencias de salud que se deriven de contingencias climáticas.
Salud	Conocimiento	4.7	Intercambio de experiencias y conocimientos de medidas sanitarias de prevención ante cambios climáticos.
Asentamientos humanos	Acción	5.1	Programa de protección de barreras naturales, como los humedales
Asentamientos humanos	Acción	5.2	Construcción bioclimática en las áreas urbanas
Asentamientos humanos	Conocimiento	5.3	Programa de asesoría para la construcción bioclimática
Asentamientos humanos	Acción	5.4	Incorporación de criterios sobre riesgos climáticos en la construcción de infraestructura urbana de las zonas costeras
Asentamientos humanos	Acción	5.5	Programa para la promoción de la captación de aguas de lluvia y alternativas para su reutilización en irrigación, etc. para la diversificación de fuentes
Asentamientos humanos	Acción	5.6	Planes Municipales de Desarrollo Urbano
Agua	Conocimiento	6.1	Creación de una base de datos hidrológicos y climáticos, con el objetivo de mejorar y compartir información y conocimientos.

SECTOR	LÍNEA	Nº	ACCIÓN
Agua	Conocimiento	6.2	Desarrollo de un programa estatal de monitoreo ambiental, sensibilización (apreciación y valorización del agua) y formación y refuerzo institucional en la gestión de la demanda, en su regulación y establecimiento de mediciones por sector, esquema de tarifas, etc. (multisectorial y multidisciplinaria).
Agua	Acción	6.3	Implementación de un programa piloto con el uso de dispositivos de ahorro de agua y campaña de uso eficiente del agua.
Agua	Conocimiento	6.4	Implementación de un programa de promoción y entendimiento de la huella hídrica. Programa piloto en el sector hotelero de la región.
Agua	Acción	6.5	Programa piloto para el tratamiento de aguas residuales y control en la fuente de generación de las aguas residuales y Programa piloto de recarga de acuífero con agua residual tratada.
Agua	Acción	6.6	Programas piloto para la implantación de procesos de desalinización de agua marina.
Biodiversidad	Acción	7.1	Desarrollo de planes de conservación y aumento de los espacios protegidos.
Biodiversidad	Acción	7.2	Desarrollo de corredores biológicos entre reservas y espacios naturales protegidos.
Biodiversidad	Conocimiento	7.3	Fortalecimiento de la monitorización, control y evaluación de las amenazas a la biodiversidad. Identificación de especies indicadoras.
Biodiversidad	Acción	7.4	Erradicación de especies invasoras y control de las mismas.
Biodiversidad	Participación	7.5	Capacitación, sensibilización y puesta en valor de la biodiversidad.
Zonas costeras	Acción	8.1	Planeación adecuada de futuros asentamientos humanos cercanos a las zonas costeras.
Zonas costeras	Acción	8.2	Manejo estratégico del recurso agua
Zonas costeras	Conocimiento	8.3	Programas preventivos y de alerta temprana ante el impacto de eventos meteorológicos extremos.
Zonas costeras	Acción	8.4	Manejo integral ecosistémicos de los sistemas lagunares para preservar sus funciones ecológica, biológica y de servicios ambientales.
Zonas costeras	Acción	8.5	Programas de protección y/o recuperación de dunas costeras y humedales.
Zonas costeras	Participación	8.6	Comunicación de riesgos futuros a la población de la zona costera por medio de programas educativos.
Zonas costeras	Acción	8.7	Relocalización de infraestructura y vivienda a zonas menos expuestas.
Zonas costeras	Acción	8.8	Implementación y uso de tecnologías para contrarrestar el efecto de la erosión de la línea de costa.

La priorización de la batería de medidas definidas debe tener en cuenta el análisis realizado dentro de cada sector. Así, aquellas medidas que deberán priorizarse son las que han presentado a priori una mejor relación costo – beneficio, así como las que han resultado primeras en el análisis multicriterio realizado.

Agrupando los resultados de los diferentes sectores, se presenta a continuación una propuesta de priorización de actuaciones, de cara a orientar la política pública de los próximos años en la materia. Esta propuesta de priorización se enfoca en tres bloques: medidas prioritarias, secundarias y terciarias.

ACCIONES A IMPLEMENTAR A CORTO PLAZO.

Tabla 22: Propuesta de medidas prioritarias para la adaptación al cambio climático en el Estado de Yucatán.

Fuente: elaboración propia.

SECTOR	LÍNEA	Nº	ACCIÓN
I. PRIMER GRUPO DE MEDIDAS PRIORITARIAS: MEDIDAS DE ALERTA TEMPRANA.			
Agropecuario y forestal	Conocimiento	1.4	Sistemas públicos de información temprana ante riesgos relacionados con la variabilidad climática, con la participación de productores agrícolas y ganaderos organizados.
Salud	Conocimiento	4.3	Sistema de alerta temprana para prevenir a la población sobre peligros sanitarios.
Zonas costeras	Conocimiento	8.3	Acciones preventivas y de alerta temprana ante el impacto de eventos meteorológicos extremos.
Agua	Conocimiento	6.2	Desarrollo de un programa estatal de monitoreo ambiental y sensibilización.
Agua	Conocimiento	6.1	Creación de una base de datos hidrológicos y climáticos.
Biodiversidad	Conocimiento	7.3	Fortalecimiento de la monitorización, control y evaluación de las amenazas a la biodiversidad. Identificación de especies indicadoras.
II. SEGUNDO GRUPO DE MEDIDAS PRIORITARIAS: MEDIDAS DE REDUCCIÓN DE LA EXPOSICIÓN.			
Agropecuario y forestal	Acción	1.3	Ajuste de la carga y del tipo de especie ganadera, en función de las nuevas condiciones (número de cabezas necesarias, disponibilidad de alimento y forraje), minimizando el gasto en épocas malas.
Industria, comercio y turismo	Acción	2.7	Incorporación del análisis de riesgos climáticos en fase de proyecto de nuevas instalaciones industriales y de servicios.
Pesca	Acción	3.2	Enfoque de manejo precautorio para disminuir el esfuerzo pesquero en especies sobreexplotadas.

SECTOR	LÍNEA	Nº	ACCIÓN
Pesca	Acción	3.3	Implementación de medidas de manejo ecológico de la pesca.
Asentamientos humanos	Acción	5.1	Programa de protección de barreras naturales, como los humedales.
Asentamientos humanos	Acción	5.4	Incorporación de criterios sobre riesgos climáticos en la construcción de infraestructura urbana de las zonas costeras.
Asentamientos humanos	Acción	5.6	Planes Municipales de Desarrollo Urbano
Biodiversidad	Acción	7.1	Desarrollo de planes de conservación y aumento de los espacios protegidos.
Biodiversidad	Acción	7.2	Desarrollo de corredores biológicos entre reservas y espacios naturales protegidos.
Zonas costeras	Acción	8.1	Planificación adecuada de futuros asentamientos humanos.
Zonas costeras	Acción	8.2	Manejo estratégico del recurso agua.
Zonas costeras	Acción	8.4	Manejo integral ecosistémico de los sistemas lagunares.
Zonas costeras	Acción	8.5	Acciones de protección y/o recuperación de dunas costeras y humedales.

III. TERCER GRUPO DE MEDIDAS PRIORITARIAS: MEDIDAS DE AUMENTO DE LA RESILIENCIA.

Industria, comercio y turismo	Acción	2.3	Establecimiento de las medidas obligatorias para la construcción de nuevas edificaciones que consideren la mayor intensidad de los vientos y otros factores climáticos.
Agropecuario y forestal	Participación	1.6	Fortalecer las organizaciones de productores agrícolas y ganaderos.
Pesca	Acción	3.4	Implementación de tecnologías de cultivo de especies de mayor importancia comercial.
Salud	Acción	4.4	Mejora de sistemas de saneamiento.
Salud	Participación	4.5	Acciones de capacitación en materia de salud, higiene y cambio climático.
Salud	Participación	4.6	Constitución de un fondo financiero para atender emergencias de salud que se deriven de contingencias climáticas
Agua	Acción	6.5	Programa piloto de recarga de acuífero con agua residual tratada.

Por lo tanto, las primeras actuaciones a llevarse a cabo estarían relacionadas con el desarrollo, gestión y difusión de un sistema de alerta temprana, coordinado entre varios sectores (agropecuario, salud y zonas costeras, principalmente). El mismo permitirá mejorar la respuesta de los diferentes sectores y actores ante los impactos climáticos. Así mismo, aquellas medidas que permiten un mayor conocimiento sobre el estado y evolución de los sectores, son prioritarias al constituir la base para la

adecuada actuación futura. Como puede observarse, son medidas todas ellas de la línea de acción denominada Conocimiento.

En este bloque deberían ser priorizadas también las medidas dirigidas a la conservación del patrimonio natural de Yucatán, ya que además de otros servicios ambientales importantes, suponen una barrera natural ante impactos climáticos. En este grupo se incluyen medidas de los sectores de la biodiversidad, las zonas costeras y la pesca. Además, en este grupo se consideran también aquellas medidas dirigidas a mejorar la planificación y ordenación que puede permitir una menor exposición a los efectos del cambio climático. Son fundamentalmente medidas incluidas en los sectores de industria, comercio y turismo y asentamientos humanos, principalmente. Como puede observarse, son medidas todas ellas de la línea de actuación denominada Acción.

Por último, también sería interesante priorizar aquellas medidas dirigidas al aumento de la resiliencia ante los efectos del cambio climático. En este caso, se incluyen medidas en los sectores industria, comercio y turismo, el agua o la salud. Aquí, también, es interesante impulsar políticas que fomenten la capacitación de los diferentes sectores, así como el acceso a la tecnología, lo que permitirá una mejor posición de partida ante los efectos del cambio climático. En este caso, se incluyen medidas tanto de la línea de actuación denominada Acción, como de la de Participación.

ACCIONES SECUNDARIAS DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO.

Del resto de medidas valoradas, aunque también relevantes, podría considerarse su implantación en una segunda fase, las que se indican a continuación.

Tabla 23: Propuesta de medidas secundarias para la adaptación al cambio climático en el Estado de Yucatán.

Fuente: elaboración propia.

SECTOR	LÍNEA	Nº	ACCIÓN
I. PRIMER GRUPO DE MEDIDAS SECUNDARIAS: MEDIDAS DE ALERTA TEMPRANA.			
Salud	Conocimiento	4.1	Desarrollo de un sistema GIS para el rastreo de los movimientos de vectores infecciosos que puedan verse potenciados por el cambio climático.
Salud	Conocimiento	4.2	Refuerzo en la vigilancia y el monitoreo para la detección de factores influyentes en la salud.
II. SEGUNDO GRUPO DE MEDIDAS SECUNDARIAS: MEDIDAS DE REDUCCIÓN DE LA EXPOSICIÓN.			

SECTOR	LÍNEA	Nº	ACCIÓN
Agropecuario y forestal	Acción	1.1	Adaptación de los sistemas tecnológicos a las prácticas de cultivo bajo las nuevas condiciones climáticas.
Industria, comercio y turismo	Acción	2.4	Refuerzos estructurales en la infraestructura económica y/o reubicación en áreas lejanas a la línea de costa.
Pesca	Acción	3.1	Diversificación de actividades de la población dedicada a la pesquería ribereña y de altura.
Pesca	Conocimiento	3.5	Soporte técnico y tecnológico de instituciones especializadas.
Salud	Conocimiento	4.7	Intercambio de experiencias y conocimientos de medidas sanitarias de prevención ante cambios climáticos
Asentamientos humanos	Acción	5.2	Construcción bioclimática en las áreas urbanas.
III. TERCER GRUPO DE MEDIDAS SECUNDARIAS: MEDIDAS DE AUMENTO DE LA RESILIENCIA.			
Agropecuario y forestal	Acción	1.7	Estructurar un mecanismo de aseguramiento para los pequeños productores agropecuarios.
Industria, comercio y turismo	Acción	2.1	Diseño o remodelación de estructuras para garantizar su resistencia a eventos meteorológicos extremos.
Pesca	Acción	3.6	Inversión en tecnologías para optimizar las capturas y aumentar la producción acuícola.
Agua	Acción	6.3	Implementación de un programa piloto con el uso de dispositivos de ahorro de agua.
Biodiversidad	Acción	7.4	Erradicación de especies invasoras y control de las mismas.
Zonas costeras	Acción	8.7	Relocalización de infraestructura y vivienda en zonas menos expuestas.

En este segundo grupo de medidas, que podrían considerarse como secundarias, se incluyen aquellas que por su alcance o especificidad no se considera tan urgente su implantación.

Así, dentro de las dirigidas a la alerta o información temprana, se incluyen las que están enfocadas al seguimiento de vectores infecciosos, así como polen y otros factores que influyen en la salud.

Por otra parte, dentro de las medidas dirigidas a la reducción de la exposición, se incluirían como secundarias el refuerzo estructural de la infraestructura económica y su reubicación en áreas alejadas de la línea de costa, la construcción bioclimática en áreas urbanas o la diversificación de la actividad productiva de la población actualmente dedicada a la pesca, entre otras.

Por último, las medidas dirigidas a la reducción de la exposición que, en general, tienen costos más elevados al implicar infraestructuras, contemplarían, por mencionar algunas de ellas, medidas tales como la remodelación de infraestructuras expuestas en el sector de industria, comercio y turismo o la implantación de programas piloto para el fomento del ahorro del agua.

ACCIONES TERCARIAS DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO.

Por último, el resto de medidas a implementar serían las que se indican a continuación.

Tabla 24: Propuesta de medidas terciarias para la adaptación al cambio climático en el Estado de Yucatán.

Fuente: elaboración propia.

SECTOR	LÍNEA	Nº	ACCIÓN
I. PRIMER GRUPO DE MEDIDAS TERCARIAS: MEDIDAS DE ALERTA TEMPRANA.			
Agua	Conocimiento	6.4	Implementación de un programa de promoción y entendimiento de la huella hídrica. Programa piloto en el sector hotelero del Estado.
II. SEGUNDO GRUPO DE MEDIDAS TERCARIAS: MEDIDAS DE REDUCCIÓN DE LA EXPOSICIÓN.			
Agropecuaria y forestal	Acción	1.2	Redistribución de áreas de cultivo para adaptarlas a las nuevas condiciones.
Asentamientos humanos	Acción	5.3	Programa de asesoría para la construcción bioclimática.
Asentamientos humanos	Acción	5.5	Programa para la promoción de la captación de aguas de lluvia y alternativas para su reutilización.
III. TERCER GRUPO DE MEDIDAS TERCARIAS: MEDIDAS DE AUMENTO DE LA RESILIENCIA.			
Agropecuaria y forestal	Acción	1.5	Transferencia de tecnología e infraestructura con un sistema de riego más eficiente.
Industria, comercio y turismo	Participación	2.2	Entrenamiento del personal para protocolos de seguridad.
Industria, comercio y turismo	Participación	2.2	Reubicación de servicios en hoteles para evitar daños por inundaciones.
Industria, comercio y turismo	Acción	2.6	Seguros de reubicación ante incidencia de eventos meteorológicos extremos.
Biodiversidad	Participación	7.5	Capacitación, sensibilización y puesta en valor de la biodiversidad.
Pesca	Participación	3.7	Comunicación de riesgos futuros al sector pesquero sobre los posibles efectos del cambio climático en la pesca por medio de programas educativos.

SECTOR	LÍNEA	Nº	ACCIÓN
Agua	Acción	6.6	Programas piloto para la implantación de procesos de desalinización de agua marina.
Zonas costeras	Participación	8.6	Comunicación de riesgos futuros a la población de la zona costera por medio de programas educativos.
Zonas costeras	Acción	8.8	Implementación y uso de tecnologías para contrarrestar el efecto de la erosión de la línea de costa.

En este último grupo, se incluirían sobre todo medidas dirigidas al aumento de la resiliencia de los sectores, incluyendo tanto acciones encaminadas a la capacitación de los sectores, o a la implantación de tecnologías e infraestructuras muy de elevado coste.

Además, también se incluye una medida de mejora del conocimiento en el sector del agua, a través del instrumento que supone la huella hídrica. Así mismo, en este grupo están también medidas dirigidas a reducir la exposición, principalmente centradas en los asentamientos humanos, pero con un alcance menor que las contempladas en los grupos anteriores.

5. Monitoreo. Propuesta de indicadores de adaptación.

Una vez que se ha propuesto una batería de medidas de adaptación para implementar en los diferentes sectores, es necesario conocer y llevar una monitorización de hasta qué punto estos sectores están efectivamente adaptados a los posibles cambios en la climatología.

De este modo, al igual que en el caso de la vertiente de mitigación del cambio climático, en el área de adaptación, se plantea un cuadro de mando con un número reducido de indicadores y enfocado en dos líneas:

- ✓ Por un lado, se han definido una serie de indicadores dirigidos a medir el cambio que supondrán las medidas puestas en marcha sobre la vulnerabilidad de los diferentes sectores al cambio climático.
- ✓ Por otro, un segundo grupo de indicadores perseguirá conocer el avance en la implantación de las medidas, sobre la planificación final que se realice.

A continuación se muestra el cuadro de mando de indicadores definido para la vertiente de adaptación al cambio climático del PEACC de Yucatán.

Tabla 25: Cuadro de mando de indicadores de la vertiente de adaptación al cambio climático.

Fuente: elaboración propia.

A. INDICADORES DE AVANCE. Destinados a conocer el efecto de las acciones puestas en marcha sobre la vulnerabilidad de los sectores.

SECTOR	Nº	INDICADOR	UNIDAD	FRECUENCIA
Transversal		Pérdidas económicas ante impactos climáticos: <ul style="list-style-type: none"> - Cosechas perdidas - Cabezas de ganado perdidas - Empleos perdidos - Daños en infraestructuras⁷² - Disminución en la afluencia de turistas - Gasto sanitario 	MXN \$	Anual
Transversal		Porcentaje de la población en condiciones de pobreza	%	Anual
Agropecuario y forestal		Superficie de zonas agrícolas y ganaderas en la que se observan fenómenos de degradación	ha	Anual
Pesca		Grado de sobreexplotación de las pesquerías	T capturas	Trianual
Salud		Nº de personas fallecidas como consecuencia de impactos climáticos	Nº	Anual
Salud		Nº de casos de enfermedades transmitidas por vectores infecciosos	Nº	Anual
Asentamientos humanos		Temperatura media en centros urbanos	° C	Anual
Asentamientos humanos		Nº de viviendas afectadas por impactos climáticos	Nº	Anual
Agua		Nº de habitantes en situación de estrés hídrico	Nº	Anual
Biodiversidad		Superficie de ecosistemas degradados	ha	Anual
Biodiversidad		Especies vulnerables o en peligro identificadas	nº	Anual
Zonas costeras		Grado de erosión de las playas (variaciones en su extensión)	m	Trianual

⁷² Entendiendo el término "infraestructura" en sentido amplio, incluyendo infraestructuras de transporte, agrícolas, ganaderas, industriales, edificios, sistemas de suministro de electricidad, agua potable, etc.

B. INDICADORES DE EFICACIA. Destinados a monitorear el avance del PEACC, en su vertiente de adaptación al cambio climático.

SECTOR	Nº	INDICADOR	UNIDAD	FRECUENCIA
Transversal		Número de personas abarcadas por los sistemas de alerta temprana	Nº	Anual
Transversal		Número de personas capacitadas en materia de adaptación al cambio climático	Nº	Anual
Agropecuario y forestal		Número de agricultores y ganaderos que adecúan su producción a nuevas condiciones climáticas	Nº	Anual
Industria, comercio y turismo		Inversión realizada en refuerzos estructurales	MXN \$	Triannual
Pesca		Inversión realizada en tecnología e infraestructuras	MXN \$	Triannual
Salud		Nº de personas con acceso a los sistemas de saneamiento y alcantarillado	Nº	Triannual
Asentamientos humanos / zonas costeras		Nº de personas en asentamientos situados en zonas de riesgo climático	Nº	Triannual
Agua		Carga contaminante del agua en el manto freático	DBO, DQO, siemens (conductividad), ppm (salinidad), pH)	Trimestral
Biodiversidad		Hectáreas bajo algún sistema de protección	Ha	Triannual

La monitorización de los indicadores aquí presentados permite llevar un control sobre la efectividad de las medidas implementadas para adaptar al cambio climático los diferentes sectores en el Estado de Yucatán.

De esta manera, se podrá comprobar cuáles son las medidas que mejor funcionamiento presentan y se podrá optimizar la actuación en materia de adaptación al cambio climático, orientándola del modo más adecuado y maximizando el aprovechamiento de los recursos económicos y técnicos disponibles.

6. Principales referencias bibliográficas

Las principales referencias bibliográficas utilizadas durante el desarrollo del presente documento han sido las siguientes:

- Adame, M.F.; Zaldívar-Jiménez, A.; Teutli, C.; Caamal, J.P.; Andueza, M.T.; López-Adame, H.; Cano, R.; Hernández-Arana, H.A.; Torres-Lara, R.; Herrera-Silveira, J.A. *Drivers of Mangrove Litterfall within a Karstic Region Affected by Frequent Hurricanes (Biotropica DOI: 10.1111/btp.12000)*. 2012.
- Arreguín-Sánchez, F., Arcos-Huitrón, E. *La pesca en México: estado de la explotación y uso de los ecosistemas (en Hidrobiológica, n° 21: 431-462)*. 2011.
- Banco de Desarrollo de América del Norte. *Propuesta de Certificación y Financiamiento. Planta desaladora de Ensenada, Baja California*. 2012.
- Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento/Banco Mundial. *México: estudio sobre la disminución de emisiones de carbono (MEDEC)*. 2009.
- Banco Mundial. *México: estudio sobre la disminución de emisiones de carbono*. 2009.
- Bruin, K. et al. *Adapting to climate change in The Netherlands: an inventory of climate adaptation options and ranking of alternatives*. 2009.
- Buenfil, J. (Semarnat, INE). *Adaptación al Cambio Climático en los humedales costeros del Golfo de México [Volumen 1]*. 2009.
- Bueno, R., Herzfeld, C., Stanton, E., Ackerman F. (Global Development and Environment Institute, Tufts University). *Los costos de la inacción*. 2008.
- CENAPRED-CEPAL. *Características e impacto socioeconómico del huracán Emily en Quintana Roo, Yucatán, Tamaulipas y Nuevo León en julio de 2005*. 2005.
- Cinvestav (Universidad de Mérida), Factor CO₂, Instituto Epomex, Pike Carbosur, Yaax Beh. *Programa Especial de Acción ante el Cambio Climático*

de Yucatán. *Análisis de la vulnerabilidad actual y futura ante los efectos del cambio climático*. 2013.

- Cinvestav (Universidad de Mérida), Factor CO₂, Instituto Epomex, Pike Carbosur, Yaax Beh. *Programa Especial de Acción frente al Cambio Climático de Yucatán. Propuesta de políticas y estrategias de mitigación de emisiones de GEI*. 2013.
- Comisión Nacional del Agua, Dirección General de Administración y Control de Sistemas Hidrológicos. *Resumen de los Fenómenos Hidrometeorológicos más importantes ocurridos durante 1988*. 1989.
- Comisión Nacional del Agua. *Atlas del Agua en México*. 2011.
- Constanza, R. et al. *An Integrative Approach to Quality of Life Measurement, Research and Policy* (en Sapiens, vol.1, n°1). 2008.
- Cuevas, E., Pachecho, J., Cabrera, A., Coronado, V., Vázquez, J. y Comas, M. *Calidad química y bacteriológica del agua subterránea en el principal campo de pozos para el abastecimiento de Mérida, Yucatán, México*. 2007.
- DEFRA. *UK Climate Change Risk Assessment: Government Report*. 2012.
- DEFRA. *Climate Change Adaptation*. E.ON UK Generation. 2011.
- Drucker, A., Escalante, R., Gómez, V., Magaña, S. *La industria porcina en Yucatán: un análisis de la generación de aguas residuales*. 2001.
- Ebi, K.I., et al. (American Meteorological Society). *Heat watch/warning systems save lives. Estimated Costs and Benefits for Philadelphia 1995–98*. 2003.
- ECOFYS for EURIMA. *U-Values for better energy performance of buildings*. 2007.
- Environment Agency. *Cost-benefit of SUDS retrofit in urban area*. 2007.
- FAO. *EVALUACION DE LOS RECURSOS FORESTALES MUNDIALES 2000 Evaluación de los productos forestales no madereros en América Central*. 2000.
- Florida Division of Emergency Management. *Wind Mitigation Booklet*. 2005.

- Graniel, E. *La Hidrología, en Biodiversidad y Desarrollo Humano, en Yucatán. Contexto Físico*. 2011.
- Global Cool Cities Alliance y R20 Regions of Climate Action. *A Practical Guide to Cool Roofs and Cool Pavements*. 2012.
- Gobierno del Distrito Federal, Secretaría del Medio Ambiente, Secretaría de Obras y Servicios, Sistema de Aguas de la Ciudad de México. *Programa de Manejo Sustentable del Agua para la Ciudad de México*. 2007.
- Gobierno de Yucatán. *Plan Estatal de Desarrollo 2012-2018*. 2013.
- HARC. *Cool Houston! A Plan for Cooling the Region*. 2004.
- Hochrainer-Stigler, S. et al. *The Costs and Benefits of Reducing Risk from Natural Hazards to Residential Structures in Developing Countries*. 2011.
- Hutton, G., Haller, L. (World Health Organization). *Evaluation of the Costs and Benefits of Water and Sanitation Improvements at the Global Level*. 2004.
- INEGI. *Perspectiva estadística Yucatán, Diciembre 2011*.
- IPCC. *Cambio Climático y Biodiversidad. Documento técnico n° 5*. 2002.
- IPCC. *Gestión de los riesgos de fenómenos meteorológicos extremos y desastres para mejorar la adaptación al cambio climático*. 2012.
- Kratofil, J. *A benefit-cost analysis for the use of intelligent transportation systems technology for temporary construction zone traffic management on the I-496 reconstruction in Lansing, Michigan*. 2001.
- Ministère d'Équipement et des Transports, République du Mali. *Programme d'Action National d'Adaptation aux Changements Climatiques*. 2007.
- Munguía. *El futuro económico de la pesca*. 2010, (en: Durán-García, R., Méndez González. *Biodiversidad y desarrollo humano en Yucatán*. CiCY, PPD-FMAM, Conabio, Seduma).
- Naidoo, R., Ricketts, T.H. *Mapping the economic costs and benefits of conservation*. 2006.

- National Environment Commission, Royal Government of Bhutan. *Bhutan National Adaptation Program of Action*.
- North America Development Bank, BECC, COCEF. *Propuesta de certificación y financiamiento. Planta desaladora. Ensenada, Baja California*. 2012.
- Pacheco-Vallejo, J., Vallejo-Molina, R. *El Cambio Climático y sus posibles efectos en la península de Yucatán*. 2009.
- République Tunisienne. *Portefeuille National d'Adaptation au changement climatique*. 2010.
- Robinson, K., Infante, R. & Trelles, J. *Agua, Saneamiento, Salud y Desarrollo. Una visión desde América Latina y Caribe*. 2006.
- Rogers, D., and Tsirkunov, V. (The World Bank). *Cost and benefits of early warning systems*. 2011
- Sagarpa. *Indicadores Estatales Agroeconómicos. Yucatán*. 2011.
- Schneider, S.H., S. Semenov, A. Patwardhan, I. Burton, C.H.D. Magadza, M. Oppenheimer, A.B. Pittcock, A. Rahman, J.B. Smith, A. Suarez y F. Yamin. *Assessing key vulnerabilities and the risk from climate change. Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. 2007.
- Secretaría de Desarrollo Rural y Pesca del Gobierno del Estado de Yucatán. *Programa Estatal de Desarrollo Agropecuario y Pesquero del Estado de Yucatán 2001-2007*. 2005.
- Secretaría de Gobernación, CENAPRED. *Impacto Socioeconómico de los principales desastres ocurridos en la República Mexicana en el año 2002*. 2003.
- Sedesol, FONHAPO. *El FONHAPO y los municipios: Yucatán*. 2010.
- Semarnat. *El ambiente en números*. 2010.
- Soares D. Gutiérrez Montes IA., Romero Pérez R., López Mera RV., Rivas Platero GG., Pinto Decelis G. *Capitales de la comunidad, medios de vida y*

vulnerabilidad social ante huracanes en la costa Yucateca: un acercamiento a través de la experiencia de San Felipe Yucatán. Programa agroambiental Mesoamericano. Informe técnico n° 385. 2011.

- PNUMA, CATIE, MARENA, Alcaldía de Bluefields (Nicaragua). *Plan de Manejo Integrado. Sistema Operativo Microcuencas Miller Creek y Gunboat Creek, Bluefields, Nicaragua. 2005.*
- UNATSABAR. *Guía de diseño para captación del agua de lluvia. 2001.*
- UNEP. *Evaluación de los Ecosistemas del Milenio. Informe de Síntesis. 2012.*
- Willenbockel, D. *A Cost-benefit Analysis of Practical Action's Livelihood-Centered Disaster Risk Reduction Project in Nepal. 2011.*
- Yáñez-Arancibia, A., y J. W. Day. *La zona costera frente al cambio climático: vulnerabilidad de un sistema biocomplejo e implicaciones en el manejo costero. 2010 (en: E. Rivera-Arriaga, I. Azuz-Adeath, L. Alpuche Gual y G.J. Villalobo-Zapata (eds.). Cambio Climático en México: un Enfoque Costero-Marino. Universidad Autónoma de Campeche, CETYS-Universidad, Gobierno del Estado de Campeche).*
- Zapata, R. *Características e impacto socioeconómico del huracán "Emily" en Quintana Roo, Yucatán, Tamaulipas y Nuevo León en Julio de 2005. 2005.*
- Zapata, R. *Características e impacto socioeconómico de los huracanes "Stan y Wilma" en la república Mexicana en el 2005. 2006 (Comisión Económica para América Latina y el Caribe).*

Anexo técnico I. Medidas de adaptación.

A continuación se muestran las fichas correspondientes a las medidas de adaptación que han sido analizadas en el presente documento.

1.1

Adaptación de los sistemas tecnológicos a las prácticas de cultivo bajo las nuevas condiciones climáticas

Sector AGROPECUARIO Y FORESTAL

Objetivos

Adaptar el manejo agrícola, las técnicas empleadas y las variedades de cultivo utilizadas a las condiciones climáticas nuevas, minimizando las pérdidas debidas al efecto de las mismas sobre los rendimientos de los cultivos. se propone que esta medida comience para el municipio de Tekax, puesto que en él la agricultura es la fuente de sustento de un porcentaje considerable de la población (el sector primario da empleo a un tercio de los empleados), pudiéndose extender esta medida a otras poblaciones que también sean altamente dependientes de la agricultura.

Descripción de las medidas

El cambio climático puede tener consecuencias sobre la producción de los cultivos, sus rendimientos económicos y, por tanto, sobre la población cuya fuente de sustento es en mayor o menor medida la agricultura. Para adecuar los cultivos al cambio climático y minimizar pérdidas en la agricultura, esta medida comienza con la difusión del empleo de variedades culturales seleccionadas y adaptadas de los cultivos tradicionales de Yucatán. Para ello, en primer lugar se diseñan y construyen las instalaciones necesarias para la generación, selección y propagación de estas variedades. Una vez puesta en marcha esta instalación, se realizan en ellas tareas de test de cultivares, producción y difusión de semillas entre los agricultores. Además de lo anterior, se realizan talleres de formación a agricultores, en los que se explican técnicas y prácticas de manejo agrícola para adecuar épocas de cultivo y prácticas agrícolas a ciclos acordes a las nuevas previsiones climáticas. El tamaño de estos talleres será de 25 asistentes, teniendo un mes de duración y siendo impartidos durante 9 meses al año. Esto supone que se forman unos 225 agricultores cada año. Estos talleres contribuirán a la divulgación de las técnicas y prácticas de manejo agrícola adaptables, así como a la comunicación e intercambio de experiencias entre agricultores. Antes de la difusión de las variedades culturales y de la realización de los talleres, se comprobará la rentabilidad y la capacidad de competir en los mercados agrarios de las variedades y de las técnicas y prácticas enseñadas.

Plazo de implementación

2014-2015 (Instalación del centro de producción de variedades adaptadas)
 2015-2030 (Operación del centro de producción de variedades adaptadas)
 2014-2029 (Talleres)

Impacto de las medidas

Como resultados de estas medidas, cabe esperar una agricultura más adaptable a las variaciones de la climatología, con las siguientes ventajas:

- minimización de pérdidas en cultivos por adversidades meteorológicas.
- ahorros de costos al minimizar las necesidades de insumos en el manejo agrícola.
- mayor respeto por el medio ambiente, por la reducción de necesidad de determinados insumos, como los fertilizantes, por ejemplo, que contribuyen a la polución de suelos y aguas subterráneas.
- mejora de la productividad y rendimiento de los cultivos, como resultado de un manejo adaptado, de la reducción de la dependencia de insumos y del empleo de las tipos de cultivos adecuadas a la nueva climatología.
- aprovechamiento de las oportunidades derivadas de la nueva climatología para la agricultura local.

Posibles barreras

Los principales obstáculos a los que se puede enfrentar la implementación de estas medidas son:

- la falta de interés y desconfianza por parte de los agricultores.
- las anomalías climáticas de cada año, que pueden malograr algunas cosechas de variedades sembradas por primera vez, generando desconfianza hacia las mismas.
- la dificultad de selección de variedades de determinados cultivos.
- la insuficiencia de recursos de los productores.

Costo total	2,039,207	MXN \$	Beneficio total	n/a	MXN \$
Costo/beneficio	n/a		VAN	n/a	MXN \$

1.2

Redistribución de áreas de cultivo para adaptarlas a las nuevas condiciones.

Sector AGROPECUARIO Y FORESTAL

Objetivos

Minimizar las pérdidas y daños en las explotaciones agrícolas debidas a eventos extremos y adversidades meteorológicas.

Contribuir a la seguridad de los ingresos de la población cuya fuente de sustento es la agricultura.

La implementación de esta medida se supone que en un principio centrada en el municipio de Tizimin, por tratarse de una población en la que más de un tercio de los empleados trabaja en el sector primario, pudiéndose extender más adelante a otras localidades altamente dependientes de la agricultura.

Descripción de la medida

Las variaciones en las adversidades meteorológicas y en los eventos extremos a que puede dar lugar el cambio climático podrían provocar que la aptitud de los terrenos agrícolas para acoger determinados cultivos cambiase.

Para evitar que se continúen realizando determinados cultivos en tierras no adecuadas para ellos, con las consiguientes pérdidas económicas, se plantea esta medida, que consiste en un estudio para redistribuir los cultivos en tierras que reúnan las mejores condiciones para los mismos. Las fases de este estudio son:

- un análisis-diagnóstico detallado de las características de los terrenos agrícolas en el municipio y de sus condiciones para acoger diferentes cultivos .
- una inventariación de localizaciones idóneas para diferentes usos agrícolas y cultivos.
- una realización de proyectos piloto de reubicación de cultivos.

Plazo de implementación

2014-2015

Impacto de la medida

Este estudio permite planificar la recolocación de cultivos en terrenos más adecuados para hacer frente a sequías, olas de calor y eventos extremos que se pueden ver intensificados por el cambio climático. Se espera que los resultados obtenidos en los proyectos piloto incentiven la reubicación de cultivos en terrenos mejores, resultando en una minimización de pérdidas agrícolas debidas a adversidades climatológicas en el municipio.

Hay que destacar que en algunos casos, los cambios de usos del suelo pueden conllevar una liberación de CO₂ a la atmósfera.

Posibles barreras

Las principales barreras a las que puede hacer frente la implementación de esta medida son:

- resistencia de los propietarios de los territorios a los cambios de terrenos y a los cambios de usos del suelo.
- falta de articulación en estudios realizados por instituciones e investigadores.

Costo total	551,145	MXN \$	Beneficio total	n/a	MXN \$
Costo/beneficio	n/a		VAN	n/a	MXN \$

1.3

Ajuste de la carga y del tipo de especie ganadera, en función de las nuevas condiciones (número de cabezas necesarias, disponibilidad de alimento y forraje), minimizando el gasto en épocas malas.

Sector AGROPECUARIO Y FORESTAL

Objetivos

Disminución de las pérdidas de ganaderos por falta de alimento para el ganado en épocas de climatología adversa (sequías, fundamentalmente, y eventos extremos) y reducción del sobrepastoreo y degradación de pastizales.

Descripción de las medidas

La población objetivo es, en un principio, el municipio de Tuzcacab, por tratarse de un municipio en el que la ganadería de bovino es de importancia para la economía local, existiendo la posibilidad de que se aplique a otros municipios ganaderos yucatecos.

Para la realización de la medida se imparten talleres a dueños de explotaciones de ganado bovino. Estos talleres se realizan durante 9 meses al mes, y están diseñados para grupos de 20 ganaderos al mes, hasta cubrir a la totalidad de personas que deseen recibir la formación ofrecida. En los talleres se les explica cómo dimensionar las explotaciones para minimizar los perjuicios en años de sequías fuertes, así como la selección de especies y razas más adecuadas para resistir las alteraciones en la disponibilidad de forraje.

Plazo de implementación

2014-2016

Impacto de las medidas

Como resultados de estas medidas, cabe esperar los siguientes:

- minimización de pérdidas en explotaciones ganaderas por carencias de forraje o adversidades meteorológicas.
- ahorros de costos al minimizar las necesidades de insumos en el manejo bovino.
- mejora de la productividad y rendimiento de las explotaciones, como resultado de un manejo adaptado y del empleo de razas más resistentes.
- aumento de los ingresos de los ganaderos, como consecuencia de lo anterior.
- reducción de la degradación de suelo en pastizales como consecuencia de una menor carga pastante.

Posibles barreras

Falta de articulación de la información técnica disponible en materia de cambio climático y manejo ganadero.

Costo total	75,199	MXN \$	Beneficio total	n/a	MXN \$
Costo/beneficio	n/a		VAN	n/a	MXN \$

1.4

Sistemas públicos de información temprana ante riesgos relacionados con la variabilidad climática, con la participación de productores agrícolas y ganaderos organizados

Sector AGROPECUARIO Y FORESTAL

Objetivos

Reducción de pérdidas debidas a eventos meteorológicos extremos en todo el sector, gracias a un sistema de alarma.

Descripción de la medida

Los eventos meteorológicos extremos causan con frecuencia fuertes pérdidas económicas en el sector primario en Yucatán.

En esta medida se propone la creación y puesta en marcha de un sistema de alarma ante estos eventos para el sector agropecuario y forestal. La construcción de este sistema de alarma se lleva a cabo a través de las siguientes fases:

- instalación de una red de estaciones meteorológicas sinópticas para la toma de datos para la elaboración de predicciones meteorológicas, garantizando la cobertura de todo el territorio yucateco.
 - puesta en marcha de un modelo de simulación meteorológica precisa a corto plazo, que se alimenta de los datos tomados.
 - procesamiento de la información obtenida con el modelo, obteniéndose de este modo la predicción meteorológica a corto plazo y poniendo en alerta aquellas zonas del Estado que lo requieran.
 - desarrollo de un sistema de recomendaciones específicas orientadas a evitar pérdidas en el sector primario.
- Construido y en funcionamiento, el sistema de alarma realiza predicciones meteorológicas y pone a las localidades que lo requieran en alerta, divulgando las recomendaciones a seguir para minimizar daños por causas meteorológicas. Además, en el marco de esta medida, se impartirán talleres, seminarios y entrenamientos de capacitación para la actuación a corto plazo en situaciones de alarma ante eventos extremos con objeto de evitar perjuicios en el sector primario.

Plazo de implementación

2014-2017 (Creación y puesta en marcha del sistema de alerta, impartición de talleres y seminarios)

Impacto de la medida

Prevención ante la llegada de eventos meteorológicos extremos en explotaciones agrícolas y ganaderas, evitándose pérdidas por daños y perjuicios.
Posibilidad de adelanto o retraso de determinadas prácticas de manejo agrícola y ganadera, adecuándolas a la meteorología, minimizando pérdidas.
Aprovechamiento de la red de estaciones sinópticas, del modelo de simulación y del procesamiento de la información obtenida del mismo para alertar a la población en aspectos relacionados con la salud en situación de eventos extremos (véase medida 4.3, del sector Salud).

Posibles barreras

Las principales barreras para la implementación de esta medida pueden ser:
-falta de organización adecuada de productores ganaderos y agrícolas.
-dificultad de la divulgación de la información climática entre agricultores y ganaderos de las zonas rurales.
-carencia de recursos técnicos para realizar la modelización climática.

Costo total	9,487,239	MXN \$	Beneficio total	n/a	MXN \$
Costo/beneficio	n/a		VAN	n/a	MXN \$

1.5 **Transferencia de tecnología e infraestructura con un sistema de riego más eficiente.**

Sector AGROPECUARIO Y FORESTAL

Objetivos

Mejorar la productividad y reducir las pérdidas de explotaciones agrícolas mediante la rehabilitación de infraestructuras y la transferencia de tecnologías de riego que permitan una adaptación a las nuevas condiciones climáticas, comenzando por un municipio en el que el sector primario es la fuente de sustento de más de una tercera parte de la población, como es Ticul y contando con la posibilidad de la extender la medida a otras localidades fuertemente dependientes del sector primario.

Descripción de la medida

Esta medida se implementa mediante la dotación de infraestructuras y tecnologías de riego sencillas que permitan a las explotaciones agrícolas hacer frente a las adversidades meteorológicas que se pueden derivar del cambio climático, minimizando las pérdidas económicas causadas por ellas. Se pretenden implantar los siguientes sistemas:

- sistemas de riego por goteo en agricultura de hortalizas, para minimizar las necesidades de consumo hídrico en situaciones en las que la calidad y cantidad de agua pueden no ser las adecuadas.
- instalación de bombas de extracción de agua de pozos con funcionamiento solar fotovoltaico, para abastecer de agua al ganado o a los sistemas de riego en épocas de sequía.

Plazo de implementación

2014-2020

Impacto de la medida

Los impactos de esta medida pueden ser muy diversos:

- ahorros de agua en agricultura de riego.
- menor gasto energético en bombeo de agua en pozos.
- mayor disponibilidad de agua con la apertura de nuevos pozos.

Todas estas medidas se acaban traduciendo, de un modo u otro, en incrementos de productividad y reducción de pérdidas económicas en explotaciones agrícolas.

Posibles barreras

Las principales barreras potenciales identificadas serían las siguientes:

- mal uso de las infraestructuras y tecnologías instaladas.
- deterioro y falta de mantenimiento de las mismas.
- elevada inversión inicial.
- destrozos y daños causados por eventos meteorológicos extremos.

Costo total	1,689,487	MXN \$	Beneficio total	n/a	MXN \$
Costo/beneficio	n/a		VAN	n/a	MXN \$

1.6 Fortalecer las organizaciones de productores agrícolas y ganaderos.

Sector AGROPECUARIO Y FORESTAL

Objetivos

Mejorar la productividad de las explotaciones agrícolas y ganaderas y minimizar las pérdidas debidas a la climatología mediante el fomento de la cooperación, organización y asociación entre productores. Para ello, se comienza por dos municipios en los que el sector primario tiene un fuerte peso en la economía (Oxcutzcab y Akil), contando con la posibilidad de extender esta medida a otros municipios agrícolas yucatecos.

Descripción de la medida

El asociacionismo y la cooperación como modos de organización de productores del sector primario han demostrado ser de gran efectividad para afrontar mejoras, adquirir maquinaria, fortalecer posiciones ante intermediarios y optimizar procesos de producción agraria. De este modo, esta medida plantea fortalecer y promover este tipo de organizaciones como medio que permita acometer a agricultores y ganaderos las reformas necesarias para adaptar el manejo y la tecnología a las condiciones que pueden derivar del cambio climático. La medida se implementa mediante la impartición de talleres, con una asistencia de 20 productores agrícolas o ganaderos y una duración de un mes, durante 9 meses al año. En estos talleres se imparte formación sobre diferentes modos de asociación, organización y cooperación entre ganaderos y agricultores con funcionamiento probado, con las ventajas antes mencionadas, mejorando sus rendimientos y reduciendo sus pérdidas por adversidades meteorológicas. Asimismo, se plantean ensayos prácticos de funcionamiento de una organización de funcionamiento probado.

Plazo de implementación

2014-2030

Impacto de la medida

La organización y cooperación entre productores del sector primario les permite asumir costos de mejoras técnicas en sus explotaciones, adaptándolas de este modo a la meteorología y aumentando su producción anual y reduciendo las pérdidas. Estos beneficios también se podrían dar por una mejor transmisión de conocimientos sobre buenas prácticas entre productores pertenecientes a una misma organización.

Posibles barreras

Las principales barreras a que puede hacer frente esta medida son la desconfianza entre los productores agropecuarios individuales, la desconfianza en el sector institucional y la insuficiente participación de los productores agrícolas y ganaderos en los procesos de desarrollo rural.

Costo total	216,070	MXN \$	Beneficio total	n/a	MXN \$
Costo/beneficio	n/a		VAN	n/a	MXN \$

1.7

Estructurar un mecanismo de aseguramiento para los pequeños productores agropecuarios.

Sector AGROPECUARIO Y FORESTAL

Objetivos

Minimizar las pérdidas económicas de agricultores y ganaderos en el Estado debidas a sequías, olas de calor, huracanes, eventos meteorológicos extremos y adversidades climatológicas en general.

Descripción de la medida

La medida consistiría, en primer lugar, en la coordinación entre representantes de agricultores y ganaderos del Estado, por un lado, y compañías de seguros, por el otro, para el diseño de servicios de aseguración de explotaciones agrícolas y ganaderas a la medida de las existentes en Yucatán, definiendo alcances y grados de cobertura óptimos para ambas partes.

Una vez terminada esta fase de diseño, se lanzarían al mercado servicios seguros para agricultores y ganaderos yucatecos.

Plazo de implementación

2014-2030

Impacto de la medida

La contratación de seguros agrarios en el Estado permitiría disminuir pérdidas económicas debidas a sequías, olas de calor, huracanes y eventos meteorológicos extremos en general en las explotaciones de este sector.

Posibles barreras

Ausencia de cobertura, por parte del mercado de seguros, de todos los riesgos climáticos, en particular los de los pequeños productores agrario.

Costo total	n/a	MXN \$	Beneficio total	n/a	MXN \$
Costo/beneficio	n/a		VAN	n/a	MXN \$

2.1

Diseño o remodelación de estructuras para garantizar su resistencia a eventos meteorológicos extremos

Sector INDUSTRIA, COMERCIO Y TURISMO

Objetivos

Minimizar los daños causados por los eventos hidrometeorológicos extremos (huracanes, inundaciones, mareas de tormenta) que se producen en el Estado de Yucatán.

Descripción de las medidas

El primer paso a llevar a cabo para la implantación de la medida consiste en la realización de un estudio en el que se analicen las infraestructuras del Estado de Yucatán desde la perspectiva de la resistencia a eventos hidrometeorológicos extremos, principalmente huracanes, aunque también inundaciones y mareas de tormenta, en menor medida.

A partir de los resultados del estudio, se establecería un listado de prioridades en función del riesgo de las diferentes infraestructuras existentes y se estimaría el costo de la adaptación de cada una de ellas para disminuir dicho riesgo, seleccionándose a partir de ambos criterios las infraestructuras prioritarias.

En la tercera fase, se realizarían las diferentes operaciones para la adaptación de las infraestructuras.

Plazo de implementación

2014-2020

Impacto de la medidas

Mediante esta medida se lograría reducir los daños que producen los eventos hidrometeorológicos extremos (huracanes, inundaciones y mareas de tormenta) en las diferentes infraestructuras del Estado de Yucatán. Se trata de una medida que, además de ofrecer un beneficio económico directo, el de los daños evitados en las infraestructuras adaptadas, ofrece importantes beneficios sociales, principalmente desde la perspectiva de que unas infraestructuras que resistan los eventos extremos son una salvaguarda para los habitantes del Estado de Yucatán.

Posibles barreras

La principal dificultad a la hora de implantar esta medida sería la necesidad de realizar altas inversiones, que puede verse limitada por la escasez de fondos. También se deberían considerar las prácticas de construcción que no consideran criterios climáticos.

Costo total	n/a	MXN \$	Beneficio total	n/a	MXN \$
Costo/beneficio	n/a		VAN	n/a	MXN \$

2.2

Entrenamiento del personal para protocolos de seguridad.

Sector INDUSTRIA, COMERCIO Y TURISMO

Objetivos

Formar al personal del sector industria, comercio y turismo, con un énfasis especial en los trabajadores del sector hotelero, en los riesgos de los eventos meteorológicos extremos, para que puedan actuar correctamente en el caso de que se produzca alguno, minimizando el riesgo de los mismos tanto para las personas como las instalaciones a su cargo.

Descripción de las medidas

La medida consiste en la elaboración de talleres en los que participe el personal seleccionado del sector. Dicho personal recibiría formación sobre los eventos extremos que se producen en el Estado, sus consecuencias y las pautas a seguir cuando se produzcan. Así, podrían organizar de forma ordenada al resto de la población cuando se den estos fenómenos, asegurándose de que se establecen las medidas adecuadas para minimizar los daños. Además, con una formación adecuada, contribuirían a mantener la calma durante el periodo en el que se produzca el fenómeno meteorológico extremo y podrían organizar adecuadamente, así como participar, en las tareas de limpieza o reconstrucción que hayan de llevarse a cabo a posteriori.

Plazo de implementación

2014-2020

Impacto de la medidas

Una formación adecuada del personal en protocolos de seguridad garantiza que tanto antes, como durante y después del evento se siguen las pautas adecuadas para reducir su impacto. Además, una actuación ordenada logra minimizar el caos que en ocasiones se produce, reduciéndose tanto el estrés de la población como los daños que esto causa. En el caso del turismo esto cobra particular importancia, ya que, una región reconocida por su gestión en este ámbito, es vista desde la perspectiva del turista como una región más segura, disminuyendo las reticencias que puedan generar los fenómenos meteorológicos extremos que en ella se producen, a la hora de visitarla.

Posibles barreras

Una de las mayores dificultades a encarar en la implementación de la medida serían la posibilidad de no aplicación de conocimientos adquiridos, de acuerdo al puesto de trabajo y a la capacidad de actuación, y la elaboración de talleres sin considerar el grado de capacitación del público objetivo.

Costo total	n/a	MXN \$	Beneficio total	n/a	MXN \$
Costo/beneficio	n/a		VAN	n/a	MXN \$

2.3 Establecimiento de las medidas obligatorias para la construcción de nuevas edificaciones que consideren la mayor intensidad de los vientos y otros factores climáticos

Sector INDUSTRIA, COMERCIO Y TURISMO

Objetivos

Reducir el impacto de los huracanes en el Estado de Yucatán mediante la mejora de la resistencia al viento de las construcciones llevadas a cabo en el Estado. Mejorar el confort de los edificios del estado mediante mejoras en su aislamiento térmico.

Descripción de las medidas

Esta medida consiste, en el establecimiento de una legislación exigente en cuanto a la resistencia al viento y aislamiento térmico de las construcciones nuevas que se lleven a cabo en el Estado. Para ello, para cada construcción y en función de la zona en la que se vaya a ubicar, habría que realizar un análisis para conocer las características con las que habría de cumplir la construcción para garantizar su resistencia al viento y aislamiento térmico. Posteriormente, este análisis debería ser revisado por la Administración Pública, la cual también garantizaría que la construcción se lleva a cabo siguiendo las pautas marcadas en el mismo y con el aislamiento térmico requerido.

Plazo de implementación

2014-2030

Impacto de las medidas

Reducción de las pérdidas causadas por los eventos meteorológicos extremos, tanto materiales como personales, además de una reducción de las afecciones a la salud en situaciones de olas de calor.

Posibles barreras

Incremento de los costos de las construcciones.

Costo total	1,083,442,066	MXN \$	Beneficio total	1,431,953,098	MXN \$
Costo/beneficio	0.8		VAN	348,511,032	MXN \$

2.4

Refuerzos estructurales en la infraestructura económica y/o reubicación en áreas lejanas a la línea de costa.

Sector INDUSTRIA, COMERCIO Y TURISMO

Objetivos

Reducir el impacto de los huracanes en la infraestructura económica del Estado de Yucatán mediante la mejora de la resistencia al viento de construcciones e infraestructuras y mediante la reubicación de algunas de ellas en

Descripción de las medidas

Esta medida consiste en el establecimiento de una legislación exigente en cuanto a la resistencia al viento de las construcciones e infraestructuras necesarias para el funcionamiento de la economía yucateca (infraestructura industrial, comercial y turística), así como en promover la relocalización de parte de esta infraestructura en área más alejadas de la línea de costa, para reducir su exposición a huracanes, mareas de tormenta, tormentas tropicales, etc.

Para ello, para cada construcción/infraestructura en funcionamiento habría que realizar un análisis técnico para garantizar su resistencia a eventos meteorológicos extremos y determinar la necesidad de reforzar las estructuras de las mismas. Este análisis debería ser revisado por la Administración Pública, la cual garantizaría a su vez que los refuerzos estructurales se llevan a cabo siguiendo las pautas marcadas en este análisis.

Por otra parte, el Gobierno de Yucatán, mediante un estudio de las condiciones del terreno y de su exposición a huracanes y a eventos meteorológicos extremos, determinaría las mejores localizaciones para la ubicación de la industria y de la infraestructura comercial y turística. Una vez realizado este estudio, se promovería el traslado de industrias e infraestructuras mediante incentivos fiscales, simplificaciones de trámites administrativos y/ o bajos precios de terrenos.

Plazo de implementación

2014-2030

Impacto de la medidas

Reducción de las pérdidas causadas por los eventos meteorológicos extremos en la economía yucateca y en sus

Posibles barreras

Las principales barreras identificadas serían las siguientes:

- elevada inversión en este tipo de infraestructura.
- impacto visual y ecológico al instalar este tipo de estructuras.
- desconocimiento en materia de barreras de control de erosión, así como sobre pilotes para actividades productivas.

Costo total	n/a	MXN \$	Beneficio total	n/a	MXN \$
Costo/beneficio	n/a		VAN	n/a	MXN \$

2.5 Reubicación de servicios en hoteles para evitar daños por inundaciones.

Sector INDUSTRIA, COMERCIO Y TURISMO

Objetivos

Reducir los daños causados por las inundaciones que se producen en los hoteles del Estado de Yucatán mediante la reubicación de servicios en función del riesgo de inundación.

Descripción de las medidas

De cara a minimizar el daño que las inundaciones causan en los hoteles del Estado de Yucatán, que son uno de los principales ejes del sector turismo, se propone que se tenga en cuenta el riesgo de inundación a la hora de organizar los servicios de los mismos. Así, cada uno de los hoteles del Estado tendrá que realizar un análisis del riesgo de inundación en sus instalaciones. Adicionalmente, deberán reconsiderar, en función del riesgo de inundación, la idoneidad de la distribución de sus instalaciones, modificándola, si es posible, de forma permanente, o, si esto no fuera viable, de forma temporal cada vez que exista riesgo de inundación.

Plazo de implementación

2014-2030

Impacto de las medidas

Reducción de los daños personales y materiales causados por las inundaciones en los hoteles del Estado.

Posibles barreras

Falta de conocimiento sobre las áreas con riesgo de inundación y de los beneficios de reubicar los servicios, así como falta de recursos para llevar a cabo los cambios.

Costo total	n/a	MXN \$	Beneficio total	n/a	MXN \$
Costo/beneficio	n/a		VAN	n/a	MXN \$

2.6 Seguros de reubicación ante incidencia de eventos meteorológicos extremos

Sector INDUSTRIA, COMERCIO Y TURISMO

Objetivos

Minimizar los riesgos de los eventos hidrometeorológicos extremos (inundaciones, huracanes y mareas de tormenta), ofreciendo alternativas a los turistas y garantizando que la menor afluencia no influya en las ganancias del sector turismo.

Descripción de las medidas

La medida consiste en la contratación de seguros de reubicación que cubran los gastos de traslado y alojamiento de los turistas que visiten el Estado de Yucatán cuando se produzca un fenómeno meteorológico extremo. Así, se contratarían seguros asociados a las estancias que se emplearían de producirse eventos meteorológicos extremos. De esta forma, se evita que los turistas permanezcan en la zona afectada, lo que podría suponer un riesgo y, además, se evitan las pérdidas derivadas de sus traslados y alojamiento en otros lugares.

Plazo de implementación

2014-2030

Impacto de las medidas

Reducción de los daños personales causados por eventos meteorológicos extremos y reducción de las pérdidas económicas derivadas de los mismos asociadas a los turistas que visiten el Estado.

Posibles barreras

La contratación de los seguros conlleva un costo, que, en principio, se imputaría al cliente en la tarifa del hotel. Esto implicaría una subida de tarifas que disminuiría la ocupación hotelera en Yucatán.

Costo total	n/a	MXN \$	Beneficio total	n/a	MXN \$
Costo/beneficio	n/a		VAN	n/a	MXN \$

2.7

Incorporación del análisis de riesgos climáticos en fase de proyecto de nuevas instalaciones industriales y de servicios

Sector INDUSTRIA, COMERCIO Y TURISMO

Objetivos

Reducir el impacto de los riesgos climáticos mediante la introducción del análisis de los mismos en la fase de proyecto de nuevas instalaciones industriales y de servicios.

Descripción de las medidas

La medida planteada implica el desarrollo de legislación relativa a los riesgos climáticos del Estado. En una primera fase, se plantea que se incluya, en los nuevos proyectos, un estudio del impacto medioambiental de los mismos. Además, en una fase posterior, se incluiría en dicho estudio un análisis de riesgos completos. De esta forma, se obtendría una imagen global del impacto, tanto sobre el medio ambiente en general como de los riesgos climáticos asociados al desarrollo del mismo.

Plazo de implementación

2014-2030

Impacto de la medidas

Reducción de los costos asociados a los impactos climáticos previstos sobre los nuevos proyectos que se desarrollen en el Estado de Yucatán mediante el análisis de riesgos de los mismos. Reducción de daños, tanto personales como materiales, mediante la prevención de los riesgos.

Posibles barreras

Las posibles barreras a las que podría hacer frente esta medida serían:

- la necesidad de una estructura administrativa para gestionar y supervisar la realización de los análisis de riesgos.
- la falta de interés de los involucrados para realizar los cambios legislativos necesarios.

Costo total	n/a	MXN \$	Beneficio total	n/a	MXN \$
Costo/beneficio	n/a		VAN	n/a	MXN \$

3.1

Diversificación de actividades de la población dedicada a la pesquería ribereña y de altura

Sector PESCA

Objetivo:

Diversificar las actividades económicas de la población dedicada actualmente a la pesquería artesanal y de

Descripción de la medida

La situación actual de la actividad pesquera de bajas capturas y especulación de precios ha ocasionado que la población que actualmente se dedica a la pesca incursiones en otras actividades económicas. Desde inicios de la década pasada El gobierno del estado de Yucatán ha apoyado la reconversión de la actividad pesquera y agrícola a la actividad acuícola con inversiones que alcanzaron los 700 millones de pesos hasta el 2004. Del 1999 al 2004 se crearon mas de 200 unidades rurales acuícolas. Sin embargo en la actualidad mas del 50% de estas unidades ha desaparecido y únicamente del 10 al 20% de esta unidades presentan utilidades. La diversificación de las actividades si bien debe de ser promovida por el gobierno también debe de tener un componente de compromiso social por parte de los usuarios. En este sentido se sugiere que a medida de la diversificación de actividades esta basada en programas gubernamentales de capacitación técnica y que incluyan programas específicos sobre el manejo administrativo de los recursos. Otra alternativa es contar con programas de crédito para el establecimiento de pequeñas empresas que incluyan tasas bajas de interés.

El programa de reconversión del campo y pesca a la actividad acuícola se inicio a finales de la década de los 90, con muy poco resultados. Es necesario retomar, en la actualidad, el aprendizaje de este programa para actualizarlo y eficientizarlo. La implementación de esta medida deberá de fortalecerse en durante los próximos 10 años.

Plazo de implementación

2014-2030

Impacto de la medida

Permitirle al sector pesquero tener alternativas de subsistencia y de mejora de la economía.

Posibles barreras

Las principales barreras para la implementación de esta medida serían:

- la resistencia del sector pesquero a incursionar en actividades alternas.
- la carencia de créditos a bajas tasas de interés.
- los localismos y liderazgos locales.
- resistencia a la capacitación o empleo temporal.

Costo total:	4,850,000	MXN \$	Beneficio total:	n/a	MXN \$
VAN	n/a		Costo/Beneficio	n/a	MXN \$

3.2

Enfoque de manejo precautorio para disminuir el esfuerzo pesquero en especies sobreexplotadas.

Sector PESCA

Objetivo:

Incluir, dentro de los planes de ordenamiento pesquero, medidas precautorias a adoptarse para evitar el esfuerzo pesquero sobre especies sobreexplotadas.

Descripción de la medida

La ordenación de la actividad pesquera basada en un enfoque precautorio considera una cauta previsión a fin de evitar situaciones inaceptables o perjudiciales, considerando que los cambios en los sistemas pesqueros únicamente son reversibles a largo plazo, difíciles de controlar, insuficientemente comprendidos y expuestos a los cambios en nuestra escala de valores. Por lo tanto es necesario establecer marcos jurídicos o sociales de ordenación para todas las pesquerías que establezcan normas que controlen el acceso a las pesquerías (en especial a las sobreexplotadas) requisitos de presentación de datos y procesos para la planificación y ejecución de una ordenación pesquera integral. Debido a que la formulación de planes pesqueros son de índole regional o global, es necesario que el marco jurídico o social de ordenamiento incluya medidas provisionales que salvaguarden los recursos hasta la adopción de dichos planes.

La ley general de pesca y acuicultura sustentables fue publicada en el diario oficial de la federación del 24 de Julio del 2007. Dicha ley especifica que se deben de contar con planes de manejo y ordenamiento pesquero para cada unos de los recursos pesqueros disponibles. Hasta la fecha son poca las especies explotadas que cuentan con un plan de manejo y ordenamiento y ninguno de ellos elaborado con un enfoque precautorio. Por esta razón es necesario incluir en dichos planes y en los que se esta ahora elaborando el enfoque precautorio. La implementación de esta medida es de largo plazo.

Plazo de implementación

2014-2030

Impacto de la medida

Contar con medidas alternas ante los efectos negativos sobre la pesca de diversos fenómenos adversos.

Posibles barreras

Los resultados de la aplicación de estas medidas son de largo plazo lo que podía desalentar al sector pesquero.

Costo total:	800,000 MXN \$	Beneficio total:	n/a	MXN \$
VAN	n/a	Costo/Beneficio	n/a	MXN \$

3.3 Implementación de medidas de manejo ecológico

Sector PESCA

Objetivo :

Promover la pesca sustentable y sostenible basada en un enfoque de manejo eco sistémico .

Descripción de la medida

El manejo integrado y adaptativo de los recursos pesqueros tienen como meta central la sustentabilidad intergeneracional de los recursos explotados a través de la participación activa de los usuarios principales. La implementación de esta medida se basa en el aprendizaje social y en la negociación de conflictos. La implementación de esta medida requiere del conocimiento de la estructura y función del ecosistema, identificación de eco regiones de distribución de los recurso y de la implementación de estrategias de co-manejo entre los usuarios y las autoridades. Las estrategias de co-manejo deben de ser generadas bajo esquemas de mecanismos de consulta, que permitan determinar estrategias de cooperación en la toma de decisiones, y la responsabilidad compartida entre ambos sectores. La implementación de esta medida es de largo plazo, pero se hace necesario y urgente iniciar con su implementación.

Plazo de implementación

2014-2030

Participación directa de los usuarios en la toma de decisiones en el manejo de los recursos y corresponsabilidad en los resultados de las decisiones. Esta estrategia generara un alto sentido de responsabilidad social ante el manejo de los recursos.

Posibles barreras

La resistencia de un sector de la población, a asumir las consecuencias de la co-responsabilidad. Falta de interés del sector secundario y terciario que demanda los productos pesqueros.

Costo total:	3,750,000 MXN \$	Beneficio total:	n/a	MXN \$
VAN	n/a	Costo/Beneficio	n/a	MXN \$

3.4

Implementación de tecnologías de cultivo de especies de mayor importancia comercial

Sector PESCA

Objetivo:

Contar con alternativas productivas ante el declive de la producción pesquera actual.

Descripción de la medida

Esta medida deberá de estar basada en el desarrollo de protocolos metodológicos y tecnológicos para la implementación de cultivo de cada una de las especies nativas de interés comercial y sobre todo en determinar la viabilidad de cultivo de cada una de estas. En el estado han existido intentos de implementar cultivos de especies nativas como la mojarra castarrica (*Cichlasoma urophthalmus*), el camarón rosado (*Farfantepenaeus duorarum*) y el pulpo (*Octopus maya*) y los resultados no han sido completamente exitosos. En ambos casos los métodos y tecnologías empleadas únicamente han permitido cultivar a ambas especies hasta estadios juveniles o no comerciales. Otro caso actual lo representa el reto del cultivo del pepino de mar (p. ej. *Holoturia sp.*) del cual después de 5 años de investigación aun no se ha logrado establecer protocolos y tecnologías de cultivo óptimas. Aquí la estrategia sería llevar todos estos cultivos a nivel piloto comercial para demostrar la viabilidad de los cultivos.

Dada la situación actual crítica de los recursos pesqueros es necesario que en los próximo 5 a 10 años se fortalezca la producción acuícola de especies de importancia comercial.

Plazo de implementación

2014-2030

Impacto de la medida

Generar alternativas para la generación de recursos financieros, la obtención de alimento, y alternativas de trabajo para el sector pesquero. Otro de los impactos sería la reducción de la presión de pesca sobre los recursos.

Posibles barreras

Los métodos y tecnologías empleadas no han sido exitosos desde el punto de vista comercial. Se percibe una carencia de inversores locales en éste sector, así como de protocolos y tecnologías de cultivo óptimas.

Costo total:	5,000,000 MXN \$	Beneficio total:	n/a	MXN \$
VAN:	n/a	Costo/Beneficio:	n/a	MXN \$

3.5

Soporte técnico y tecnológico de instituciones especializadas

Sector PESCA

Objetivo:

Vincular el sector acuicultura y pesca con el sector académico y tecnológico.

Descripción de la medida

La transferencia de la información tecnológica hacia los sectores productivos es uno de los imperativos y compromisos de las instituciones de educación y de investigación pública. En Yucatán existen 2 centro de investigación (CINVESTAV, CRIP Yucalpeten, 2 universidades públicas (UMDI-SISAL, UADY) y un tecnológico (ITM)) que han desarrollado investigaciones sobre cuestiones pesqueras y/o de acuicultura. Sin embargo aun no se cuentan con mecanismos de transferencia de información y tecnología claros y eficientes. Es necesario fortalecer este rubro mediante programas de interacción, seminarios para compartir experiencias y necesidades de ambos sectores.

Plazo de implementación

2014-2020

Impacto de la medida

Esta medida generará un incremento estratégico en la competitividad de ambos sectores (pesquero y acuicultura).

Posibles barreras

Existencia de pocos incentivos para que interactúen los expertos y el sector productivo.

Costo total:	250,000 MXN \$	Beneficio total:	n/a	MXN \$
VAN:	n/a	Costo/Beneficio:	n/a	MXN \$

3.6

Inversión en tecnologías para optimizar las capturas y aumentar la producción acuícola

Sector PESCA

Objetivo:

Contar con tecnología eficientes que aumenten la probabilidad de las capturas y la producción acuícola

Descripción de la medida

La tecnología pesquera se ocupa del equipo y prácticas utilizadas para detectar, capturar, manipular, elaborar y distribuir los recursos pesqueros. La inversión del estado en este rubro es incipiente. Una de las recomendaciones para mejorar las cuotas de captura es la implementación de mejores tecnologías de captura. Sin embargo y dado que mucho de los recursos pesqueros se encuentran sobre-explotados y que la capacidad de pesca actual para muchos de los recursos esta al límites de colapsos, la implementación de tecnologías encaminadas a incrementar las capacidades de pesca pueden no considerarse como una solución acertada y la probabilidad de efectos negativos sobre la conservación y sostenibilidad de la pesca. Por tanto, es necesario conjuntar la búsqueda de especies alternativas de importancia pesquera en conjunto con mejores métodos de captura. Esto aplica al igual para el desarrollo de métodos de cultivo mas eficientes de especies nativas en especial.

Plazo de implementación

2014-2020

Impacto de la medida

Con una alta probabilidad de efectos negativos si solo se aplica a especies de importancia pesquera ya en explotación. La medida puede tener efectos positivos si se orienta a especies pesqueras alternativas y a la acuicultura.

Posibles barreras

Posibles efectos negativos de estas tecnologías en las poblaciones sobre-explotadas y en peligro de colapso. Posible carencia de fuentes de apoyo financiero o económico para la inversión inicial.

Costo total:	n/a	MXN \$	Beneficio total:	n/a	MXN \$
VAN	n/a		Costo/Beneficio	n/a	MXN \$

3.7

Comunicación de riesgos futuros al sector pesquero sobre los posibles efectos del cambio climático en la pesca por medio de programas

Sector PESCA

Objetivo:

Concientizar a la población sobre los riesgos futuros por efecto del cambio climático global

Descripción de la medida

El programa educativo debe de estar regido por 3 ejes principales: 1) sensibilizar a la comunidad sobre las causas, implicaciones y riesgos del cambio climático sobre el sector pesquero y acuacultura; 2) Incluir el tema de cambio climático en el curriculum educativo formal y no formal desde las etapas iniciales de formación (primaria y secundaria); 3) Capacitación a los educadores para actualizar y reforzar sus conocimientos sobre el tema. La medida debería implementarse durante los próximos 5 años.

Plazo de implementación

2014-2020

Impacto de la medida

El impacto será alto a largo plazo.

Posibles barreras

Las posibles barreras para la puesta en marcha de esta medida serían:

- la burocracia existente para la implementación institucional de un programa de cambio climático.
- la falta de interés político para implementar un programa de capacitación a maestros.

Costo total:	250,000 MXN \$	Beneficio total:	n/a	MXN \$
VAN	n/a	Costo/Beneficio	n/a	MXN \$

4.1 Desarrollo de un sistema GIS para rastreo de los movimientos de vectores infecciosos que puedan verse potenciados por el cambio climático.

Sector SALUD

Objetivos

Implementación de un sistema GIS que permita realizar un monitoreo de las poblaciones de mosquitos para controlar su densidad, distribución e introducción de nuevas especies.

Descripción de las medidas

Algunos mosquitos que habitan en el Estado de Yucatán, además de ser molestos por las picaduras que producen, son vectores de enfermedades graves para los seres humanos. Entre los insectos mas abundantes se encuentran *A. aegypti*, *C. quinquefasciatus*, *C. coroator*, *C. nigripalpus* y *C. thriambu*. *A.aegypti* es el vector del virus del dengue presente en muchos municipios y causante de muchas infecciones en el Estado. En el año 2011 la tasa de mortalidad por dengue fue de 1.19% de acuerdo al Dictamen del Comité Nacional de Vigilancia Epidemiológica (CONAVE).

Actualmente las acciones de control se han centrado en nebulizaciones de áreas metropolitanas y control larvario. Asimismo, se implementó un sistema de vigilancia entomológica permanente, mediante la instalación de ovitrampas en localidades prioritarias de las tres jurisdicciones sanitarias.

Los cambios en la temperatura y humedad previstos por el cambio climático, afectarán a la distribución y densidad de algunas poblaciones de mosquitos vectores de enfermedades. Por ello, será importante mejorar el monitoreo de las poblaciones de éstos mosquitos con el fin de poner en marcha medidas de prevención, control y erradicación de manera más eficaz y coordinada. La implementación de un sistema GIS fortalece este monitoreo, gracias a la detección de variaciones en los parámetros a monitorear y un análisis de los datos recopilados.

Plazo de implementación

2014-2030

Impacto de la medida

Permite la planificación y coordinación de la acciones contra los vectores de enfermedades.

Fortalece las unidades de vigilancia entomológicas existentes.

Favorece la creación de una red para el intercambio de información y datos.

Posibles barreras

Necesidad de una red de información coordinada

Elevada inversión sin retorno directo.

Costo total	1,713,986 MXN \$	Beneficio total	n/a	MXN \$
Costo/beneficio	n/a	IVAN	n/a	MXN \$

4.2

Refuerzo en la vigilancia y el monitoreo para detección de factores influyentes en la salud.

Sector SALUD

Objetivos

Fortalecer la vigilancia y el monitoreo de aquellos factores relacionados con los posibles cambios climáticos que tengan influencia en la salud (polen, temperatura, huracanes, precipitaciones).

Descripción de las medidas

Los sistemas de vigilancia son una herramienta fundamental para la identificación de cambios en los patrones de ocurrencia de las enfermedades infecciosas, enfermedades alérgicas, olas de calor y demás afecciones que puedan tener efectos negativos sobre la salud humana.

La vigilancia constituye un instrumento de vital importancia para identificar, medir y analizar los problemas y condicionantes de la salud que afectan a la población, para a partir de los cuales poder tomar las decisiones más adecuadas encaminadas a prevenir las enfermedades y promocionar la salud.

La medida prevé reforzar las acciones que a día de hoy se desarrollan en materia de vigilancia para la salud en el Estado de Yucatán. Actualmente el Programa Federal Presupuestario para la Vigilancia epidemiológica tiene fijado un gasto anual de 634,173,187 pesos. Esta medida prevé, no sólo realizar una vigilancia sobre las enfermedades causantes de epidemias, sino que aumentaría el espectro de actuación, incluyendo un monitoreo sobre las variaciones en la concentración de los aeroalérgenos, además de una recopilación continuada de datos ambientales que puedan afectar a cambios patronales de algunas enfermedades o a la aparición de trastornos graves (golpe de calor). El cambio climático afectará a la ocurrencia y aparición de numerosas enfermedades, por lo que esta medida ayudará a paliar los efectos que pueda ocasionar en la salud humana.

La vigilancia deberá incluir las siguientes fases para garantizar la efectividad de la misma:

- Recolección de datos. Mediciones *in situ* de parámetros climáticos o alérgenos, encuestas o registros de los casos sanitarios.
- Análisis e interpretación de los datos. Procesamiento de la información, análisis estadísticos.
- Difusión de la información. Retroalimentación del sistema.

Plazo de implementación

2014-2030

Impacto de la medida

Aumento de las intervenciones preventivas, frente a las paliativas.

Creación de nuevas bases de datos sanitarias.

Perfeccionamiento de la red de atención de la salud pública.

Posibles barreras

Necesidad de una red de información coordinada

Costo total	20,475,681 MXN \$	Beneficio total	n/a	MXN \$
Costo/beneficio	n/a	VAN	n/a	MXN \$

4.3 Sistema de alerta temprana para prevenir a la población sobre peligros sanitarios.

Sector SALUD

Objetivo

Establecimiento de un sistema de alerta temprana permanente para reducir o evitar la posibilidad que se produzcan lesiones personales, pérdidas de vidas, daños a los bienes y al ambiente, mediante la aplicación de medidas de protección y reducción de riesgos. Entre los parámetros o variables a monitorizar, en el sector salud se identifican los siguientes resgos: olas de calor, huracanes, inundaciones, temperaturas extremas, brotes infecciosos, etc.

Descripción de la medida

Gracias a los sistemas de alerta temprana, la población es capaz de hacer frente a un evento adverso ya sea meteorológico o sanitario de manera más rápida y eficaz. Además de mejorar la atención sanitaria, estos sistemas permiten responder a problemas en materia de inseguridad alimentaria y de agua potable. Asimismo, una advertencia emitida mucho antes de un evento, permite a la ciudadanía proteger propiedades e infraestructuras. La medida 4.2 actuaría a modo fuente de información adicional y a través de esta medida se fortalecerían las acciones o intervenciones de respuesta que después de un evento han de realizarse en forma de cascada y adecuadamente coordinadas.

Los sistemas de alerta temprana son combinaciones de herramientas y procesosos integrados en las estructuras institucionales coordinados por agencias nacionales o internacionales. Pueden centrarse en un peligro en particular o en muchos, pero habitualmente se componen de cuatro elementos: conocimiento del riesgo (las medidas 4.1 y 4.2 alimentarían este conocimiento), difusión de alertas significativas a la población riesgo y concienciación pública y preparación para actuar. Estos sistemas forman parte de la preparación y aportan información para la toma de decisiones en materia de gestión del riesgo y el desarrollo de las comunidades. Esta preparación local requiere del apoyo y coordinación con entidades nacionales para una mayor efectividad de la respuesta y de las acciones integrales de reducción de riesgo a desastres.

Esta medida incluirá todas las fases descritas en la medida 1.4, pero además de actuar sobre los parámetros meteorológicos, también se propone que ejerza sobre todos los peligros sanitarios que tengan relación con las variaciones del clima (densidad de alérgenos, olas de calor, brotes epidemiológicos, etc.). Por ello, el coste incluido en esta medida hace referencia al trabajo de monitoreo y manteniendo del sistema de alerta temprana, ya que el coste del establecimiento del sistema se incluye en la medida 1.4.

Plazo de implementación

2014-2030

Impacto de la medida

Disminución del impacto económico y material de las poblaciones afectadas por eventos climáticos o sanitados extraordinarios.

Aumento de la capacidad de respuesta de la población ante desastres naturales o entrópicos.

Creación de conocimiento.

Posibles barreras

Necesidad de una red de actuación coordinada.

Costo total	5,334,346.8 MXN \$	Beneficio total	53,343,468	MXN \$
Costo/beneficio	0.1	VAN	48,009,121	MXN \$

4.4

Mejora de sistemas de saneamiento.

Sector SALUD

Objetivo

Garantizar un acceso universal a sistemas regulados de agua y saneamiento lo que repercutirá en una mayor capacidad de adaptación del sector.

Descripción de la medida

Según los últimos datos disponibles en el INEGI, el 96% de la población de Yucatán dispone de servicio de agua potable y el 68% dispone de servicio de alcantarillado. Asimismo anualmente se desarrollan campañas para el fomento sanitario y se monitorean los sistemas de abastecimiento. Las fuentes principales de abastecimiento siguen siendo los acuíferos de la zona, en los cuales se han detectado problemas por filtraciones de las aguas residuales eliminadas mediante pozos superficiales. Ello provoca que anualmente se sigan atendiendo casos de diarrea, siendo la población infantil la más vulnerable ante las enfermedades estomacales que pueden verse incrementados a futuro con las previsiones climáticas existentes.

Garantizando los servicios de saneamiento y alcantarillado servicios se disminuirán los casos de enfermedad relacionados con diarreas infecciosas, se ahorran costos en el tratamiento de los pacientes y se ahorra tiempo por evitar atención médica o por acarreo de agua. En este sentido, la Organización Mundial de la Salud, estima que el principal beneficio para el sector salud por este tipo de intervenciones requiere en el tiempo ahorrado, el cual puede traducirse en tiempo para la educación, agricultura, industria, turismo, etc.

Plazo de implementación

2014-2030

Impacto de la medida

Aumento de la productividad, atención escolar y calidad de vida.

Ahorro en el gasto sanitario.

Ahorro económico para la población por tratamientos médicos evitados.

Posibles barreras

Imposibilidad de instalación de un sistema de saneamiento por el tipo de orografía del Estado.

Elevada inversión.

Costo total	401,212,088 MXN \$	Beneficio total	1,965,939,230 MXN \$
Costo/beneficio	0.2	VAN	1,564,727,142 MXN \$

4.5

Acciones de capacitación en materia de salud, higiene y cambio climático.

Sector SALUD

Objetivo

Reducir los casos de enfermedades infecciosas a través de la capacitación de la ciudadanía.

Descripción de la medida

De forma transversal a las acciones planteadas anteriormente, se propone el desarrollo de campañas de capacitación bianuales, para informar a la población acerca de hábitos saludables que puedan llevar a cabo sin la necesidad de realizar inversión alguna. En este sentido, la medida se centra en prevenir, para evitar así la aparición de enfermedades diarreicas, o infecciosas causadas por vectores (dengue, malaria) que pueden ser potenciados por el cambio climático.

Se proponen para ello las siguientes acciones:

- El desarrollo y comunicación de material educativo sobre salud, higiene y cambio climático. Este material es difundido entre las comunidades y se acompaña de unas jornadas de capacitación.
- Elaboración de materiales divulgativos para la construcción y mantenimiento en sistemas de almacenamiento de agua domésticos, para eliminar la propagación de vectores. Alrededor del 50% de las especies de mosquitos de Yucatán se desarrollan en criaderos naturales y artificiales con agua dulce, en los ambientes domésticos de localidades urbanas y rurales. Por ello, y con el fin de frenar la propagación de las enfermedades transmitidas por estos vectores, se considera de vital importancia dotar a la población de herramientas para la sustitución de las prácticas inadecuadas de almacenaje del agua.

Plazo de implementación

2014-2030

Impacto de la medida

Disminución de las enfermedades diarreicas

Disminución de las enfermedades infecciosas causadas por los vectores infecciosos.

Posibles barreras

Resistencia de cambio de hábitos en la población.

Inaccesibilidad a algunas poblaciones.

Costo total	1,502,540 MXN \$	Beneficio total	n/a	MXN \$
Costo/beneficio	n/a	VAN	n/a	MXN \$

4.6

Constitución de un fondo financiero para atender emergencias de salud que se deriven de contingencias climáticas

Sector SALUD

Objetivo

Dar un mayor alcance y grado de cobertura a la atención sanitaria de emergencias, en casos de contingencias climáticas debidas a fenómenos meteorológicos extremos.

Descripción de la medida

Captación de financiación de diversas fuentes (gubernamentales, ONGs, fundaciones, donantes privados e insituciones multilaterales) para consitituir un fondo dedicado única y exclusivamente a los servicios públicos de atención de emergencias sanitarias. Con este fondo se costearía una mejora de la equipación de estos servicios, así como la formación y ampliación de personal, teniendo de este modo un servicio público de atención sanitaria que daría una respuesta más rápida y eficaz a las emergencias sanitarias de la población afectada por eventos meteorológicos extremos.

Plazo de implementación

2014-2030

Impacto de la medida

Reducción del número de muertes, enfermedades, lesiones y dolencias causados por eventos meteorológicos extremos en la población yucateca.

Posibles barreras

Falta de cooperación internacional, federal y estatal en la constitución y operativa del fondo.

Costo total	n/a	MXN \$	Beneficio total	n/a	MXN \$
Costo/beneficio	n/a		VAN	n/a	MXN \$

4.7

Intercambio de experiencias y conocimientos de medidas sanitarias de prevención ante cambios climáticos

Sector SALUD

Objetivo

Mejorar la formación de los servicios de asistencia sanitaria de Yucatán para prevenir del modo más efectivo posible los efectos negativos en la salud del cambio climático.

Descripción de la medida

Celebración de varios talleres con expertos locales, de todo México y de otros países, sobre prevención de enfermedades relacionadas con las variaciones en la climatología debidas al cambio climático.

En estos talleres se produciría un intercambio de experiencias entre expertos, a partir del cual se pueden detectar buenas prácticas y acciones concretas en materia de prevención de enfermedades entre la población. Puestas en marcha por los servicios de atención sanitaria, estas buenas prácticas y acciones contribuirían a reducir el riesgo de afecciones a la salud relacionadas con la climatología, así como las probabilidades de contagio por vectores cuya difusión se podría ver favorecida por el cambio climático.

Plazo de implementación

2014-2030

Impacto de la medida

Mejora de la formación del personal sanitario en materia de salud y cambio climático.
Reducción de la propagación de determinadas enfermedades relacionadas con el cambio climático en Yucatán.
Menor número de afecciones a la salud relacionadas con la climatología.

Posibles barreras

Falta de los recursos materiales y humanos necesarios.

Costo total	2,137,452	MXN \$	Beneficio total	n/a	MXN \$
Costo/beneficio	n/a		VAN	n/a	MXN \$

5.1 Programa de protección de barreras naturales, como los humedales

Sector ASENTAMIENTOS HUMANOS

Objetivos

Proteger y fortalecer las barreras naturales con las que cuenta el Estado de Yucatán para que contribuyan en la reducción de los riesgos climáticos previstos.

Descripción de las medidas

Una de las mejores formas de reducir los riesgos climáticos previstos es la protección de las barreras naturales. Mediante una correcta gestión de las mismas, se utilizan los mecanismos naturales ya existentes para mitigar los efectos, tanto de los eventos meteorológicos extremos como de la subida del nivel del mar y otros riesgos climáticos. Por ejemplo, la protección de los humedales puede reducir la desertificación de algunas zonas que puede producirse a causa de los aumentos de temperatura y reducción de precipitaciones.

Para proteger las barreras naturales, sería recomendable, por una parte, determinar las zonas en las que las mismas han de protegerse o fortalecerse. A partir de dicho análisis, se podría legislar para proteger dichas zonas y evitar, por ejemplo, que se construya en las mismas o que se les den usos no apropiados que reduzcan su valor ecológico. Adicionalmente, en aquellas zonas que en la actualidad estén degradadas, habría que diseñar y ejecutar planes que permitan la regeneración de las mismas para que recuperen su valor medioambiental.

Plazo de implementación

2014-2030

Impacto de la medidas

Mediante la implantación de esta medida se lograría regular la construcción en zonas costeras. De esta forma, se reducirían los daños, tanto materiales como personales y, por tanto, los costes asociados a los mismos, que se producen cuando se dan eventos meteorológicos extremos. Además, si se desarrolla la legislación teniendo en cuenta el incremento del nivel del mar previsto, podría evitarse también que en el futuro se produzcan daños en las construcciones costeras a causa de dicho incremento.

Posibles barreras

Insuficiente restauración ecológica de los humedales costeros e insuficiente compromiso de los municipios costeros para proteger sus barreras naturales a riesgos climáticos.

Costo total	n/a	MXN \$	Beneficio total	n/a	MXN \$
Costo/beneficio	n/a		VAN	n/a	MXN \$

5.2

Construcción bioclimática en áreas urbanas

Sector ASENTAMIENTOS HUMANOS

Objetivos

Reducir las islas de calor que se generan en los principales centros urbanos mediante el uso de infraestructura bioclimática que reduzca la absorción de calor.

Descripción de las medidas

En los centros urbanos de las grandes ciudades, debido a las características de los materiales que se emplean en la construcción, así como la alta densidad de tráfico rodado y otros factores, suelen producirse islas de calor. Es decir, en algunas zonas se dan temperaturas muy elevadas, muy superiores a las que se producirían en una zona no tan densamente habitada en las mismas condiciones atmosféricas.

Para reducir las islas de calor, una de las acciones que se están llevando a cabo en diferentes ciudades es la modificación o sustitución de techos y pavimentos de tal forma que se consiga que estos reflejen la luz del sol, reduciendo la absorción del calor que, cuando se vuelve a emitir, produce un importante incremento de temperatura en la zona. Así, en esta medida se propone que se adapte el 1% de la superficie del centro de las tres ciudades para que los techos de los edificios absorban menos energía y, de la misma forma, que se reemplacen el 1% de los pavimentos.

En el caso de los techos, se propone que, progresivamente y, en la medida en la que se requiera un mantenimiento de los mismos, se aplique pintura blanca. Así, al pintar los techos de blanco se incrementa su capacidad para reflejar la luz, reduciendo la absorción. Para los pavimentos, se ha propuesto también que, aprovechando las acciones de sustitución o reparación que se lleven en los mismos, se sustituyan los materiales habitualmente empleados por hormigón o asfalto de colores más claros, con una capacidad mayor para absorber la luz. Además, en este caso cabe mencionar que se ha considerado que, del total de pavimento, el 75% se sustituiría por asfalto y el 25% por hormigón o cemento.

Adicionalmente, también cabría considerar la opción de implantar techos y paredes verdes, es decir, techos y paredes en los que crece vegetación. Este tipo de sistemas también son muy útiles a la hora de regular la temperatura; reduciendo además los niveles de polución; el riesgo de inundación, al absorber el agua de lluvia; y creando un medio natural para la mejora de la biodiversidad en las áreas urbanas.

Plazo de implementación

2014-2030

Impacto de la medidas

El aumento de la capacidad de reflexión de la luz de techos y pavimentos produce que se absorba menos energía, reduciéndose, de esta forma, las temperaturas que se alcanzan en los núcleos urbanos. Particularmente, cuando se pinta de blanco el techo de los edificios, se logra un ahorro directo en la refrigeración empleada en los mismos, al reducir el exceso de calor que se acumula durante las horas de sol. Por tanto, al reducir las necesidades de refrigeración, se reduce el consumo eléctrico de los edificios.

Posibles barreras

Necesidad de alta inversión para realizar este programa (fundamentalmente privada) e insuficiente compromiso de los dueños de los edificios en los núcleos urbanos.

Costo total	5,491,118	MXN \$	Beneficio total	1,135,680	MXN \$
Costo/beneficio	4.8		VAN	- 4,355,438	MXN \$

5.3

Programa de asesoría para la construcción bioclimática

Sector ASENTAMIENTOS HUMANOS

Objetivos

Proporcionar formación para incentivar la construcción bioclimática en el Estado de Yucatán, logrando así edificaciones con menores consumos de agua, energía y otros insumos.

Descripción de las medidas

La medida consiste en la organización de talleres y el reparto de materiales formativos sobre la construcción bioclimática incluyendo en ellos diferentes medidas que sirvan para reducir el consumo energético y de agua de los edificios. Así, entre ellas se incluirían algunas como la mejora del aislamiento térmico, el diseño para una ventilación óptima o la aplicación de diferentes dispositivos existentes para reducir el consumo de agua.

Se busca con la medida conseguir formar, en primer lugar, mediante los talleres, a los profesionales del sector de la construcción del Estado de Yucatán para que dispongan de toda la información necesaria a la hora de acometer nuevos proyectos. Por otra parte, la elaboración de material formativo permitiría alcanzar a un público más amplio, ya que, mediante la publicación del mismo, cualquier habitante del Estado que desee obtener información adicional sobre la construcción bioclimática podría hacerlo y aplicarlo en su vivienda.

Plazo de implementación

2014-2030

Impacto de la medidas

Reducción de los consumos energéticos y de agua de las edificaciones del Estado de Yucatán mediante la formación de profesionales de la construcción y ciudadanos en general. De esta forma, se mejoraría la climatización de los edificios del Estado y se lograría además que los yucatecos reduzcan sus gastos de electricidad y agua.

Posibles barreras

Deficiente comunicación de las ventajas de la construcción verde e insuficiente dotación de las herramientas necesarias para promocionar de un modo convincente la construcción bioclimática.

Costo total	n/a	MXN \$	Beneficio total	n/a	MXN \$
Costo/beneficio	n/a		VAN	n/a	MXN \$

5.4

Incorporación de criterios sobre riesgos climáticos en la construcción de infraestructura urbana de las zonas costeras

Sector ASENTAMIENTOS HUMANOS

Objetivos

Regularizar la construcción en zonas costeras, minimizar los daños producidos por los riesgos climáticos del Estado de Yucatán.

Descripción de las medidas

La construcción irregular y no controlada puede implicar importantes consecuencias cuando se lleva a cabo en las zonas costeras, ya que, en ocasiones, no se respetan las zonas inundables, lo que causa importantes daños materiales cuando se producen eventos meteorológicos extremos o, podría causarlos debido al incremento del nivel del mar previsto en el Estado de Yucatán.

La ejecución de la medida consistiría en incorporar criterios de riesgos climáticos en la legislación que regule la construcción en zonas costeras, teniendo en cuenta las características de la costa del Estado de Yucatán y los riesgos previstos. Así, cuando se realicen nuevos proyectos, será necesario garantizar que los mismos cumplan con lo establecido en dicha legislación.

Plazo de implementación

2014-2030

Impacto de la medidas

Mediante la implantación de esta medida se lograría regular la construcción en zonas costeras. De esta forma, se reducirían los daños, tanto materiales como personales y, por tanto, los costes asociados a los mismos, que se producen cuando se dan eventos meteorológicos extremos. Además, si se desarrolla la legislación teniendo en cuenta el incremento del nivel del mar previsto, podría evitarse también que en el futuro se produzcan daños en las construcciones costeras a causa de dicho incremento.

Posibles barreras

Las posibles barreras para la implementación de esta medida podrían ser:
-el crecimiento desordenado de los asentamientos humanos en la zona costera.
-el compromiso insuficiente de los municipios costeros para la mejora de su legislación urbana

Costo total	n/a	MXN \$	Beneficio total	n/a	MXN \$
Costo/beneficio	n/a		VAN	n/a	MXN \$

5.5

Programa para la promoción de la captación de aguas de lluvia y alternativas para su reutilización

Sector ASENTAMIENTOS HUMANOS

Objetivos

Incrementar diversificación de fuentes de agua potable a través del incremento de la captación de agua de lluvia mediante la instalación de depósitos que permitan reducir las necesidades de agua.

Descripción de las medidas

En el Estado de Yucatán no existen cuerpos de agua superficiales sino que, por sus características geológicas, hay un sistema de aguas subterráneas que abastece de agua dulce a la población. Entre los riesgos analizados para el Estado de Yucatán en lo concerniente al cambio climático, se incluye una reducción de las precipitaciones.

Además, también ha de considerarse el riesgo existente de que se produzca una salinización progresiva del agua subterránea, lo que tendría importantes consecuencias para la gestión del agua del Estado.

Por tanto, mediante la medida se propone que se instalen sistemas de captación de agua en las zonas rurales del Estado. Estos sistemas estarían formados por un área de captación, que es un sistema impermeable para recoger el agua de lluvia y un depósito cerrado de ferrocemento en el que se almacenaría el agua hasta su uso. Como objetivo de la medida, se ha establecido que el 2.5% del total de los hogares rurales cuenten con este tipo de sistema en 2030. La implementación del mismo se llevaría a cabo de forma progresiva a lo largo del período.

Plazo de implementación

2014-2030

Impacto de la medidas

Por una parte, la medida lograría reducir el consumo de aguas del sistemas de aguas subterráneas del Estado, aprovechándose, además, las aguas de lluvia, que podrían emplearse para irrigación u otros usos. Entre los beneficios de su aplicación estarían, por una parte, los económicos, ya que el uso de agua captada evita utilizar agua de la red.

Por otra parte, además, este tipo de sistemas ofrecen beneficios sociales, ya que permiten reducir la dependencia del sistema de aguas subterráneas del Estado, proveyendo alternativas válidas de suministro que faciliten el acceso al agua de todos los ciudadanos. Por último, cabe también mencionar que se trata de una medida que refuerza las medidas propuestas en el sector del agua.

Posibles barreras

La implantación de los sistemas se enfrentaría a la necesidad de una inversión inicial y a la dificultad en el cambio de usos y costumbres de la población rural para el uso del agua lluvia.

Costo total	15,625,856	MXN \$	Beneficio total	1,588,862	MXN \$
Costo/beneficio	9.8		VAN	- 14,036,994	MXN \$

5.6

Planes Municipales de Desarrollo Urbano

Sector ASENTAMIENTOS HUMANOS

Objetivos

Reducción de la exposición a los eventos meteorológicos extremos y a los riesgos asociados al cambio climático en los asentamientos yucatecos mediante la planificación territorial urbana a nivel municipal.

Descripción de las medidas

Impulso a los municipios yucatecos para la elaboración de Planes Municipales de Desarrollo Urbano. La elaboración de estos planes constaría de una fase inicial de estudio del territorio municipal y de su exposición a eventos meteorológicos extremos y a las posibles variaciones en la climatología. En función de los resultados de estos estudios, se llevaría a cabo la ordenación de los usos del suelo en el territorio municipal, asignándose usos del suelo a las diferentes zonas de cada municipio, y prohibiendo usos fuera de las zonas designadas para los mismos. Cabe la posibilidad, si los resultados de los estudios lo aconsejan de reubicar las viviendas situadas en las zonas más expuestas en nuevas zonas de mayor seguridad. Dado que el coste de los estudios y del diseño de las planificaciones puede ser elevado, y que a menudo los municipios vecinos tienen características muy similares, se plantea la posibilidad de que varios municipios vecinos se asocien y elaboren planes de desarrollo urbano conjuntos, así como que el Gobierno de Yucatán apoye técnica y económicamente la realización de los Planes Municipales de Desarrollo Urbano en los municipios con menos recursos.

Plazo de implementación

2014-2030

Impacto de la medidas

Los Planes Municipales de Desarrollo Urbano, una vez implementados, reducirían considerablemente la exposición a eventos meteorológicos extremos y a riesgos asociados al cambio climático de las nuevas edificaciones e infraestructuras urbanas, así como de las diferentes actividades llevadas a cabo en los municipios. De este modo, se evitarían grandes pérdidas y perjuicios en caso de incidencia de eventos meteorológicos extremos sobre los municipios yucatecos.

Posibles barreras

Posibilidad de falta de recursos económicos y de tiempo para recopilar la información necesaria para el diseño adecuado de los Planes Municipales de Desarrollo Urbano.

Costo total	4,886,324	MXN \$	Beneficio total	n/a	MXN \$
Costo/beneficio	n/a		IVAN	n/a	MXN \$

6.1

Creación de una base de datos hidrológicos y climáticos

Sector AGUA

Objetivos

Construcción de una base de datos hidrológicos y climáticos, que se actualice con frecuencia y que permita un mayor grado de conocimiento del estado del recurso agua en Yucatán, así como compartir y difundir dicho conocimiento.

Descripción de la medida

La creación y puesta en marcha de la base de datos consta de una fase inicial de captura de información, en la que se llevan a cabo las siguientes acciones:

- Realización de estudios para profundizar en el conocimiento del recurso agua en Yucatán y su relación con la climatología.
- Recopilación sistematizada de datos climatológicos e hidrológicos en toda la superficie del Estado.
- Desarrollo de un SIG específico que permita conocer y comprender la disponibilidad territorial de recurso hídrico y su variabilidad territorial.
- Refuerzo de los equipos de estudio de los diversos aspectos del recurso agua en el Estado.

Tras la fase de captura de información inicial, tiene lugar el diseño y construcción de una aplicación informática de base de datos específica de información hidrológica y climática, así como la creación de una red de divulgación e información pública del conocimiento adquirido. La duración de la puesta en marcha de la base de datos y de la red de información pública es de dos años de duración.

Pasados estos dos años, se continúa con la recopilación sistematizada de los datos de clima e hidrología, así como con el mantenimiento de las aplicaciones informáticas de SIG y base de datos, y de la red de información

Plazo de implementación

2014-2030

Impacto de la medida

Mayor conocimiento del volumen disponible de agua dulce en el Estado, de su grado de explotación y calidad, y de su relación con la climatología.

Disponibilidad de una mejor información para la planificación y regulación de explotación del manto freático.

Aumento del grado de concienciación y conocimiento público sobre el estado del recurso agua en las diferentes zonas del territorio yucateco.

Posibles barreras

Escasez de información hidrológica por zonas geográficas del Estado. Escasez de equipos para realizar los estudios. Mala difusión de la información.

Costo total	2,377,422	MXN \$	Beneficio total	n/a	MXN \$
Costo/beneficio	n/a		VAN	n/a	MXN \$

6.2

Desarrollo de un programa estatal de monitoreo ambiental y sensibilización.

Sector AGUA

Objetivos

Aumentar el conocimiento y la valoración de la disponibilidad y calidad del agua dulce en las fuentes de abastecimiento para el consumo humano de Yucatán.
 Reducir el consumo de agua mediante el refuerzo institucional de las autoridades competentes en materia de aguas, especialmente a través del refuerzo institucional en la asistencia en la regulación y gestión de la demanda, así como en el establecimiento de mediciones y tarifas.

Descripción de las medidas

En esta medida se incluyen cuatro líneas de acción:
 -Monitoreo. Mediante el muestreo y análisis frecuente de la calidad del agua en el manto freático en las distintas zonas del Estado de Yucatán se tiene un mayor conocimiento del grado de contaminación del recurso hídrico y de cómo éste evoluciona con el tiempo.
 -Campañas de sensibilización. A través de planes de formación en colegios, centros públicos, asociaciones, etc., y campañas de divulgación anuales se pretende aumentar la concienciación general de los problemas a los que se enfrenta el recurso hídrico. Además, estos planes de formación y campañas de divulgación son un buen canal para transmitir a la población consejos prácticos sobre cómo contribuir a la conservación del recurso hídrico con medidas sencillas de ahorro de agua en los hogares, centros de trabajo, comercios y otros lugares.
 -Renovación de medidores. Consiste en el mantenimiento de los medidores de consumo hídrico en el Estado y en la sustitución de viejos equipos de medición por nuevos, consiguiéndose un conocimiento más preciso del consumo de agua, y detectándose dónde se encuentran los mayores consumos. Se estima una duración de seis años para esta línea de acción.
 -Estudio bianual para la regulación del consumo y la definición de tarifas. Se trata de un análisis conjunto del estado del recurso hídrico en Yucatán, sus regulaciones y tarifas, a partir del que se definen estrategias para optimizar la tarifas y regulaciones, maximizando de este modo el ahorro de agua y minimizando los gastos de consumo de agua de la población, el sector agropecuario y la industria.

Plazo de implementación

2014-2030

Impacto de las medidas

Gracias a la implementación de estas dos medidas, se espera un mayor conocimiento de los problemas de sobreexplotación y contaminación que sufren las fuentes de abastecimiento de agua dulce del Estado de Yucatán. Como consecuencia de lo anterior y de la regulación de la demanda, se espera una reducción del consumo de agua, particularmente doméstico, aunque también en el sector agropecuario y la industria. Esta reducción se podría traducir en un ahorro en los hogares, industrias y explotaciones agrarias.
 Además de lo anterior, la autoridad pública competente en materia de aguas vería reforzada su capacidad de control de la demanda y consumo de agua.
 Podría esperarse una muy leve mejora en la calidad del agua, debido a una mayor conciencia pública sobre la materia.

Posibles barreras

Las posibles barreras a las que se puede enfrentar la implementación de esta medida son las siguientes:
 -dificultad de sensibilización.
 -escasa respuesta a las campañas de divulgación y formación.
 -diseño inadecuado de red de muestreo.
 -rechazo social a posibles subidas de tarifas de agua.
 -elevada inversión.

Costo total	10,215,554	MXN \$	Beneficio total	n/a	MXN \$
Costo/beneficio	n/a		VAN	n/a	MXN \$

6.3 Implementación de un programa piloto con el uso de dispositivos de ahorro de agua

Sector AGUA

Objetivos

Reducir el consumo de agua doméstico de la población urbana de Yucatán.

Descripción de las medidas

Mérida, Valladolid y Kanasín son la población objetivo de esta medida, puesto que en ellas se concentra la gran mayoría de la población urbana yucateca. Durante tres años, en estos tres municipios se llevarán a cabo las siguientes acciones entre la población urbana:

- reparto de dispositivos de ahorro de agua de bajo Costo e instalación sencilla para su uso en los hogares, comercios y oficinas, optimizándose de este modo el consumo de agua.
- apoyo al mantenimiento de la infraestructura hidráulica doméstica, para evitar las pérdidas y fugas de agua que, si bien de modo individual no suponen un gran daño al recurso hídrico, todas juntas suponen un desperdicio notable del mismo.
- realización de campañas de uso eficiente del agua en los hogares, informando sobre buenas prácticas para reducir el consumo en actividades domésticas tales como el lavado de loza, ropa o el empleo de sanitarios. En estas campañas se deben mostrar los beneficios económicos de estas buenas prácticas, en términos de ahorro por hogar en gasto de consumo de agua.

Plazo de implementación

2014-2018

Impacto de las medidas

El principal impacto que se espera de estas medidas es la reducción del consumo urbano de agua en un 5%, en hipótesis conservadora (el Programa de Manejo Sustentable del Agua para la Ciudad de México estimaba para esta medida una reducción del consumo de un 10%). De acuerdo al estudio *Calidad química y bacteriológica del agua subterránea en el principal campo de pozos para el abastecimiento de Mérida, Yucatán, México*, el consumo urbano anual de agua en el Estado es de 76 millones de m³. Esto implica que el ahorro debido a un menor consumo sería de 7.6 millones de m³ anuales, que a una tarifa media de 4.5 pesos/m³, resultan en un ahorro ciudadano de 17.1 millones de pesos anuales.

Posibles barreras

Los posibles obstáculos y dificultades a que puede hacer frente la implementación de esta medida son:

- mal uso y deterioro de dispositivos de ahorro de agua.
- daño y poco mantenimiento a la red hidráulica.
- bajo interés de la población en el programa.
- elevada inversión necesaria.

Costo total	35,011,426	MXN \$	Beneficio total	94,643,393	MXN \$
Costo/beneficio	0.4		VAN	59,631,966.8	MXN \$

6.4

Implementación de un programa de promoción y entendimiento de la huella hídrica. Programa piloto en el sector hotelero del Estado.

Sector AGUA

Objetivos

Divulgación del concepto de huella hídrica y concienciación sobre la necesidad de ahorro de agua en un subsector de actividad económica.

Formación sobre prácticas de bajo consumo de agua.

Reducción del consumo de agua y, por tanto, de la explotación del manto freático.

Descripción de la medida

La medida consiste en la impartición de talleres a empleados del sector hotelero en los que se explique qué es la huella hídrica y algunas estrategias y buenas prácticas sencillas para reducir el consumo de agua en los hoteles del Estado. A estos talleres asistirá un empleado por hotel que, una vez recibida la formación, transmitirá la formación recibida sobre buenas prácticas a los demás empleados de su hotel.

Puesto que hay en el Estado 317 establecimientos hoteleros, serán 317 los asistentes a talleres. Los talleres se celebrarán a lo largo de los dos primeros años de implementación de la medida.

Por último, debe tenerse en cuenta que esta medida se enmarca en un conjunto de propuestas de acciones de ahorro de agua. Los talleres que aquí se proponen para el sector hotelero se pueden llevar a cabo para muchos otros sectores de actividad económica, aunque es cierto que el contenido de los mismos puede ser más complejo en algunos casos, como para una industria concreta, por ejemplo.

Plazo de implementación

2014-2017

Impacto de la medida

En primer lugar, se espera que la medida sensibilice a los empleados del sector y que aumente la concienciación de necesidad de ahorro de agua.

También se espera una reducción en el consumo de agua y la difusión de las buenas prácticas de reducción de consumo, tanto en el puesto de trabajo como en los hogares de los empleados en el sector.

Además de todo lo anterior, es de esperar un ahorro económico como consecuencia de la reducción del consumo de agua.

Posibles barreras

La implementación de esta medida se puede enfrentar a las siguientes barreras:

- mala comunicación de la información.
- bajo interés del personal hotelero.
- escaso seguimiento del programa.

Costo total	131,468	MXN \$	Beneficio total	n/a	MXN \$
Costo/beneficio	n/a		VAN	n/a	MXN \$

6.5

Programa piloto de recarga de acuífero con agua residual tratada.

Sector AGUA

Objetivos

Reducción de la generación de aguas residuales, minimización de los vertidos de aguas residuales, contribuir a la mejora de la calidad del agua del manto freático y combatir la sobreexplotación del mismo aumentando/recargando agua tratada en él.

Descripción de las medidas

Las aguas residuales cuentan con una elevada carga contaminante (de diversa naturaleza en función de su origen), por lo que necesitan ser tratadas para evitar que contaminen las reservas naturales de agua dulce. Esta medida consiste en la instalación piloto en una explotación ganadera de una infraestructura de tratamiento de aguas residuales generadas en la propia granja, así como un sistema de inyección del agua tratada en el manto freático.

En primer lugar se realiza un sencillo estudio sobre los acuíferos presentes en la zona, para diseñar y construir posteriormente la planta de tratamiento. Una vez realizada ésta, se construye el sistema de recarga de agua en el acuífero, para el que se practican un pozo de infiltración y otro de observación.

El sistema de tratamiento queda construido al segundo año de implementación de la medida, y el de recarga o infiltración se finaliza en el cuarto año. A partir de entonces, la infraestructura opera con normalidad, requiriendo del mantenimiento habitual en este tipo de tecnología.

Se pretende implementar la medida en una instalación de porcino sin tratamiento de aguas residuales y con una generación de 100 m³ diarios de aguas residuales (o en varias de tamaño intermedio que generen esta misma cantidad de agua residual).

Debe tenerse en cuenta que esta medida es extrapolable a cualquier otro tipo de instalación que genere aguas residuales, si bien su Costo varía en función de la cantidad y composición del agua a tratar, así como de la distancia a la que se encuentren los cursos de agua subterráneos más cercanos.

Plazo de implementación

2014-2019 (construcción y puesta en marcha de la instalación)
2019-2030 (operación y mantenimiento de la instalación)

Impacto de las medidas

Los efectos de esta medida son los siguientes:

- minimización de la generación de aguas residuales en origen.
- reducción de la contaminación del acuífero.
- aumento del volumen del agua en el manto freático.

Hay que destacar que se trata de un programa piloto, que demostraría los beneficios del tratamiento de este tipo de medidas, posibilitando una aplicación más amplia de las mismas y multiplicando los efectos beneficiosos de las mismas sobre el manto freático.

Posibles barreras

Los principales obstáculos a la implementación de esta medida pueden ser:

- oposición por parte del poricultor.
- costos elevados para concentrar las aguas tratadas de varias granjas para su recarga.
- desinterés del proveedor de la tecnología para instalar la prueba piloto.

Costo total	339,622	MXN \$	Beneficio total	n/a	MXN \$
Costo/beneficio	n/a		VAN	n/a	MXN \$

6.6

Programas piloto para la implantación de procesos de desalinización de agua marina.

Sector AGUA

Objetivos

Reducir la explotación del manto freático y contribuir a su conservación en el municipio de Progreso mediante el suministro de agua dulce proveniente de la desalinización de agua de mar.

Descripción de la medida

Esta medida consiste en el diseño, construcción y puesta en marcha de una planta desaladora de agua de mar en el municipio de Progreso, con una capacidad de tratamiento de 100 l/s, como una fuente más de suministro de agua dulce a la población del municipio. De este modo, se consigue una menor dependencia del municipio del agua del manto freático y se reduce la extracción de agua del mismo.

El diseño, construcción y puesta en marcha dura unos 5 años.

Plazo de implementación

2014-2020

Impacto de la medida

El principal impacto de una planta de estas características es la reducción de la extracción de agua del manto freático de 100 l/s en la zona costera, que es la zona en la que dicho manto se encuentra en peores condiciones y es donde más se sufre el fenómeno de intrusión salina en pozos.

Sin embargo, debe tenerse en cuenta que se trata de una infraestructura que genera impactos ambientales de diversa naturaleza, desde la afección a la vegetación y fauna marina en los puntos de toma, hasta la descarga de salmueras en el mar.

Posibles barreras

Las posibles barreras a las cuales podría enfrentarse la puesta en marcha de esta medida serían:

- rechazo social debido a sus impactos visuales y ambientales.
- elevado costo de inversión.

-usos y costumbres de los habitantes de Progreso.

Costo total	183,095,001	MXN \$	Beneficio total	n/a	MXN \$
Costo/beneficio	n/a		VAN	n/a	MXN \$

7.1

Desarrollo de planes de conservación y aumento de los espacios protegidos.

Sector BIODIVERSIDAD

Objetivos

Aumentar la superficie de ecosistemas y áreas naturales protegidas para mejorar su condición de partida frente a los efectos del cambio climático.

Descripción de las medidas

Las áreas protegidas ayudan a la conservación de ecosistemas, hábitats y refugios, además de proporcionar alimento, materia primas, y barreras de protección contra desastres naturales. Por ello, es importante fortalecer estos espacios en los mecanismos de adaptación al cambio climático. Para fomentar el aumento de estos espacios se plantean las siguientes acciones:

- Desarrollo de planes de conservación de la biodiversidad.
- Identificación y protección de los refugios naturales usados por las especies durante eventos extremos y conservación de los mismos.
- Consideración de los riesgos climáticos en la planificación y ordenación de los espacios protegidos.
- Recopilación y divulgación de prácticas de conservación de la biodiversidad.

Plazo de implementación

2014-2030

Impacto de la medidas

Fortalecimiento de los servicios ambientales.
Extracción de madera de forma sostenible.
Mejora de la situación o condición de partida frente a los futuros cambios en las variables climáticas.

Posibles barreras

Posibles problemas por la tenencia de las tierras.
Elevado Costo oportunidad.
Elevada inversión

Costo total	111,767,811 MXN \$	Beneficio total	n/a	MXN \$
Costo/beneficio	n/a	VAN	n/a	MXN \$

7.2

Desarrollo de corredores biológicos entre reservas y espacios naturales protegidos.

Sector BIODIVERSIDAD

Objetivos

Crear uniones entre las actuales áreas protegidas. En concreto se propone habilitar adecuadamente y proteger el 20% del corredor de Costa Norte de Yucatán, mejorando el estado ecológico del mismo.

Descripción de las medidas

En una primera fase se propone la creación o fortalecimiento del Corredor Mesoamericano de la costa norte de Yucatán. De esta forma se garantiza que el 20% de la superficie catalogada como corredor potencial obtenga unos niveles de conservación óptimos para garantizar los gradientes de conservación necesarios. Esta medida viene a reforzar el proyecto que se inició en el año 2001, financiado por el Banco Mundial, dónde se propuso establecer cinco corredores, en el denominado corredor biológico mesoamericano. Entre los indicadores principales para considerar una superficie como corredor biológico funcional son el aumento de la cobertura vegetal nativa y la disminución de la perturbación sobre las especies indicadoras.

De cara a ayudar a alcanzar los objetivos de este proyecto se proponen las siguientes acciones:

- Diseño y monitoreo del corredor biológico.
- Integración de los corredores en los programas de desarrollo.
- Uso sustentable de la biodiversidad.
- Administración y coordinación del corredor.

Plazo de implementación

2014-2030

Impacto de las medidas

Fortalecimiento de los servicios ambientales.

Extracción de madera y alimentos de forma sustentable.

Conectividad ecológica, biológica y genética

Fortalecimiento de las actividades culturales de la región.

Aumento de ecoturismo y etnoturismo.

Posibles barreras

Posibles problemas por la tenencia de las tierras.

Elevado costo de oportunidad.

Elevada inversión y beneficios indirectos.

Costo total	43,467,218 MXN \$	Beneficio total	1,602,292,187	MXN \$
Costo/beneficio	0.0	VAN	1,558,824,969	MXN \$

7.3

Fortalecimiento de la monitorización, control y evaluación de las amenazas a la biodiversidad, identificación especies indicadoras.

Sector BIODIVERSIDAD

Objetivos

Monitorización de los comportamientos y cambios de los principales ecosistemas, hábitats y especies del Estado, priorizando aquellas que se encuentren en riesgo o en situación vulnerable.

Descripción de las medidas

El monitoreo es la recolección sistemática de datos sobre el espacio y el tiempo, y debe basarse en un conjunto de principios rectores y criterios para asegurar la documentación efectiva y rigurosa de cambio. Sin sistemas de monitoreo robustos y objetivos, los cambios en los sistemas naturales seguirán siendo un enigma para los políticos, ya que no tendrán una idea clara de las consecuencias de las políticas ambientales que puedan adoptar. Por ello, es importante crear una red de conocimiento en materia de monitoreo de la biodiversidad que recopile todos los trabajos que se realizan en la región.

El monitoreo de la biodiversidad implica 3 actividades. la recolección de datos como los índices de abundancia en un región y durante un espacio temporal determinado, el análisis de los patrones espaciales y temporales de la biodiversidad, incluyendo el diagnóstico de las causas de las variaciones y por último, la elaboración de informes de evaluación de estado de tendencias orientados a los responsables políticos que han de tomar las decisiones pertinentes.

El monitoreo de la biodiversidad muchas veces presenta dos dificultades: la necesidad de mantener un esfuerzos sostenido de supervisión a través de los años para garantizar una colección relevante de series temporales y la necesidad de obtener datos precisos que permitan la detección de cambios espaciales y temporales. A estos problemas hay que añadir que habitualmente los recursos financieros para el monitoreo son limitados. Por ello, se presenta como una alternativa vigilancia basada en programas de voluntarios, tal y como se viene haciendo en Europa y en EEUU. Estos programas, a menudo equivocadamente considerados como poco profesionales, están coordinados por científicos y han demostrado ser muy efectivos en la recolección de datos temporales.

Gracias al fomento de estos programas y a la creación de una red que aglutine todos los resultados obtenidos, en el Estado de Yucatán se logrará generar un conocimiento muy valioso en materia de conservación de ecosistemas, hábitats y especies, además recopilar información acerca del comportamiento de las especies ante el cambio climático.

Entre las actividades prioritarias los programas deberán lograr:

- Monitorización y control de amenazas a la biodiversidad independientes del cambio climático .
- Evaluar la vulnerabilidad y estado de conservación de especies indicadoras.

Plazo de implementación

2014-2030

Impacto de las medidas

Fortalecimiento de los servicios ambientales.
Concienciación en materia de conservación.
Participación ciudadana.
Fortalecimiento de las actividades culturales de la región.
Aumento de ecoturismo y etnoturismo.

Posibles barreras

Implicatón de los voluntarios.
Coordinación global del programa que asegure su continuidad.
Coordinación entre la esfera científica y la política.

Costo total	1,145,115 MXN \$	Beneficio total	n/a	MXN \$
Costo/beneficio	n/a	VAN	n/a	MXN \$

7.4

Eradicación de especies invasoras y control de las mismas.

Sector BIODIVERSIDAD

Objetivos
Realizar un seguimiento de las principales especies invasoras del Estado de Yucatán.
Descripción de las medidas
<p>En el Estado de Yucatán actualmente se han determinado entre 20 y 30 especies invasoras (INE, 2009). Asimismo, es uno de los estados dónde mayores densidades de especies invasoras por km² existen, por lo que el monitoreo y control biológico se considera importante. Por otro lado, los cambios previstos en el clima prevén movimientos en la distribución de muchas especies, especialmente de herbáceas y marinas. Por ello, se considera importante planificar las posibles actuaciones de control y erradicación de especies invasoras que pongan en peligro la biodiversidad del Estado.</p> <p>Se propone para ello hacer un seguimiento de las especies alóctonas, monitorizando su comportamiento y distribución. Asimismo, en caso de que éstas se vuelvan invasoras por desplazar a especies autóctonas se planteará la posibilidad de erradicar dichos ejemplares.</p> <p>Al igual que en la anterior medida, las actividades de monitoreo, control y erradicación de las especies invasoras se podrían llevar a cabo a través de distintos programas de voluntariado, con el fin de ahorrar costos y concienciar con practicas directas en el campo.</p>

Plazo de implementación
2014-2030
Impacto de la medidas
<p>Concienciación ciudadana. Fortalecimiento de los servicios ambientales. Participación ciudadana. Concienciación en materia de conservación.</p>
Posibles barreras
<p>Elevada inversión. Beneficios indirectos que no permiten un retorno de la inversión. Falta de participación y voluntariado.</p>

Costo total	2,661,274 MXN \$	Beneficio total	n/a	MXN \$
Costo/beneficio	n/a	VAN	n/a	MXN \$

7.5

Capacitación, sensibilización y puesta en valor de la biodiversidad.

Sector BIODIVERSIDAD

Objetivo

Concienciar a los ciudadanos y a los turistas en materia de conservación de la biodiversidad.

Descripción de la medida

De forma transversal a las acciones planteadas anteriormente, se plantean el desarrollo de campañas de capacitación bianuales, para informar a la población acerca de la importancia de la conservación de la biodiversidad.

Se proponen para ello las siguientes acciones:

- El desarrollo y comunicación de material educativo sobre biodiversidad y cambio climático. Este material será difundido entre las comunidades y se acompañará de unas jornadas de capacitación.
- Fomento del ecoturismo, planificando nuevas rutas e implicando a las comunidades en la puesta en valor de los ecosistemas.

Plazo de implementación

2014-2030

Impacto de la medida

Concienciación ciudadana.

Fortalecimiento de los servicios ambientales.

Posibles barreras

Inaccesibilidad a algunas poblaciones.

Dificultad de cambios de hábitos en la población y en los turistas.

Costo total	110,739 MXN \$	Beneficio total	n/a	MXN \$
Costo/beneficio	n/a	VAN	n/a	MXN \$

8.1 Planificación adecuada de futuros asentamientos humanos

Sector ASENTAMIENTOS HUMANOS

Objetivo:

Minimizar el riesgo y vulnerabilidad de los asentamientos humanos ante los efectos ambientales naturales adversos en la zona costera.

Descripción de la medida

Elaborar planes de desarrollos habitacionales en función en zonas de baja vulnerabilidad y riesgo ante los efectos de las inundaciones por mareas de tormenta y erosión costera. Estos planes deberán de estar sustentados en estudios de riesgo y vulnerabilidad y de ordenamiento territorial. Esta medida ya ha sido plasmada en el documento base del plan de ordenamiento territorial costero del Yucatán (POETCY) publicado en el diario oficial del gobierno del estado de Yucatán en el 2007. En este plan se enfatiza la necesidad de la regulación de los asentamientos humanos con el fin de asegurar el patrimonio y la seguridad de los habitantes de la zona costera y al mismo garantizar el acceso a los recursos a dichos habitantes. Del mismo modo se enfatiza la necesidad de evitar la construcción de infraestructura que interfiera con la dinámica del transporte litoral o que modifiquen los cauces principales del flujo y reflujo de marea. De la misma manera se establece que no deberá de permitirse construcciones en zonas de acreción (terrenos ganados al mar).

La implementación de esta medida se sugirió desde la publicación del decreto del POETCY en el 2007. La aplicación de esta medida depende de las autoridades municipales de los municipios costeros. Sin embargo aun no existen indicadores que permitan dar seguimiento a la aplicación de esta medida. Su implementación debe de ser inmediata y de seguimiento continuo.

Plazo de implementación

2014-2030

Impacto de la medida

La planeación adecuada de los asentamientos humanos futuros minimizaría la vulnerabilidad y riesgo de los mismos antes los potenciales efectos del cambio climático en la zona costera. De la misma manera minimizaría los costos y el trabajo asociado a las medidas de mitigación.

Posibles barreras

Las principales barreras a la que tendría que hacer frente la puesta en marcha de esta medida serían las siguientes:
-la especulación de tierras en la zona costera.
-escaso conocimiento de la población sobre los efectos del cambio climático.

Costo total:	1,500,000 MXN \$	Beneficio total:	n/a	MXN \$
VAN	n/a	Costo/Beneficio	n/a	MXN \$

8.2

Manejo estratégico del recurso agua

Sector ASENTAMIENTOS HUMANOS

Objetivo: Asegurarla disponibilidad del recurso agua bajo el esquema de aprovechamiento sustentable

Asegurarla la disponibilidad del recurso agua bajo el esquema de aprovechamiento sustentable.

Descripción de la medida

El manejo estratégico del agua en la zona costera debe de basar su estrategia en el esquema de aprovechamiento sustentable de intensidad media y apoyada por el calculo de la capacidad de recarga del manto freático. El plan de ordenamiento territorial costero del estado de Yucatán, publicado en el diario oficial del estado de Yucatán en el 2007, establece que en base al principio de precautoriedad la extracción del agua en la zona costera para abastecer la infraestructura de vivienda, turística, comercial y de servicios se limite al criterio de extracción máxima de agua de hasta 16 l/seg con pozos ubicados a distancias mínimas de 500 m entre si. Esto siempre y cuando este sustentado con un estudio geohidrológico detallado del predio, y con la autorización y participación del consejo de cuenca del CNA.

La implementación de esta medida se sugirió desde la publicación del decreto del POETCY en el 2007. La aplicación de esta medida depende de las autoridades municipales de los municipios costeros. Sin embargo aun no existen indicadores que permitan dar seguimiento a la aplicación de esta medida. Su implementación debe de ser inmediata y de seguimiento continuo.

Plazo de implementación

2014-2030

Impacto de la medida

Conservación del recurso agua en la zona costera.

Posibles barreras

Desconocimiento, por parte de los usuarios, del estado actual de vulnerabilidad del recurso agua en la zona costera.

Costo total:	n/a	MXN \$	Beneficio total:	n/a	MXN \$
VAN	n/a		Costo/Beneficio	n/a	MXN \$

8.3

Acciones preventivas y de alerta temprana ante el impacto de eventos meteorológicos extremos

Sector ASENTAMIENTOS HUMANOS

Objetivo:

Reducir los daños causados por eventos meteorológicos extremos y otros desastres naturales en la población y las infraestructuras costeras mediante acciones preventivas y de alerta temprana.

Descripción de la medida

Dar continuidad y fortalecer las acciones preventivas y de alerta temprana implementados en el estado de Yucatán, que han sido publicadas en las siguientes normas:

-Decreto 123 (publicadas bajo el título de Ley de Protección Civil del Estado de Yucatán)

-Ley General de Protección Civil (publicada en el Diario Oficial de la Federación del 6 de Junio del 2012)

-Norma oficial Mexicana NOM-003-SEGOB-2011 "Señales y avisos para Protección Civil: colores, formas y símbolos a utilizar" (publicada en el Diario Oficial de la Federación del 23 de diciembre del 2011).

Estas acciones se aplican en todo el territorio del estado, de modo que Yucatán se sitúa como un estado líder en la prevención de desastres y solución de contingencias a nivel nacional, sin embargo se hace necesario dar continuidad y fortalecer estas medidas.

Plazo de implementación

2014-2030

Impacto de la medida

Minimizar los daños a las vidas humanas e infraestructura costera.

Posibles barreras

La resistencia de un sector de la población (cada vez menor) a acatar las alertas y las medidas preventivas.

Costo total:	1,500,000 MXN \$	Beneficio total:	n/a	MXN \$
VAN	n/a	Costo/Beneficio	n/a	MXN \$

8.4

Manejo integral ecosistémico de los sistemas lagunares

Sector ASENTAMIENTOS HUMANOS

Objetivo:

Preservar la función ecológica, biológica y de servicios ambientales que proveen los sistemas lagunares

Descripción de la medida

El manejo integral debe de las lagunas costeras deberá de estar basado en el uso y aprovechamiento sustentable de sus recursos. El plan de ordenamientos territorial costeros de Yucatán publicado en el diario oficial del estado de Yucatán en el 2007, establece que el aprovechamiento de los recursos de las lagunas costeras deberá ser bajo el esquema de subsistencia. Del mismo modo enfatiza que queda prohibido rellenar y almacenar basura en estos cuerpos de agua. Los dragados únicamente pueden ser permitidos para garantizar la hidrodinámica del sistema y en aquellos casos de restauración, mantenimientos, limpieza de canales y bocas que faciliten las actividades eoturísticas de bajo impacto y de pesca artesanal. Por otra parte la ley general de pesca y acuicultura, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 24 de julio de 2007, establece que es necesario fomentar, promover áreas de protección, restauración, rehabilitación y conservación de los ecosistemas costeros, lagunarios y de aguas interiores, en los términos establecidos en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente.

Las reglas de manejo integrado ya han sido establecidas en las diversas normas y leyes arriba enunciadas. Sin embargo la implementación de planes de manejo integral de estos cuerpos de agua aun no han sido establecidos. Exepción hecha con las lagunas coteras que se encuentran dentro de las areas naturales protegidas (Celestun, Dzilam, Ría Lagartos).

Plazo de implementación

2014-2030

Impacto de la medida

Garantizar total o parcialmente el desempeño del papel ecológico, biológico y de servicios ambientales de los sistemas lagunares.

Posibles barreras

El escaso conocimiento de la importancia en bienes y servicios que proveen las lagunas costeras para el bienestar humano. Esto se refleja en la resistencia (cada vez menor) de los pobladores aledaños a cumplir con la normatividad existente

Costo total:	1,500,000 MXN \$	Beneficio total:	n/a	MXN \$
VAN	n/a	Costo/Beneficio	n/a	MXN \$

8.5 Acciones de protección y/o recuperación de dunas costeras y humedales

Sector ASENTAMIENTOS HUMANOS

Objetivo:

Mantener la integridad y funcionalidad de las dunas costeras y humedales para asegurar la continuidad de los bienes y servicios que proveen dichos ecosistemas

Descripción de la medida

El plan de ordenamiento territorial costero del estado de Yucatán, publicado en el diario oficial del estado de Yucatán en el 2007, establece criterios de regulación ecológica para la protección de la duna costera. En el documento se establece que queda prohibido el desmonte, nivelación y cualquier afectación de la duna costera. De la misma manera se establece que en la construcción de accesos al mar se deben de utilizar andadores elevados sobre pilotes para no destruir la vegetación de la duna costera. También se establece la prohibición de la extracción de arena con excepción de las zonas de acumulación habilitadas como bancos de préstamo. En el caso de los humedales en especial de los manglares, la ley del equilibrio ecológico establece en su artículo 60 TER que queda prohibida la remoción, relleno, trasplante, poda o cualquier otra actividad que afecte de manera directa o indirecta al mangle. Esta prohibición va encaminada a evitar la afectación en la capacidad de carga natural del ecosistema.

Las medidas establecidas para la protección de la duna costera fueron establecidas desde el 2007 mediante el decreto del POETCY por el gobierno del estado. Sin embargo no existen indicadores o programas de seguimiento del cumplimiento de estas medidas. En el caso de la ley protección a manglares fue también implementada en el 2007, en este caso el cumplimiento de la ley ha sido vigilado de manera estricta por las autoridades. En ambos casos es necesario el seguimiento continuo de la aplicación de las medidas.

Plazo de implementación

2014-2030

Impacto de la medida

Contribución a la conservación de las dunas costeras y humedales, con las implicaciones que ello tiene en su desempeño de servicios ambientales, ecológicos y biológicos.

Posibles barreras

Desconocimiento de la ley para la protección de las duna costeras y humedales. Bajo valor de importancia de ambos ecosistemas como generadores de bienes y servicios.

Costo total:	1,500,000 MXN \$	Beneficio total:	n/a	MXN \$
VAN	n/a	Costo/Beneficio	n/a	MXN \$

8.6

Comunicación de riesgos futuros a la población de la zona costera por medio de programas educativos

Sector ASENTAMIENTOS HUMANOS

Objetivo:

Concienciar a la población sobre los riesgos futuros por efecto del cambio climático global.

Descripción de la medida

El programa educativo debe de estar regido por 3 ejes principales: 1) sensibilizar a la comunidad sobre las causas, implicaciones y riesgos del cambio climático para crear un sentido de responsabilidad social ; 2) Incluir el tema en el curriculum educativo formal y no formal desde las etapas iniciales de formación (primaria y secundaria); 3) Capacitación a los educadores para actualizar y reforzar sus conocimientos sobre el tema.

A pesar de que existen esfuerzos puntuales para abordar el tema en ciertos sectores educativos (principalmente en las escuelas particular) es necesaria la implementación de un programa institucional en educación básica. El plazo de implementación depende de alcanzar los consensos con la Secretaría de Educación Pública del Estado de Yucatán.

Plazo de implementación

2014-2030

Impacto de la medida

Mayor conciencia pública sobre los riesgos asociados al cambio climático en las zonas costeras.

Posibles barreras

Las principales barreras pueden ser las burocráticas asociadas a la implementación institucional de un programa de este tipo.

Costo total:	250,000 MXN \$	Beneficio total:	n/a	MXN \$
VAN	n/a	Costo/Beneficio	n/a	MXN \$

8.7 Relocalización de infraestructura y vivienda en zonas menos expuestas

Sector ASENTAMIENTOS HUMANOS

Objetivo:

Aplicar estrategias de adaptación ante los potenciales efectos del cambio climático

Descripción de la medida

La medida de relocalización debe de estar basados en estudios de riesgo y vulnerabilidad de la infraestructura. La infraestructura (turística, de comunicación, industrial, habitacional) que actualmente se encuentre en zonas de alta vulnerabilidad y riesgo deberán de ser localizadas a zonas menos expuestas.

Los estudios de vulnerabilidad y riesgo deben de iniciarse en el menor lapso posible. Se espera observar los primeros efectos de la elevación del nivel del mar, aumento de temperaturas en los siguientes 50 años. Dentro de este plazo es necesaria la implementación de esta medida.

Plazo de implementación

2014-2030

Impacto de la medida

Menor exposición de la población y las infraestructuras a los potenciales impactos del cambio climático en las zonas costeras.

Posibles barreras

Los altos costos asociados a la adaptación.

Costo total:	n/a	MXN \$	Beneficio total:	n/a	MXN \$
VAN	n/a		Costo/Beneficio	n/a	MXN \$

8.8

Implementación y uso de tecnologías para contrarrestar el efecto de la erosión de la línea de costa

Sector ASENTAMIENTOS HUMANOS

Objetivo:

Minimizar la erosión costera en la isla de barrera.

Descripción de la medida

La implementación de la medida debe de estar basada en estudios para identificar las características de los sitios afectados, los depósitos de arena en la superficie y en el fondo marino, las posibles áreas de riesgo para la construcción, así como la afectación a los pobladores de la región. Asimismo es necesario el análisis de las características oceanográficas del fondo del mar, las corrientes marinas, el transporte de arena a lo largo del litoral y su repercusión en la flora y fauna de la zona costera. Esta información permitirá establecer programas integral de recuperación y mantenimiento de playas.

La medida debería implementarse de forma inmediata, debido a que el problema de erosión costera es ya un problema palpable. La SEDUMA ha iniciado ya con un proyecto ejecutivo de esta índole.

Plazo de implementación

2014-2030

Impacto de la medida

Conservación de las funciones de la protección física y biológica de la isla de barrera ante los impactos potenciales del cambio climático en la misma.

Posibles barreras

Los costos asociados a la implementación del programa. La falta de capacidad tecnológica para la implementación de programas integrales de recuperación y mantenimiento de playas.

Costo total:	357,000,000 MXN \$	Beneficio total:	n/a	MXN \$
VAN	n/a	Costo/Beneficio	n/a	MXN \$

Anexo técnico II. Hipótesis técnicas.

En este anexo se especifican las hipótesis técnicas asumidas en el análisis de las diferentes opciones de adaptación identificadas, así como las fuentes de información consultadas.

Debido a las diferentes fuentes de información, las cantidades monetarias se aportan de acuerdo a la fuente de información original. Los símbolos usados para las diferentes divisas, y los tipos de cambios considerados, son los que se muestran en la siguiente tabla.

SÍMBOLO	DIVISA	TIPO DE CAMBIO
-	Dinar tunecino	1 dinar tunecino=8.845 pesos mexicanos
\$	Dólar americano	1 dólar americano=12.5 pesos mexicanos
€	Euro	1 euro=16.23 pesos mexicanos
£	Libra esterlina	1 libra esterlina=18.7 pesos mexicanos
MXN \$	Peso mexicano	

Sector agropecuario y forestal.

En el sector agropecuario y forestal las hipótesis sobre las cuales se basa el análisis de medidas de adaptación son las siguientes.

Medida 1.1. Adaptación de los sistemas tecnológicos a las prácticas de cultivo bajo las nuevas condiciones climáticas

VARIABLE	DATO	FUENTE DE INFORMACIÓN
VARIABLES TÉCNICAS		
Población objetivo (población del municipio de Tekax cuya fuente de sustento es el sector primario)	13,240 personas	INEGI, Plan Municipal de Desarrollo Sustentable del Municipio de Tekax.

VARIABLE	DATO	FUENTE DE INFORMACIÓN
VARIABLES ECONÓMICAS		
Creación y puesta en marcha de un centro de selección, producción y difusión de semillas de variedades de cultivo adaptadas	300,000 \$ (para una población de 11,414,000 personas)	Ministere d'Equipement et des Transports, Republique du Mali. <i>Programme d'Action National d'Adaptation aux Changements Climatiques</i> . 2007.
Mantenimiento del centro de selección, producción y difusión de semillas	150,000 MXN \$/año	Salario de un ingeniero civil. Observatorio Laboral. Secretaría del Trabajo y Previsión Social.
Realización de talleres con agricultores	7,939 £ (para una población de 3,500 personas)	Willenbockel, D. <i>A Cost-benefit Analysis of Practical Action's Livelihood-Centered Disaster Risk Reduction Project in Nepal</i> . 2011.

Debe tenerse en cuenta que esta medida ha sido diseñada para el municipio de Tekax. Al aplicarse en otras poblaciones, los costos de la medida podrían variar, siendo el tamaño de la población objetivo uno de los factores que influyen en dichos costos.

La idea de esta medida es que el centro de selección y producción de semillas pudiese proveer de semillas de variedades adaptadas a todo Yucatán, por lo que el costo asociado a la creación del mismo se estimaría de modo proporcional a la población de la entidad federativa.

Medida 1.2. Redistribución de áreas de cultivo para adaptarlas a las nuevas condiciones.

VARIABLE	DATO	FUENTE DE INFORMACIÓN
VARIABLES TÉCNICAS		
Población objetivo (población del municipio de Tizimín cuya fuente de sustento es el sector primario)	28,200 personas	INEGI, Plan Municipal de Desarrollo Sustentable del Municipio de Tizimín
Superficie de Tizimín	3,747 km ²	INEGI
VARIABLES ECONÓMICAS		
Estudio técnico de las características e idoneidad agronómicas del terreno y pruebas piloto	3,000,000 dinares tunecinos (para una superficie de 164,000 km ²)	République Tunisienne. <i>Portefeuille National d'Adaptation au Changement Climatique</i> . 2010.

La medida está diseñada para ser llevada a cabo en el municipio de Tizimín. Se asume que el coste y la dificultad del estudio y los proyectos piloto a llevar a cabo podrían variar en función de la superficie a estudiar.

1.3. Ajuste de la carga y del tipo de especie ganadera, en función de las nuevas condiciones (número de cabezas necesarias, disponibilidad de alimento y forraje), minimizando el gasto en épocas malas

VARIABLE	DATO	FUENTE DE INFORMACIÓN
VARIABLES TÉCNICAS		
Productores ganaderos en el municipio de Tuzcacab	250 productores	Plan Municipal de Desarrollo Sustentable del Municipio de Tuzcacab
VARIABLES ECONÓMICAS		
Realización de talleres con ganaderos	7,939 £ (para una población de 3,500 personas)	Willenbockel, D. <i>A Cost-benefit Analysis of Practical Action's Livelihood-Centered Disaster Risk Reduction Project in Nepal</i> . 2011.

Se asume, como hipótesis aproximada a la realidad, que cada de cada productor ganadero dependen, entre familiares y empleados, 4 personas, y con base en esta hipótesis se ha estimado que la población cuya fuente de sustento es la ganadería en el municipio (la población objetivo de esta medida) sería de 2,000 personas. Al mismo tiempo, se supone que el costo de la medida dependería del tamaño de la población objetivo.

1.4. Sistemas públicos de información temprana ante riesgos relacionados con la variabilidad climática, con la participación de productores agrícolas y ganaderos organizados

VARIABLE	DATO	FUENTE DE INFORMACIÓN
VARIABLES ECONÓMICAS		
Creación de un sistema público de información temprana	420,000 \$	National Environment Commission, Royal Government of Bhutan. <i>Bhutan National Adaptation Program of Action</i> .
Mantenimiento y gestión del sistema de información temprana	750,000 MXN \$/año	Salario de cinco ingenieros civiles. Observatorio Laboral. Secretaría del Trabajo y Previsión Social.

El precio de la creación del sistema de alerta temprana es el correspondiente a Bután, un país de una superficie similar a la de Yucatán, de modo que se estima que las diferencias de costo con un sistema igual para este estado serían mínimas. Para el mantenimiento y operación del sistema, se valora que podría ser necesaria una plantilla de 5 técnicos, cuyos salarios serían similares a los de un ingeniero civil.

1.5. Transferencia de tecnología e infraestructura con un sistema de riego más eficiente

VARIABLE	DATO	FUENTE DE INFORMACIÓN
VARIABLES TÉCNICAS		
Población cuya fuente de sustento es el sector primario en el municipio de Ticul	13,190 personas	INEGI, Plan Municipal de Desarrollo Sustentable del Municipio de Ticul
VARIABLES ECONÓMICAS		
Equipación de puntos de agua con energía solar fotovoltaica para sistemas pastorales y de riego	3,000,000 dinares tunecinos (para una población de 2,416,520 habitantes)	République Tunisienne. <i>Portefeuille National d'Adaptation au Changement Climatique</i> . 2010.
Mejoras técnicas de sistemas agrícolas en Nepal, incluyendo infraestructuras de riego	63,000 £ (para una población objetivo de 3,500 habitantes)	Willenbockel, D. <i>A Cost-benefit Analysis of Practical Action's Livelihood-Centered Disaster Risk Reduction Project in Nepal</i> . 2011.

La población objetivo que resultaría beneficiada sería la población cuya fuente de sustento es el sector primario en el municipio de Ticul. En la estimación del costo de esta medida, se asume que dependería del tamaño de la población objetivo, y que tendría un coste por unidad de población objetivo intermedio entre los indicados para Túnez y Nepal.

1.6. Fortalecer las organizaciones de productores agrícolas y ganaderos

VARIABLE	DATO	FUENTE DE INFORMACIÓN
VARIABLES TÉCNICAS		
Trabajadores del sector primario en los municipios de Akil y Oxcutzcab	2,320 empleados	INEGI, Plan Municipal de Desarrollo Sustentable de Akil y Plan Municipal de Desarrollo Sustentable de Oxcutzcab
VARIABLES ECONÓMICAS		
Realización de talleres con trabajadores del sector primario	7,939 £ (para una población de 3,500 personas)	Willenbockel, D. <i>A Cost-benefit Analysis of Practical Action's Livelihood-Centered Disaster Risk Reduction Project in Nepal</i> . 2011.

La población objetivo que resultaría beneficiada serían las familias de los productores del sector primario que asistirían a los talleres. En hipótesis conservadora, se estima que el tamaño medio de familia sería de 4 personas, de modo que la población beneficiada por esta medida ascendería a un total de 9,280 habitantes. El costo de la medida se ha estimado con base en el costo de los talleres realizados en Nepal, y dependería del tamaño de la población beneficiada por la medida.

1.7. Estructurar un mecanismo de aseguramiento para los pequeños productores agropecuarios

No ha sido posible constatar la existencia de valoraciones técnicas o económicas que permitan hacer cuantificaciones de los costos o beneficios de esta medida. Sin embargo, para mostrar el orden de magnitud de su posible costo, se puede indicar que el costo de un estudio de factibilidad y grados de cobertura de seguros de riesgos climáticos en Túnez asciende a 283,040 dólares americanos.

Industria, Comercio y Turismo.

Para casi todas las medidas del sector de la industria, comercio y turismo, excepto para la medida 2.3, no se ha podido constatar la existencia de datos o información que permitan una valoración completa y mínimamente precisa de sus costos y/o beneficios.

Medida 2.3. Establecimiento de las medidas obligatorias para la construcción de nuevas edificaciones que consideren la mayor intensidad de los vientos y otros factores climáticos

VARIABLE	DATO	FUENTE DE INFORMACIÓN
VARIABLES TÉCNICAS		
Superficie hogar/techos	73.8 m ²	Instituto del Fondo Nacional de la Vivienda para los Trabajadores
Altura de paredes	2.2 m	
Superficie paredes (m ²)	77.86 m ²	
Anchura aislamiento techo	3 cm	ECOFYS for EURIMA. <i>U-Values for better energy performance of buildings</i> . 2007
Anchura aislamiento paredes	2 cm	
Total dispositivos aire acondicionado Yucatán residencial	412,835	Gobierno del Estado de Yucatán, CICY. <i>Inventario de Gases de Efecto Invernadero de Yucatán</i> , 2005. 2012.
Ahorro logrado con aislamiento	11 kWh/m ²	ECOFYS for EURIMA. <i>U-Values for better energy performance of buildings</i> . 2007

VARIABLE	DATO	FUENTE DE INFORMACIÓN
VARIABLES ECONÓMICAS		
Precio electricidad	1.136 MXN \$/kWh	CFE. Región Sur. Tarifa intermedia
Coste aislamiento techo	13.44 MXN \$/cm/m ²	ECOFYS for EURIMA. <i>U-Values for better energy performance of buildings</i> . 2007
Coste aislamiento paredes	21 MXN \$/cm/m ²	
Coste de refuerzo estructural frente a huracanes de tejados, ventanas y puertas en la isla de Santa Lucía	15,920 \$/vivienda	Hochrainer-Stigler, S. et al. <i>The Costs and Benefits of Reducing Risk from Natural Hazards to Residential Structures in Developing Countries</i> . 2011.
Ratio beneficio/coste de aplicar refuerzos estructurales frente a huracanes en Florida	4	Florida Division of Emergency Management. <i>Wind Mitigation Booklet</i> . 2005.
Ratio beneficios descontados/coste descontados de aplicar refuerzos estructurales frente a huracanes en Santa Lucía	Valores entre 2.70 y 0.09	Hochrainer-Stigler, S. et al. <i>The Costs and Benefits of Reducing Risk from Natural Hazards to Residential Structures in Developing Countries</i> . 2011.

Se ha asumido que se lleva a cabo un aislamiento como el especificado en la tabla en el 10% de viviendas que disponen de aparatos de aire acondicionado en Yucatán, entre los años 2014 y 2030, siendo el beneficio obtenido el ahorro de consumo energético logrado gracias al aislamiento.

Por otra parte, se lleva a cabo el refuerzo estructural frente a huracanes de 10,000 viviendas en todo Yucatán, a lo largo de los 10 primeros años de implementación de la medida. Para la estimación del beneficio descontado debido a esta parte de la medida, se ha considerado una ratio beneficio/coste de 1.5, en hipótesis conservadora y tomando un valor intermedio entre los valores indicados para Florida y Santa Lucía.

Pesca.

En la valoración de los costos de las medidas orientadas al sector de la pesca se cuenta con las valoraciones de un experto local en materia de pesca y zonas costeras.

Salud.

En el sector de la salud, a diferencia de en los dos sectores anteriores, se ha podido contar con información para realizar estimaciones de costos y/o beneficios de la mayor parte de las medidas analizadas, tal como se puede ver a continuación.

Medida 4.1. Desarrollo de un sistema GIS para rastreo de los movimientos de vectores infecciosos que puedan verse potenciados por el cambio climático

VARIABLE	DATO	FUENTE DE INFORMACIÓN
VARIABLES TÉCNICAS		
Años de aplicación (en Túnez)	3 años	République Tunisienne. <i>Portefeuille National d'Adaptation au changement climatique</i> . 2010.
Superficie de Yucatán	39,524 km ²	INEGI
VARIABLES ECONÓMICAS		
Costo total de un sistema similar en Túnez	0.3 millones de dinares tunecinos (para una superficie de 164,000 km ²)	République Tunisienne. <i>Portefeuille National d'Adaptation au changement climatique</i> . 2010.

Se asume que el costo por unidad de superficie del sistema en Túnez, ideado para ser aplicado durante 3 años, permitiría dar un valor aproximado del costo anual del sistema para Yucatán.

Medida 4.2. Refuerzo en la vigilancia y el monitoreo para detección de factores influyentes en la salud

VARIABLE	DATO	FUENTE DE INFORMACIÓN
VARIABLES TÉCNICAS		
Años de aplicación (en Túnez)	3 años	République Tunisienne. <i>Portefeuille National d'Adaptation au changement climatique</i> . 2010.
Superficie de Yucatán	39,524 km ²	INEGI
VARIABLES ECONÓMICAS		
Costo total de un sistema similar en Túnez	0.4 millones de dinares tunecinos (para una superficie de 164,000 km ²)	République Tunisienne. <i>Portefeuille National d'Adaptation au changement climatique</i> . 2010.

Las hipótesis asumidas en esta medida para la estimación del costo de la medida serían similares a las de la medida anterior.

Debe tenerse en cuenta que, debido a que los sistemas de vigilancia varían ampliamente en cuanto a metodología, alcance y objetivos, las características que son importantes para un sistema pueden ser menos importantes para otros. Además, los esfuerzos para mejorar ciertos atributos, como la capacidad de detectar un evento de salud (sensibilidad), pueden empeorar otros, como la simplicidad o la oportunidad. Así, el éxito de un sistema de vigilancia estaría condicionado por su balance de características.

Por eso, en una evaluación rápida de sistemas de vigilancia, de cara a poner en marcha uno de ellos, se deben seleccionar cuidadosamente los atributos a medir con el objetivo de proporcionar información precisa, rápida, a bajo costo y con un formato simple, de utilidad a nivel local.

Medida 4.3. Sistema de alerta temprana para prevenir a la población sobre peligros sanitarios

VARIABLE	DATO	FUENTE DE INFORMACIÓN
VARIABLES ECONÓMICAS		
Creación de un sistema público de información temprana	420,000 \$	National Environment Commission, Royal Government of Bhutan. <i>Bhutan National Adaptation Program of Action</i> .
Mantenimiento y gestión del sistema de alerta temprana	750,000 MXN \$/año	Salario de cinco ingenieros civiles. Observatorio Laboral. Secretaría del Trabajo y Previsión Social.
Ratio beneficio-costo para sistemas de alerta temprana	35-40 (China) 70 (Mozambique)	Ebi, K.I., et al. <i>Heat watch/warning systems save lives. Estimated Costs and Benefits for Philadelphia 1995-98</i> . American Meteorological Society. 2003 Rogers, D., and Tsirkunov, V. <i>Cost and benefits of early warning systems</i> . The World Bank. 2011.

Se considera que el sistema de alerta temprana para la prevención de peligros sanitarios podría compartir su inversión inicial con el sistema de información temprana del sector agropecuario y forestal (de 420,000 dólares americanos, medida 1.4).

El mantenimiento y gestión del sistema de alerta temprana específico del sector de la salud podría ser equivalente al salario anual de 5 ingenieros civiles.

En cuanto a los beneficios derivados de la medida, se ha asumido una ratio beneficio-costo de 10, en hipótesis conservadora.

Medida 4.4. Mejora de sistemas de saneamiento

VARIABLE	DATO	FUENTE DE INFORMACIÓN
VARIABLES TÉCNICAS		
Porcentaje de población con acceso a agua potable en Yucatán	96%	
Porcentaje de población que dispone de servicio de alcantarillado en Yucatán	68%	INEGI
Población de Yucatán	1,955,577 habitantes	
VARIABLES ECONÓMICAS		
Costo medio de construcción por persona para la instalación de abastecimiento de agua	64.8 \$/persona	
Costo medio de construcción por persona atendida con instalaciones de saneamiento	100.6 \$/persona	Robinson, K., Infante, R. & Trelles, J. <i>Agua, Saneamiento, Salud y Desarrollo. Una visión desde América Latina y Caribe.</i> 2006.
Ratio beneficio-costos del acceso universal a sistemas regulados de abastecimiento de agua y saneamiento	4.9	

El objetivo de esta medida es dotar al 100% de la población yucateca de agua potable y servicio de alcantarillado. Los datos mostrados en la tabla anterior permitirían una valoración aproximada de los costos y beneficios de la medida.

Medida 4.5. Acciones de capacitación en materia de salud, higiene y cambio climático

VARIABLE	DATO	FUENTE DE INFORMACIÓN
VARIABLES ECONÓMICAS		
Costo de diseño, impresión y distribución de folletos divulgativos en las campañas	8,445 €/año	Valoración propia con base en costos de organización de jornadas de requerimientos técnicos similares
Costo de jornadas de capacitación	13,100 €/año	

Esta medida se implementaría mediante la celebración de campañas bianuales (de 20 jornadas de capacitación por campaña), en las que se repartiría el material divulgativo con la información.

Para la medida 4.6 (Constitución de un fondo financiero para atender emergencias de salud que se deriven de contingencias climáticas) no se ha podido constatar la existencia y disponibilidad de información que permita hacer una evaluación económica completa de sus costos y/o beneficios.

Medida 4.7. Intercambio de experiencias y conocimientos de medidas sanitarias de prevención ante cambios climáticos

VARIABLE	DATO	FUENTE DE INFORMACIÓN
VARIABLES ECONÓMICAS		
Realización de talleres con agricultores	7,939 £	Willenbockel, D. <i>A Cost-benefit Analysis of Practical Action's Livelihood-Centered Disaster Risk Reduction Project in Nepal</i> . 2011.

Para la valoración económica de esta medida, se ha asumido que el intercambio de experiencias y conocimientos se realizaría mediante talleres de expertos locales, nacionales y extranjeros, que se celebrarían una vez cada dos años. El costo de estos talleres se ha estimado como del 250% de los costos indicados en la tabla anterior, dado que se deberían costear ciertos gastos de organización, y que la preparación técnica del personal asistente a los mismos debería ser mayor que la de unos talleres para agricultores.

Asentamientos Humanos.

Para la realización del análisis económico de las medidas de adaptación del sector de los Asentamientos Humanos, no se ha podido contar con información que permitiese hacer estimaciones en todos los casos. Únicamente en las medidas 5.2 y 5.5 se han podido cuantificar costos y beneficios, tal como se muestra a continuación.

Medida 5.2. Promoción de infraestructura bioclimática en las áreas urbanas

VARIABLE	DATO	FUENTE DE INFORMACIÓN
VARIABLES TÉCNICAS		
Superficie urbana de Mérida	8.33 km ²	INEGI
Superficie urbana de Valladolid	0.71 km ²	

Superficie urbana de Tizimín	0.624 km ²	
Porcentaje de suelos que se sustituirán por asfalto	75%	
Porcentaje de suelos que se sustituirán por concreto o cemento	25%	Hipótesis asumida
VARIABLES ECONÓMICAS		
Costo de pintura de blanco de techos	127 MXN \$/m ²	
Costo de suelos de asfalto	107 MXN \$/m ²	Global Cool Cities Alliance y R20 Regions of Climate Action. <i>A Practical Guide to Cool Roofs and Cool Pavements</i> . 2012.
Costo de suelos de concreto o cemento	322 MXN \$/m ²	
Beneficio derivado de la renovación de techos y pavimentos	4.04 MXN \$/m ²	

En esta medida se busca que, para el 2030, en el 1% del centro de la superficie de las tres ciudades se puedan renovar o adaptar sus techos y pavimentos.

Hay que puntualizar que la instalación de cubiertas y/o paredes verdes no ha sido contemplada en el análisis económico de esta medida, y que éstas podrían incrementar notablemente los costos indicados.

Medida 5.5. Programa para la promoción de la captación de aguas de lluvia y alternativas para su reutilización

VARIABLE	DATO	FUENTE DE INFORMACIÓN
VARIABLES TÉCNICAS		
Demanda de agua	20 litros/persona y día	UNATSABAR. <i>Guía de diseño para la captación de agua de lluvia</i> . 2001.
Nº personas/hogar	4	INEGI
Coef. Escorrentía	80%	UNATSABAR. <i>Guía de diseño para la captación de agua de lluvia</i> . 2001.
Área techo	73.8 m ² /vivienda	Instituto del Fondo Nacional de la Vivienda para los Trabajadores
Población Yucatán	1,955,577 personas	INEGI
% población rural	16%	
Precipitación anual	1,050 mm/m ²	Valor promedio de la ciudad de Mérida
VARIABLES ECONÓMICAS		
Costo por techo	125 MXN \$/m ²	UNATSABAR. <i>Guía de diseño para la captación de agua de lluvia</i> . 2001.
Costo por reservorio	625 MXN \$/m ³	
Costo agua	4.5 MXN \$/m ³	JAPAY

Esta medida busca implantar sistemas de captación de agua de lluvia en hogares rurales en todo Yucatán, de modo que un 2.5% de los mismos cuenten con estos sistemas para el año 2030.

El beneficio logrado sería el ahorro ciudadano derivado de la implantación de estos sistemas, que permitirían el suministro de agua gratis al evitar, al menos parcialmente, la dependencia de la red pública de suministro y el pago de tarifas correspondientes.

Medida 5.6. Planes Municipales de Desarrollo Urbano

VARIABLE	DATO	FUENTE DE INFORMACIÓN
VARIABLES ECONÓMICAS		
Estudios previos y elaboración de un Plan de Ordenamiento Territorial Urbano, incluyendo un proyecto de inversión en infraestructura básica del área de expansión, así como talleres de consulta, validación y coordinación	61,000 \$	PNUMA, CATIE, MARENA, Alcaldía de Bluefields (Nicaragua). <i>Plan de Manejo Integrado. Sistema Operativo Microcuencas Miller Creek y Gunboat Creek, Bluefields, Nicaragua. 2005.</i>
Construcción y reubicación de viviendas situadas en zonas de alto riesgo	909,200 \$	
Puesta en marcha e implementación del Plan de Ordenamiento Territorial Urbano	5 años	

Con esta medida se propone un Plan Municipal de Desarrollo Urbano para una localidad de en torno a 55,000-60,000 habitantes, como podría ser Progreso.

Con base en los datos de la tabla anterior, del municipio de Bluefields, Nicaragua (de 55,000 habitantes), se han calculado los costos de elaboración e implementación de un plan rector de los usos del suelo en territorio urbano, de cara a minimizar los impactos de los eventos hidrometeorológicos extremos (huracanes, inundaciones, mareas de tormenta, etc.) Además, se ha asumido que la construcción y reubicación de viviendas situadas en zonas de alto riesgo tendría la mitad de costo que el mostrado en la tabla, dado que los riesgos para la vivienda en Nicaragua se deberían a deslaves y avenidas de agua, implicando un gasto en infraestructuras mayor que el que se podría requerir en Yucatán ante los eventos hidrometeorológicos extremos.

Se estima que los costos de elaboración e implementación de un Plan Municipal de Desarrollo Urbano podrían estar condicionados por el tamaño y población del municipio de que se trate, entre otros factores.

Al margen de lo anterior, hay que llamar la atención sobre el hecho de que la medida 5.4 (Incorporación de criterios sobre riesgos climáticos en la construcción de infraestructura urbana en las zonas costeras) consiste fundamentalmente en el desarrollo y aprobación de legislación por parte del Gobierno de Yucatán, lo cual es una de sus funciones, y no supondría la realización de una inversión económica por parte del mismo.

Agua.

En el análisis económico de las medidas de adaptación planteadas para el sector del agua, los datos sobre los cuales se basan las estimaciones son los que se muestran a continuación.

Medida 6.1. Creación de una base de datos hidrológicos y climáticos

VARIABLE	DATO	FUENTE DE INFORMACIÓN
VARIABLES TÉCNICAS		
Duración del montaje y puesta en marcha de la base de datos	2 años	Hipótesis asumida con base en experiencias propias de desarrollo y puesta en marcha de bases de datos
VARIABLES ECONÓMICAS		
Creación de una base de datos entomológica, captura de información, desarrollo de un SIG específico, refuerzo de equipos de estudio formación de personal	0.3 millones de dinares tunecinos	République Tunisienne. <i>Portefeuille National d'Adaptation au changement climatique</i> . 2010.
Costo de mantenimiento de la base de datos	20,000 \$ anuales	Hipótesis asumida dada la necesidad de toma de datos frecuente, actualización del SIG y otras necesidades

Para el cálculo del costo de esta medida se ha asumido que la creación de la base de datos hidrológicos y climáticos sería de un alcance algo menor que la ideada para Túnez, con un costo por unidad de superficie que se podría valorar como el 70% de la anterior. Al mismo tiempo, dado que la superficie de Yucatán es muy inferior a la de Túnez, se valora, en hipótesis conservadora, que el costo de la medida en Yucatán podría ser de la mitad de esta cantidad.

Medida 6.2. Desarrollo de un programa estatal de monitoreo ambiental y sensibilización

VARIABLE	DATO	FUENTE DE INFORMACIÓN
VARIABLES TÉCNICAS		
Cantidad de personas involucradas en el monitoreo ambiental y la sensibilización	100 personas/año	Hipótesis asumida para el diseño de la medida
Duración del programa de mantenimiento y renovación del parque de medidores	6 años	Gobierno del Distrito Federal, Secretaría del Medio Ambiente, Secretaría de Obras y Servicios, Sistema de Aguas de la Ciudad de México. <i>Programa de Manejo Sustentable del Agua para la Ciudad de México. 2007.</i>
VARIABLES ECONÓMICAS		
Costo de un programa de monitoreo de biodiversidad en toda Europa	4 millones de € (involucrando a 46,000 personas)	EuMon
Costo de mantenimiento y renovación del parque de medidores de consumo hídrico en México D.F.	450 millones de MXN \$	Gobierno del Distrito Federal, Secretaría del Medio Ambiente, Secretaría de Obras y Servicios, Sistema de Aguas de la Ciudad de México. <i>Programa de Manejo Sustentable del Agua para la Ciudad de México. 2007.</i>
Salario mensual de un ingeniero civil	12,500 MXN \$	Observatorio Laboral. Secretaría del Trabajo y Previsión Social.

Se asume que el costo de las líneas de acción de monitorización y sensibilización podría ser similar al costo de monitorización indicado en materia de biodiversidad, dependiendo del número de personas involucradas. El monitoreo ambiental y la sensibilización tendrían lugar todos los años.

Con respecto al costo de renovación y mantenimiento del parque de medidores de consumo hídrico, su valor aproximado se podría estimar como una octava parte del costo indicado en el Programa de Manejo Sustentable del Agua para la Ciudad de México, debido a que la población de Yucatán es notablemente inferior a la de dicha ciudad. Esta línea de acción duraría sólo los 6 primeros años de la medida.

El costo del estudio bianual para la regulación del consumo hídrico y la regulación de tarifas se valoraría como igual al salario mensual de un ingeniero civil.

Medida 6.3. Implementación de un programa piloto con el uso de dispositivos de ahorro de agua.

VARIABLE	DATO	FUENTE DE INFORMACIÓN
VARIABLES TÉCNICAS		
Población de México D.F.	8,851,000 personas	INEGI
Población de Mérida	830,732 personas	INEGI
Tarifa de consumo de agua	4.5 MXN \$/m ³	JAPAY
Consumo urbano anual de agua en Yucatán	76 millones de m ³	Cuevas, E., Pachecho, J., Cabrera, A., Coronado, V., Vázquez, J. y Comas, M. <i>Calidad química y bacteriológica del agua subterránea en el principal campo de pozos para el abastecimiento de Mérida, Yucatán, México. 2007.</i>
Duración del programa piloto de dispositivos de ahorro de agua y de la campaña de uso eficiente del agua en México D.F.	6 años	Gobierno del Distrito Federal, Secretaría del Medio Ambiente, Secretaría de Obras y Servicios, Sistema de Aguas de la Ciudad de México. <i>Programa de Manejo Sustentable del Agua para la Ciudad de México. 2007.</i>
Reducción esperada en el consumo de agua gracias a los dispositivos de ahorro y a la campaña de uso eficiente	10%	
VARIABLES ECONÓMICAS		
Costo de un programa piloto de dispositivos de ahorro de agua en México D.F.	250 millones de MXN \$	Gobierno del Distrito Federal, Secretaría del Medio Ambiente, Secretaría de Obras y Servicios, Sistema de Aguas de la Ciudad de México. <i>Programa de Manejo Sustentable del Agua para la Ciudad de México. 2007.</i>
Costo de una campaña de uso eficiente del agua en México D.F.	200 millones de MXN \$	

Se estima que los costos de esta medida serían similares a los indicados anteriormente, variando según el tamaño de la población objetivo. La población objetivo sobre la cual se aplicarían estas medidas sería la de la ciudad de Mérida. Se estima que la medida, en lugar de aplicarse a lo largo de 6 años, como en México D.F., se aplicaría en 3 años.

Los beneficios esperados de esta medida serían los derivados de un ahorro de consumo ciudadano de agua del 5% (se tomaría este porcentaje, en lugar del 10% indicado para México D.F., en hipótesis conservadora).

Medida 6.4. Implementación de un programa de promoción y entendimiento de la huella hídrica. Programa piloto en el sector hotelero del Estado.

VARIABLE	DATO	FUENTE DE INFORMACIÓN
VARIABLES TÉCNICAS		
Cantidad de establecimientos hoteleros en Yucatán	371	INEGI
VARIABLES ECONÓMICAS		
Coste de talleres de capacitación	7,939 £ (para una población objetivo de 3,500 habitantes)	Willenbockel, D. <i>A Cost-benefit Analysis of Practical Action's Livelihood-Centered Disaster Risk Reduction Project in Nepal</i> . 2011.

En esta medida se celebrarían talleres de promoción y entendimiento de la huella hídrica, a los que se pretende que asistiese un empleado por cada establecimiento hotelero de Yucatán. Estos talleres se celebrarían durante los dos primeros años, y se valora que tendrían un costo similar al indicado para los talleres de capacitación, dependiendo del número de asistentes. Se estima que el número de asistentes a dichos talleres podría haber sido de 700 personas, asumiendo que, de la población objetivo de 3,500 habitantes, asistiría a los mismos una persona por familia, con un tamaño medio de familia de 5 personas).

Medida 6.5. Programa piloto de recarga de acuífero con agua residual tratada

VARIABLE	DATO	FUENTE DE INFORMACIÓN
VARIABLES TÉCNICAS		
Generación de aguas residuales por el ganado porcino	32.5 l/día/cabeza	Drucker, A., Escalante, R., Gómez, V., Magaña, S. <i>La industria porcina en Yucatán: un análisis de la generación de aguas residuales</i> . 2001.
Duración de la construcción y puesta en marcha del sistema de tratamiento de aguas residuales y recarga de acuífero	6 años	Gobierno del Distrito Federal, Secretaría del Medio Ambiente, Secretaría de Obras y Servicios, Sistema de Aguas de la Ciudad de México. <i>Programa de Manejo Sustentable del Agua para la Ciudad de México</i> . 2007.

VARIABLE	DATO	FUENTE DE INFORMACIÓN
VARIABLES ECONÓMICAS		
Costo de construcción de planta de tratamiento	4,170 millones de MXN \$ (para una capacidad de tratamiento de 40 m ³ /s)	Gobierno del Distrito Federal, Secretaría del Medio Ambiente, Secretaría de Obras y Servicios, Sistema de Aguas de la Ciudad de México.
Costo de un sistema de recarga de acuífero con agua residual tratada	544 millones de MXN \$ (para una capacidad de recarga de 2,500 l/s)	<i>Programa de Manejo Sustentable del Agua para la Ciudad de México. 2007.</i>
Salario mensual de un ingeniero civil	12,500 MXN \$	Observatorio Laboral. Secretaría del Trabajo y Previsión Social.

El objetivo de esta medida sería tratar y recargar 100 m³ diarios de agua residual generada en granjas de porcino, lo cual correspondería a 3,077 cabezas de ganado porcino.

Se asume que los costos variarían en función del caudal a tratar y recargar en el acuífero, siendo similares a los costos indicados en la tabla anterior. Se estima que el montaje y puesta en marcha de las instalaciones e infraestructuras necesarias, más sencillo que en el caso de México D.F., duraría unos 4 años, en hipótesis conservadora.

Los costos anuales de operación y mantenimiento de las instalaciones se podrían estimar como la mitad del salario mensual de un ingeniero civil.

Medida 6.6. Programas piloto para la implantación de procesos de desalinización de agua marina

VARIABLE	DATO	FUENTE DE INFORMACIÓN
VARIABLES ECONÓMICAS		
Costo de una planta de desalinización de agua de mar en Ensenada	48.3 millones de \$ (para una capacidad de 250 l/s)	North America Development Bank, BECC, COCEF. <i>Propuesta de certificación y financiamiento. Planta desaladora. Ensenada, Baja California. 2012.</i>

Los costos de la planta se variarían con su capacidad de tratamiento (en la medida propuesta en este documento la capacidad de tratamiento sería de 100 l/s).

La construcción y puesta en marcha de la planta tendría una duración de 5 años, como en el caso de la planta de Ensenada.

Biodiversidad.

Los datos de base sobre los cuales se realiza el análisis de las medidas de adaptación propuestas para este sector son los siguientes.

Medida 7.1. Desarrollo de planes de conservación y aumento de los espacios protegidos

VARIABLE	DATO	FUENTE DE INFORMACIÓN
VARIABLES TÉCNICAS		
Superficie de Yucatán	3,952,400 ha	INEGI
Superficie protegida en Yucatán	445,108 ha	Semarnat. <i>El ambiente en números</i> . 2010.
VARIABLES ECONÓMICAS		
Costo de inversión requerido para una Unidad de Manejo Forestal	15 \$/ha	Banco Mundial. <i>México: Estudio sobre la disminución de emisiones de carbono</i> . 2009.
Costo de operación y mantenimiento de una Unidad de Manejo Forestal	36.50 \$/ha	

En la actualidad la superficie protegida en Yucatán sólo cubre el 11.26% del territorio de la entidad. El objetivo de esta medida sería alcanzar el 12% del territorio bajo alguna figura legal de protección. En base a los costos indicados, se estimaría la inversión requerida para proteger toda la superficie necesaria para alcanzar ese 12% en el primer año de la medida, así como los costos de mantenimiento de esta nueva superficie protegida todos los años de aplicación de la medida.

Medida 7.2. Desarrollo de corredores biológicos entre reservas y espacios naturales protegidos.

VARIABLE	DATO	FUENTE DE INFORMACIÓN
VARIABLES TÉCNICAS		
20% de la superficie del corredor mesoamericano en Yucatán	24,500 ha	Banco Mundial
VARIABLES ECONÓMICAS		
Costo de inversión requerido para la conservación óptima del corredor biológico	75.59 \$/ha	Naidoo, R., Ricketts, T.H. <i>Mapping the economic costs and benefits of conservation</i> . 2006.
Costo de operación y mantenimiento de una Unidad de Manejo Forestal	36.50 \$/ha	Banco Mundial. <i>México: Estudio sobre la disminución de emisiones de carbono</i> . 2009.
Ratio de beneficios obtenidos	23.8	

VARIABLE	DATO	FUENTE DE INFORMACIÓN
respecto al costo de inversión		

En la presente medida se iría mejorando la conservación de parte de la superficie del corredor mesoamericano en Yucatán, hasta que alcanzase, en 2030, un 20% de la superficie con un grado de conservación óptima. La superficie en la que se mejoraría la conservación todos los años sería la misma, y en base a los costos y ratio de beneficios indicados podría obtenerse una valoración aproximada de los costos y beneficios de la medida.

Medida 7.3. Fortalecimiento de la monitorización, control y evaluación de las amenazas a la biodiversidad, identificación especies indicadoras

VARIABLE	DATO	FUENTE DE INFORMACIÓN
VARIABLES ECONÓMICAS		
Costo anual de un programa de monitoreo de biodiversidad en toda Europa	4 millones de € (involucrando a 46,000 personas)	EuMon

Se estima que el costo de esta medida podría depender del costo por persona involucrada en la monitorización. En Yucatán, se contaría con 100 personas involucradas en la monitorización de la biodiversidad.

Medida 7.4. Erradicación de especies invasoras y control de las mismas.

VARIABLE	DATO	FUENTE DE INFORMACIÓN
VARIABLES TÉCNICAS		
Superficie protegida en Yucatán	445,108 ha	Semarnat. <i>El ambiente en números</i> . 2010.
VARIABLES ECONÓMICAS		
Costo de erradicación de especies invasoras en las Islas Galápagos	417,579 MXN \$ (para una superficie de 41,194 ha)	Control de Especies Invasoras del Archipiélago de las Galápagos. Ministerio del Ambiente de Ecuador.

En esta medida se iría actuando, a lo largo de todos los años de duración de la misma, sobre extensiones de espacios protegidos de la misma área, pudiendo conseguirse al final la erradicación de especies invasoras de un 10% de la superficie protegida. Con

base en los costos de la tabla correspondiente a la medida 7.2, se podría obtener una valoración aproximada de los costos de la medida.

Medida 7.5. Capacitación, sensibilización y puesta en valor de la biodiversidad

VARIABLE	DATO	FUENTE DE INFORMACIÓN
VARIABLES ECONÓMICAS		
Costo de las guías bianuales	8,445 €	Valoración propia con base en costos de organización de jornadas y realización de guías con requerimientos técnicos similares
Costo de la capacitación (campañas bianuales de 20 jornadas)	13,100 €	
Costo estudio para identificar las tendencias turísticas y inventariar los recursos relevantes en Yucatán	20,000 €	Valoración propia con base en costos de realización de estudios con requerimientos técnicos similares

En esta medida se realizaría un estudio estudio en el primer año únicamente, y se elaborarían las guías y se llevarían a cabo los talleres cada dos años.

Zonas costeras.

En la valoración de los costos de las medidas orientadas al sector de las zonas costeras se cuenta con las valoraciones de un experto local en materia de pesca y zonas costeras.