REPORTE FINAL

Puerto de Manzanillo: Gestión de Riesgos Climáticos

Septiembre 2015

BID
Mejorando vidas

SCT
SECRETARÍA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES

ESTADOS UNIDOS MEXICANOS

MANZANILLO
COORDINACIÓN GENERAL DE PUERTOS Y MARINA MERCANTE

Copyright © 2015 Banco Interamericano de Desarrollo. Esta obra se encuentra sujeta a una licencia Creative Commons IGO 3.0 Reconocimiento-N°Comercial-SinObrasDerivadas (CC-IGO 3.0 BY-NC-ND) (http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/igolegalcode) y puede ser reproducida para cualquier uso no-comercial otorgando crédito al BID. No se permiten obras derivadas.

Cualquier disputa relacionada con el uso de las obras del BID que no pueda resolverse amistosamente se someterá a arbitraje de conformidad con las reglas de la CNUDMI (UNCITRAL). El uso del nombre del BID para cualquier fin distinto al reconocimiento respectivo y el uso del logotipo del BID, no están autorizados por esta licencia CC-IGO y requieren de un acuerdo de licencia adicional.

Note que el enlace URL incluye términos y condicionales adicionales de esta licencia.

Las opiniones expresadas en esta publicación son de los autores y no necesariamente reflejan el punto de vista del Banco Interamericano de Desarrollo, de su Directorio Ejecutivo ni de los países que representa.

Catalogación en la fuente proporcionada por la Biblioteca Felipe Herrera del Banco Interamericano de Desarrollo

Puerto de Manzanillo: gestión de riesgos climáticos / Richenda Connell, Laura Canevari, Chris

Coleby, Stewart Wright, John N. Robertson, Will Morgan, Antonio Cerezo, Alvaro Rivero, Guadalupe Ugarte, Robert Larson, Christopher Carr, Richard Washington, Eduardo Saucedo, Efrén Ramírez, Marcelo Olivera, Austin Becker, Joana Pascual, Melissa Barandiarán, Gmelina Ramírez, Amado Crotte, Ernesto Monter Flores, Juan-Pablo Martínez-Molina.

p. cm. — (Monografía del BID ; 434)

Incluye referencias bibliográficas.

1. Harbors-Environmental aspects-Mexico.

2. Coastal zone management-Mexico.

3. Climatic changes-Risk management-Mexico. I. Connell, Richenda. II. Canevari, Laura. III. Coleby, Chris. IV. Wright, Stewart. V. Robertson, John N. VI. Morgan, Will. VII. Cerezo, Antonio. VIII. Rivero, Alvaro. IX. Ugarte, Guadalupe. X. Larson, Robert. XI. Carr, Christopher. XII. Washington, Richard. XIII. Saucedo, Eduardo. XIV. Ramírez, Efrén. XV. Olivera, Marcelo. XVI. Becker, Austin. XVII. Pascual, Joana. XVIII. Barandiarán, Melissa. XIX. Ramírez, Gmelina. XX. Crotte, Amado. XXI. Monter Flores, Ernesto. XXII. Martínez-Molina, Juan-Pablo. XXIII. Banco Interamericano de Desarrollo. División de Transporte. XXIV. Serie.

IDB-MG-434

Palabras Clave: Cambio Climático, México, puertos, adaptación, Manzanillo, transporte, sostenibilidad.

Códigos Jel: Q54, R40, R42, Q56

REPORTE FINAL

Puerto de Manzanillo: Gestión de Riesgos Climáticos

Septiembre 2015

Manzanillo, México

CONSULTORIA TECNICA, S.C.

WorleyParsons

ACCLIMATISE

BID
Mejorando vidas

SCT
SECRETARÍA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES

ESTADOS UNIDOS MEXICANOS

MANZANILLO
COORDINACIÓN GENERAL DE PUERTOS Y MARINA MERCANTE

© 2015, Banco Interamericano de Desarrollo

ELABORADO POR

Richenda Connell y Laura Canevari, Acclimatise Group Limited; Chris Coleby, Stewart Wright, John N. Robertson, Will Morgan, Antonio Cerezo, Alvaro Rivero, Guadalupe Ugarte, Robert Larson y Christopher Carr, WorleyParsons; Richard Washington, Universidad de Oxford; Eduardo Saucedo y Efrén Ramírez, Consultoría Técnica; Marcelo Olivera, Universidad Autónoma Metropolitana; Austin Becker, Universidad de Rhode Island.

Agradecemos a los miembros del equipo del Banco Interamericano de Desarrollo Joana Pascual, Melissa Barandiarán, Gmelina Ramírez, Amado Crotte, Ernesto Monter Flores y Juan-Pablo Martínez-Molina por todas las contribuciones y comentarios que han aportado durante la elaboración de este documento.

Los autores de este reporte desean agradecer a la API de Manzanillo todo su apoyo y colaboración durante la elaboración de este estudio, especialmente a Rosa Aurora Quiroz Dahas, Alejandro Abundis Santamaría, Roberto López Ceballos, Zayda Armenta, Berenice López, Juan Manuel de los Santos, Juan Carlos Córdova Estrada y Francisco Santana Roldán.

Este estudio fue realizado con el apoyo de la Corporación Financiera Internacional (CFI). El líder técnico del mismo fue Vladimir Stenek, CFI, Grupo Banco Mundial

Así mismo, los autores desean agradecer a las siguientes entidades por sus contribuciones:

Comunidad portuaria: APASCO, CEMEX, CONTECON, FRIMAN, GRANELERA, HAZESA, LA JUNTA, MARFRIGO, MULTIMODAL, OCUPA, PEMEX, SSA, TIMSA, USG, Capitanía de Puerto, Ayuntamiento de Manzanillo, FERROMEX.

Estado de Colima: Instituto para el Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable del Estado de Colima (IMADES), Centro Universitario de Gestión Ambiental (CEUGEA, Universidad de Colima), Secretaría de Desarrollo Urbano del Estado de Colima,

Entidades del Gobierno Federal: Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED), Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC), Instituto Mexicano del Transporte (IMT), Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT), Secretaría de Marina (SEMAR), Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), y Secretaría de Turismo (SECTUR).

DISEÑADO POR

Ana Dorado Infodesign

DERECHOS Y PERMISOS

El material en esta publicación está sujeto a los derechos de autor. Se permite la cita, copia y/o reproducción de cualquier fragmento o de la totalidad de la presente publicación siempre que se mencione su referencia.

La publicación de este informe fue posible gracias al apoyo financiero provisto por el Fondo de Infraestructura (Infrafund) del BID.

Prólogo

Mensaje del Vicepresidente interino del Sector Privado y Operaciones sin Garantía Soberana del Banco Interamericano de Desarrollo

Hans U. Schulz

Los puertos marítimos están localizados en zonas costeras susceptibles a los impactos del cambio climático. En el año 2050, según nuestras estimaciones, el aumento del nivel del mar, el incremento de temperatura y los cambios en el régimen de precipitaciones se traducirán en un costo anual de aproximadamente 2-4% del PIB de América Latina y el Caribe ("ALC")[1]. El cambio climático ya ha empezado a alterar la disponibilidad de recursos, la oferta y demanda de productos y servicios, el desempeño de activos físicos, lo cual hace urgente fortalecer las prioridades en políticas públicas sobre cambio climático. De no considerar al cambio climático en las estrategias de inversión pueden verse afectados los rendimientos financieros, además de la gestión de riesgos no financieros tales como el desarrollo económico, y los asuntos ambientales y sociales. Estimamos que los 340 fenómenos meteorológicos extremos observados en el período 2007-2012 en ALC dejaron un saldo de casi 8.000 muertos, afectaron a más de 37 millones de personas y conllevaron pérdidas económicas de más de US$32.000 millones. Las personas de bajos ingresos y las mujeres son desproporcionadamente afectadas por el cambio climático.

Más del 80 por ciento de los bienes comercializados en todo el mundo son transportados por vía marítima. Los puertos de los países en desarrollo manejan más del 40 por ciento del total del tráfico de contenedores, del cual una parte importante se refiere a la exportación de bienes producidos en dichos países[2]. El sector de transporte e infraestructura marítima es fundamental para el crecimiento del comercio en la mayoría de ALC. La región contabiliza 41.8 millones de TEUs, alrededor del 7% del total mundial[3]. Dentro de América Latina, México representa el 10.23 por ciento del tráfico portuario total o el tercer lugar.

Siendo México un centro de operaciones neurálgico para la cadena logística de suministro en ALC, es fundamental llevar a cabo una evaluación ex-ante, en colaboración con los proveedores logísticos clave y/o los gobiernos locales para hacer frente a la vulnerabilidad al cambio climático. Así, al tiempo que los puertos en México podrían verse afectados por el cambio climático a nivel local, los cambios en la cadena de suministro y la infraestructura local puede crear perturbaciones adicionales que requieren trabajar conjuntamente en una estrategia de gestión de riesgo y adaptación al cambio climático más amplia.

Concretamente, en el caso del Puerto de Manzanillo, la evaluación de riesgos al cambio climático efectuada mostró que aspectos del rendimiento son propensos a verse afectados de manera significativa por el cambio climático, si no se toman medidas, en concreto: (i) el aumento en la intensidad de las lluvias provocará una mayor inundación de aguas superficiales de las conexiones internas por carretera y ferrocarril de acceso al puerto; (ii) el aumento de la sedimentación en la cuenca del puerto obligará a reducir el calado de los buques y el acceso a la terminal, debido a la mayor intensidad en las lluvias; y (iii) el aumento en la intensidad de las lluvias causará un aumento de daños a la infraestructura y el equipamiento debido a las inundaciones.

El objetivo de este estudio es analizar con detalle los riesgos y las oportunidades relacionados con el clima que enfrenta el Puerto de Manzanillo en México. El informe también ofrece un Plan de Adaptación para el Puerto. El Puerto de Manzanillo se convierte una vez más en pionero, al ser el primer estudio de gestión de riesgos climáticos que se realiza para un puerto en su totalidad en ALC.

1. El Cambio Climático y el BID: Creación de Resiliencia y Reducción de Emisiones. Noviembre de 2014 –Banco Interamericano de Desarrollo (BID) http://publications.iadb.org/bitstream/handle/11319/6692/CC_SpanishBRIK.pdf?sequence=2.

2. Climate Risk and Business: Ports, Terminal Marítimo Muelles el Bosque –Corporación Financiera Internacional (CFI), Grupo Banco Mundial. http://www.ifc.org/wps/wcm/connect/topics_ext_content/ifc_external_corporate_site/cb_home/publications/climaterisk_ports.

3. De acuerdo con una estadística sobre transporte de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) de las Naciones Unidas (ONU) **http://www.cepal.org/cgi-bin/getProd.asp?xml=/perfil/noticias/noticias/1/53131/P53131.xml&xsl=/perfil/tpl-i/p1f.xsl&base=/perfil/tpl/top-bottom.xsl.**

Mensaje del Director General de la Administración Portuaria Integral de Manzanillo

Vicealmirante Jorge Rubén Bustos Espino

Me complace comunicar que para la Administración Portuaria Integral de Manzanillo, S.A. de C.V. haber participado en el estudio: Puerto de Manzanillo: Gestión de Riesgos Climáticos en conjunto con el Banco Interamericano de Desarrollo, fortalece los objetivos y acciones establecidos en el Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018 para enfrentar los efectos adversos del Cambio Climático.

El contenido de este estudio, sin duda servirá de guía para determinar prioridades y programas con el fin de alentar prácticas de adaptación y de mitigación destinadas a reducir las emisiones de Gases de Efecto Invernadero, con procesos más sustentables y amigables con el medio ambiente en la Comunidad Portuaria de Manzanillo.

Nos comprometemos a incluir este estudio como parte de la estrategia, planes y las acciones cotidianas de nuestro desempeño.

Nuestro agradecimiento a todas las Instituciones, Dependencias Federales, Estatales y Municipales, Terminales y Prestadores de Servicios Portuarios que hicieron posible este estudio, primero en su tipo para un Puerto Mexicano, quienes de manera generosa y transparente compartieron información, experiencia y buenas prácticas en la utilización de sistemas y tecnologías orientados a una operación con bajas emisiones de carbono.

Índice

1. Objetivos del estudio, enfoque y resultados principales **15**

1.1. Objetivos del estudio 16

1.2. Introducción al Puerto de Manzanillo 19

1.3. Resumen de otros puertos principales en México 24

1.4. Marcos de política de adaptación al cambio climático y otros marcos de política portuaria a nivel Federal, Estatal y Municipal 25

1.5. Enfoque metodológico 32

1.6. Riesgos prioritarios, oportunidades y acciones de adaptación al cambio climático para el Puerto de Manzanillo 42

1.7. Plan de Adaptación para el Puerto de Manzanillo 50

2. Condiciones climáticas, hidrólogicas y oceanográficas actuales y en el futuro **53**

2.1. Clima 55

2.2. Hidrología 76

2.3. Oceanografía 83

3. Riesgos climáticos, oportunidades y evaluación de adaptación para el puerto de Manzanillo **91**

3.1. Almacenamiento de bienes 93

3.2. Manejo de bienes 100

3.3. Daños al equipo del puerto 123

3.4. Implicaciones de los impactos de cambio climático en los costos de mantenimiento 128

3.5. Servicios portuarios 140

3.6. Rutas de comercio 146

3.7. Aspectos ambientales 165

3.8. Aspectos sociales 176

3.9. Patrones de consumo y demanda 185

3.10. Competencia con otros puertos 211

3.11. Efectos de acuerdos/compromisos nacionales e internacionales para reducir emisiones de gas efecto invernadero (GEI) 218

3.12. Implicaciones de la evolución futura del mercado asegurador 220

3.13. Resumen de evaluación de riesgos 228

4. Resumen financiero y económico 239

4.1. Costos generados por los impactos climáticos 240

4.2. Análisis de efectividad del costo de medidas que ofrezcan acciones de adaptación 248

5. Plan de Adaptación para el Puerto de Manzanillo 253

5.1. Principios tomados en cuenta cuando en la formulación del Plan de Adaptación 254

5.2. Medidas de adaptación para mejorar la capacidad de adaptación ante el cambio climático para el Puerto de Manzanillo 256

5.3. ¿Cómo se incorpora este Plan de Adaptacion dentro del marco de políticas para la adaptación en Mexico? 274

5.4. Relación entre este Plan de Adaptación y otros planes en el puerto de Manzanillo 279

5.5. Plan de participación de actores 282

5.6. Siguientes pasos 285

6. Estudio de las limitaciones y lecciones aprendidas para estudios futuros 287

6.1. Observaciones generales 289

6.2. Proyectando cambios en los ciclones tropicales 289

6.3. Análisis hidrológicos 290

6.4. Tasas de sedimentación 290

6.5. Estimados de ingeniería para la actualización del drenaje 290

6.6. Análisis financiero 291

6.7. Identificación y valoración de las medidas de adaptación 291

Lista de acrónimos clave

API Manzanillo	**Administración Portuaria Integral de Manzanillo S.A. de C.V.** Agencia federal creada en 1994 con una concesión a 50 años para administrar, promover, construir y mantener el puerto de Manzanillo.
BAU	**Business as usual** Escenario base de hacer negocios cono se venían haciendo. BAU por sus siglas en inglés.
CENAPRED	**Centro Nacional de Prevención de Desastres** Apoya en las medidas de reducción de riesgo para proteger a la población contra los desastres naturales y antrópicos a través de investigación, monitoreo, desarrollo de capacidades y difusión del conocimiento.
CEUGEA	**Centro Universitario de Gestión Ambiental** Universidad de Colima
CICC	**Comisión Intersectorial de Cambio Climático** Conformado por 13 secretarías de estado del gobierno federal de México, esta comisión tiene por objetivo coordinar la formulación e implementación de las políticas nacionales para la mitigación y adaptación así como promover programas y estrategias que aseguren que México cumpla sus obligaciones referentes a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (UNFCCC).
CMIP5	**Proyecto de Intercomparación de Modelos Acoplados** CMIP5 por sus siglas en inglés.
CMNUCC	**Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático**
CONAGUA	**Comisión Nacional del Agua** Su misión es la de preservar las aguas nacionales y sus bienes públicos inherentes para su administración sustentable y garantizar la seguridad hídrica con la responsabilidad de los órdenes de gobierno y la sociedad en general.
CONABIO	**Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad** Su misión es la de promover, coordinar y llevar a cabo actividades que apoyen el conocimiento en biodiversidad y aseguran su conservación y sustentabilidad.

CONANP	**Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas** Su misión es la de asegurar que los ecosistemas más representativos de México y su biodiversidad sean preservados a través de un sistema de Áreas Naturales Protegidas y a través de otros instrumentos de conservación.
EIA	**Evaluación del Impacto Ambiental**
GIZ	**Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit GmbH** Un proveedor de servicios dedesarrollo sustentable, establecido para auxiliar al gobierno de Alemania para que alcance sus objetivos en el campo de la cooperación internacional.
EBITDA	Indicador financiero representado mediante un acrónimo que significa en inglés Earnings Before Interest, Taxes, Depreciation, and Amortization (beneficio antes de intereses, impuestos, depreciaciones y amortizaciones).
IMADES	**Instituto para el Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable para el Estado de Colima** Las responsabilidades clave de IMADES incluyen el diseño de mecanismos para proteger los ecosistemas clave y promover el desarrollo sustentable de la población del estado.
IMT	**Instituto Mexicano del Transporte** Entidad desconcentrada de la SCT dedicado a la investigación aplicada, desarrollo tecnológico, asistencia técnica, desarrollo de conocimiento y regulación del transporte y desarrollo de capacidades y capacitación.
INECC	**Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático** Su misión es la de generar e integrar conocimiento técnico y científico e incrementar el capital humano calificado para la formulación, conducción y evaluación de políticas públicas que conlleven a la protección del medio ambiente, preservación y restauración ecológica, crecimiento verde, así como la mitigación y adaptación al cambio climático en el país.
INEGI	**Instituto Nacional de Estadística y Geografía** Instituto federal responsable de la generación y diseminación de información estadística y geográfica.
LGCC	**Ley General de Cambio Climático**

Lista de acrónimos clave

PICC	**Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático** (IPCC por sus siglas en inglés) La entidad científica internacional líder para la evaluación del cambio climático, establecida por el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (UNEP) y la Organización Meteorológica Mundial (WMO) para proporcionarle al mundo una visión científica del estado actual del conocimiento en cambio climático y sus impactos ambientales y socio-económicos potenciales.
PECC	**Programa Estatal de Cambio Climático**
PMDP	**Plan Maestro de Desarrollo Portuario**
RCP	**Trayectorias de concentración representativas** (RCP por sus siglas en inglés).
SAGARPA	**Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación** Su misión es la de promover, concretar y desarrollar proyectos estratégicos para México en los sectores agrícola, ganadero, pesquero, alimentario y de desarrollo rural.
SCT	**Secretaría de Comunicación y Transportes** Su misión es la de promover una transportación y un sistema de comunicaciones competitivos, seguros y confiables a través del desarrollo de políticas públicas y estrategias sectoriales que contribuyan al crecimiento sustentable de la economía.
SECTUR	**Secretaría de Turismo** Su misión es la de dirigir el desarrollo del sector turístico en el país.
SEGOB	**Secretaría de Gobernación** Secretaría del Gobierno Federal encargada de los asuntos internos del país.
SEMAR	**Secretaría de Marina** Su misión es la de defender el territorio nacional de amenazas externas y asegurar su seguridad interna. Esta secretaría monitorea y registra información del ambiente marino, como por ejemplo el clima, las condiciones meteorológicas y las variable ambientales.

SEMARNAT	**Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales** Su misión es la de promover la protección, restauración y conservación de los ecosistemas, los recursos naturales y los servicios ambientales a fin de garantizar su uso sustentable.
SENER	**Secretaría de Energía de México** Secretaría del gobierno federal cuya misión es la de conducir la política energética del país, asegurándose de que el abasto de energía sea competitivo, económicamente viable, suficiente, de alta calidad, y ambientalmente sustentable.
SINACC	**Sistema Nacional de Cambio Climático** Establecido para dar seguimiento al LGCC, el SINACC se compone de la CICC, el INECC, el Consejo del Cambio Climático, las entidades federales, las asociaciones de las autoridades municipales y finalmente el Congreso de la Unión.
TLCAN	**Tratado de Libre Comercio con Norteamérica**
TEU	**Twenty-foot equivalent unit** Se usa para describir la capacidad de los cargueros de contenedores y las terminales de contenedores.
UAB	**Unidades de arqueo bruto** Es una medida usada para las dimensiones de buques.
UNAM	**Universidad Nacional Autónoma de México**
VFD	**Variable Frequency Drive** Se trata de un dispositivo electrónico que se utiliza para cambiar la velocidad de los motores eléctricos
VPN	**Valor Presente Neto**

1. Objetivos del estudio, enfoque y resultados principales

1.1. Objetivos del estudio

1.1.1. Contexto y objetivos de este estudio

Los puertos juegan un papel importante en la economía actual, globalizada y altamente interconectada. Actúan como centros de comercio nacional e internacional, brindando condiciones adecuados para el intercambio comercial y apoyando el desarrollo económico de los países. En México, las políticas estructurales de desarrollo han posicionado al comercio (en particular con socios comerciales en Asia) como una prioridad para el desarrollo nacional.[1]

Por otra parte, los puertos son considerados altamente vulnerables a los impactos del cambio climático. Están ubicados en áreas costeras y por lo tanto pueden ser afectados por el aumento del nivel del mar y por cambios en los patrones de tormentas y oleaje. Estos factores relacionados con el clima, y otros tales como incrementos de la temperatura y cambios en los patrones de lluvias, pueden causar daños en la infraestructura y los equipos del puerto, reduciendo su capacidad operacional, comprometiendo el equipo que controla niveles de contaminación portuaria y generando retos que afecten la salud y seguridad ocupacional de sus trabajadores. Teniendo en cuenta estos factores se puede concluir que el desarrollo de planes de adaptación frente al cambio climático para puertos deba sea considerado una prioridad, tanto para los puertos como para las economías de los países a los que sirven.

El Puerto de Manzanillo, localizado en el Estado de Colima es reconocido internacionalmente como uno de los principales puertos de carga a nivel global y tiene por ende un papel importante en esta área. Es considerado el puerto líder del Pacífico Mexicano y un nodo crítico entre el Pacífico y el cinturón industrial más importante del país (un área que incluye el norte, centro y occidente del país y que genera más del 64% del PIB en México).[2] Además, este puerto está catalogado como uno de los diez más grandes y más importantes en el continente americano y como el segundo puerto más importante en América Latina en el Pacífico.[3] Es administrado por la Administración Portuaria Integral de Manzanillo, S.A de C.V, 'API Manzanillo', una dependencia federal creada en 1994 que tiene una concesión de 50 años para administrarlo, promoverlo, construirlo y mantenerlo.

El Banco Interamericano de Desarrollo (BID) se ha asociado con API Manzanillo en torno a una cooperación técnica para promover prácticas sustentables en el puerto. Reconociendo el impacto potencial del cambio climático en los puertos, esta cooperación técnica incluye la preparación de un estudio para evaluar los riesgos y oportunidades relacionados al clima para el puerto de Manzanillo, así como el desarrollo de un plan de adaptación.

Este estudio tiene como propósito ayudar a construir la capacidad del Puerto de Manzanillo para responder a los retos potenciales generados por la variación del clima y el cambio climático y para promover oportunidades generadas por la implementación de medidas tempranas y respuestas de adaptación. Por consiguiente el estudio aborda las siguientes preguntas:

1. ¿Qué riesgos y oportunidades genera el cambio climático para el puerto?
2. ¿Qué factores clave relacionados al clima de tener en cuenta API Manzanillo a fin de mantener su competitividad y con ello desarrollar su estrategia de negocios a mediano y largo plazo?
3. ¿Cómo podría el puerto manejar los riesgos generados por el cambio climático y las incertidumbres que esto conlleva desde el punto de vista financiero más óptimo y tomando en cuenta objetivos ambientales y sociales?
4. ¿Cómo podrían desarrollarse y explotarse las oportunidades que genera el cambio climático?
5. ¿Cómo deberían priorizarse y ordenarse las acciones en su plan de adaptación?
6. ¿Dónde podría API Manzanillo trabajar en colaboración con otros actores para administrar de la mejor forma posible los riesgos generados por el cambio climático y sacar ventaja de nuevas oportunidades?

Por lo tanto, basado en base al análisis de riesgos, oportunidades y acciones de adaptación relacionados al clima (puntos 1 al 4 arriba, que además se abordan en las secciones 2 a la 4 de este reporte) este estudio presenta un plan de adaptación (sección 5 de este reporte). El plan de adaptación es de hecho el resultado clave de este estudio.

Tal y como se discutirá en la sección 1.5, el enfoque del estudio se encuentra alineado, dentro del marco de lo que permite el alcance de este estudio, con la mayoría de los requerimientos para los programas de Estado sobre cambio climático que se presentan en el documento guía elaborado por la SEMARNAT – INECC titulado "Elementos Mínimos para la Elaboración de los Programas de Cambio Climático de las Entidades Federativas" (ver cuadro y ver sección 6).

1.1.2.
A quién va dirigido este reporte

Este estudio es ante todo una herramienta de apoyo tanto para API Manzanillo como para las terminales del puerto de Manzanillo, para que logren reducir sus riesgos y que puedan aprovechar de oportunidades generadas por el cambio climático. El estudio asiste en la identificación de retos actuales y futuros que pueden afectar las actividades en el puerto de acuerdo a un análisis de riesgos generados por el cambio climático en la cadena de valores del puerto, proponiendo medidas de adaptación que aseguren que el puerto retenga su posición estratégica actual como uno de los puertos líderes en el país. Al hacer esto, resulta una referencia valiosa para API Manzanillo y para otros actores en la comunidad del Puerto de Manzanillo.

El estudio toma en cuenta los avances en políticas de adaptación al cambio climático que se han establecido a nivel federal, estatal y municipal en México (ver Sección 1.4). Esto con el fin de asegurarse de que las acciones de adaptación formuladas para el puerto en este estudio se encuentren alineadas con los instrumentos de política que ya existen en el país. Llevando a cabo una evaluación de los riesgos climáticos para uno de los puertos más grandes de México y al recomendar medidas de adaptación concretas, este estudio responde al eje estratégico A2, establecido a nivel nacional en la Estrategia Nacional de Cambio Climático, Visión 10-20-40, a saber: "reducir la vulnerabilidad y aumentar la resiliencia de la infraestructura estratégica y de los sistemas productivos ante los efectos cambio climático". De igual manera responde al Objetivo 1 del Programa Especial de Cambio Climático 2014-2018 (PECC, 2014-2018), a saber: "reducir la vulnerabilidad de la población y sectores productivos e incrementar su resiliencia y la resistencia de la infraestructura crítica". El estudio es por tanto relevante para quienes formulen políticas de adaptación y para funcionarios gubernamentales que deseen evaluar cómo es que los instrumentos de política pública que responden a los retos del cambio climático son utilizados para la formulación de acciones específicas de adaptación para la infraestructura estratégica más relevante en el país.

Este estudio propone un enfoque metodológico para la evaluación de vulnerabilidad y riesgo por cambio climático y para la planeación de medidas de adaptación. Este enfoque puede ser considerado por otros puertos de México que deseen llevar a cabo evaluaciones similares, teniendo en cuenta las condiciones climáticas y socio económicas que caractericen cada localidad.

Por último, el estudio reúne la información científica más reciente proveniente de instituciones clave tanto nacionales como internacionales, haciendo uso de la mejor información disponible y proporcionando un ejemplo

Elementos mínimos para la elaboración de Programas Estatales de Cambio Climático de acuerdo a la guía de la SEMARNAT – INECC[4]

- **Descripción del clima incluyendo:**
  - Clima actual, variabilidad del clima y eventos extremos
  - Integración y análisis especial de los escenarios de cambio climático
- **Diagnóstico de:**
  - Impactos potenciales del cambio climático en sectores y regiones prioritarios
  - Vulnerabilidad actual y futura para sectores y regiones prioritarios, con atención en la integración territorial
  - Procesos de adaptación exitosos y no exitosos, incluyendo: aquellos que incrementan la capacidad institutional; aquellos basados en ecosistemas; y mecanismos para monitoreo y evaluación
- **Propuestas para adaptación que deberían:**
  - Ser sustentables y dirigirse a problemas específicos identificados a través del diagnóstico.
  - Ser factibles (considerando la capacidad institutional, financiera, política, regulatoria, técnica y social).
  - Que incluyan análisis de costo-beneficio y fuentes de fondeo potencial para las acciones.
  - Tener claras sinergias entre las acciones de mitigación y adaptación.
  - Que incluyan análisis de impactos positivos (co-beneficios) e impactos negativos.
  - Alinear con políticas públicas de mitigación y adaptación sectorial, programas y proyectos de gobierno.
  - Que incluyan indicadores, monitoreo y evaluación para las acciones de adaptación y para el proceso de adaptación general.
  - Las medidas de adaptación deben tener las siguientes características:
    - Credibilidad
    - Equidad
    - Reversibilidad
  - La priorización de las acciones debe ser realizada incluyendo el corto, medio y largo plazo para la implementación, consistente con el diagnóstico de la vulnerabilidad actual y futura y el presupuesto para implementarlas.

práctico de cómo la investigación e información sobre cambio climático pueden usarse para evaluar riesgos y vulnerabilidades, y para desarrollar recomendaciones de adaptación concretas. En este sentido, resulta útil para las instituciones de investigación y para los proveedores de información interesados en entender e incrementar el valor de sus servicios climáticos.

1.2. Introducción al Puerto de Manzanillo

El Puerto de Manzanillo está localizado en la costa del Pacífico mexicano (19°03.45 N; 104°18.08 W), en el Estado de Colima (ver Figura 1.1). Establecido en la Ciudad de Manzanillo, el puerto ha sido un centro de comercio marítimo importante desde la época de la colonia, actuando como punto de origen y destino para flotas de exploración marítima que conectan Asia con Centroamérica. La ubicación geográfica del Puerto de Manzanillo, su cercanía a Estados Unidos de América y su posición en relación a las rutas marítimas en el Pacífico, ha ayudado a que desarrolle como un hub para el tráfico regional.

En años recientes, se ha posicionado como un puerto clave para el manejo de carga de contenedores en el país, manejando hasta el 60% de la carga de contenedores de la costa mexicana del Pacífico y el 46% dentro de todo el país[5]. Además de la carga de contenedores, el puerto ofrece servicios e instalaciones para el manejo de otras líneas de negocio, como por ejemplo: mineral a granel, carga general, productos agrícolas a granel, productos derivados del petróleo y vehículos.

En términos de sus zonas de influencia, el puerto intercambia bienes con más de 17 de los 31 estados de México[i] y mantiene relaciones comerciales activas con más de 14 países a nivel mundial.[ii] Información detallada sobre el movimiento actual y futuro en el puerto a partir de distintas líneas de negocio, y relaciones comerciales con países específicos y estados de la República Mexicana se discute en la Sección 3.9 de este reporte.

FIGURA 1.1

Localización del Puerto de Manzanillo en el estado de Colima

Fuente: Autores de este reporte

Existen 14 empresas en operación en el puerto, las terminales, que corresponden al 100% del capital privado (tanto nacional como internacional) y que juntas representan todo el cargamento que se maneja en el puerto. Cada terminal tiene un contrato con la API Manzanillo. Entre las instalaciones y servicios que se proporcionan en las terminales se destacan los siguientes:

- Una capacidad estática de más de 49,000 TEUs[iii] y una capacidad dinámica de más de 2 millones de TEUs
- Dos terminales especializadas en mineral a granel con una capacidad total de 60,000 toneladas y que pueden cargar/descargar hasta 200 toneladas por hora
- Los compartimentos de congelación que ofrece la terminal MARFRIGO especializada en productos pesqueros y que ofrecen un espacio de almacenamiento de hasta 3,500 toneladas
- Una terminal especializada en carga de contenedores operada por CONTECON Manzanillo, S.A. de C.V., que puede cargar y descargar tres buques simultáneamente con un desempeño máximo de 120 contenedores por hora por buque
- Las instalaciones de granel agrícola ofrecen cinco silos para almacenamiento, tres de ellos de hasta 10,000 toneladas de capacidad de almacenamiento y dos de 18,000 toneladas. Además, una de las terminales de productos agrícolas a granel, la Comercializadora LA JUNTA S.A. de C.V., ofrece servicios de carga de hasta 1,000 toneladas por hora y espacio de almacenamiento de hasta 50,000 toneladas
- Dos áreas de usos múltiples, para el manejo de carga general y de contenedores y dos congeladores para el almacenamiento de productos perecederos con un total de espacio de almacenamiento de más de 6,000 toneladas para productos frescos
- Un área de almacenamiento de cemento con una capacidad de 25,000 toneladas, operada por Cementos APASCO S.A. de C.V
- Dos almacenes operados por CEMEX de México S.A. de C.V., uno para el manejo de 50,000 toneladas de clinker y otro para el manejo de 16,000 toneladas de cemento a granel y mercancía general a granel

La Figura 1.2 muestra el mapa del puerto con la ubicación de las terminales. Para mayor información sobre cada terminal y sus actividades económicas, véanse la Tabla 1.1.

FIGURA 1.2

Mapa del Puerto de Manzanillo

1	**Terminal de cruceros**
2	**Pemex** *Terminal especializada*
3	**Operadora de la Cuenca del Pacífico, S.A. de C.V.** *Instalación de Usos Múltiples (IUM)*
4	**Cemex México, S.A. de C.V.** *Terminal especializada*
5	**Cementos Apasco, S.A. de C.V.** *Terminal especializada*
6	**Frigorífico de Manzanillo, S.A. de C.V.** *Instalación portuaria*
7	**Corporación Multimodal, S.A. de C.V.** *Terminal especializada*
8	**Terminal Internacional de Manzanillo, S.A. de C.V.** *Instalación de Usos Múltiples (IUM)*
9	**Comercializadora La Junta, S.A. de C.V.** *Terminal especializada*
10	**Granalera Manzanillo, S.A. de C.V.** *Instalación portuaria*
11	**SSA México, S.A. de C.V.** *Terminal especializada*
12	**Exploración de Yeso, S.A. de C.V.** *Terminal especializada*
13	**Marfrigo, S.A. de C.V.** *Instalación portuaria*
14	**Terminal Marítima Hazesa, S.A. de C.V.** *Instalación portuaria*
15	**Contecon Manzanillo, S.A. de C.V.** *Terminal especializada*
16	**Patio Nº3** *Administrador portuario*
17	**Patio de maniobras banda "B"**
18	**Patio de maniobras banda "C"**
19	**Patio posterior al muelle Nº14**
20	**Patio posterior al muelle Nº15**
21	**Aduana marítima**
22	**Central de emergencias**

Fuente: API Manzanillo, 2014[6]

21
14
15
13
20
22
19
12
21
11
N
E
O
S
10
18
9
8
16
17
2
7
6
3
4
5
1

TABLA 1.1

Descripción de las terminales que operan en el puerto de Manzanillo

Nombre de la Terminal	Descripción
SSA México S.A. de C.V. (Stevedores Service of America)	SSA México, también conocida como Stevedores Service of America, es la empresa que opera una terminal especializada para manejo de contenedores (TEC I). SSA México es una subsidiaria de Grupo Carrix, el más grande operador portuario de capital privado en el mundo. En el Puerto de Manzanillo cuenta con 259,423 m² en dónde ofrece todo tipo de servicios de manipulación de contenedores.
CONTECON (Contecon Manzanillo, S.A. de C.V.)	El área designada para CONTECON incluye 724,200 m² del recinto portuario dedicados al proyecto de construcción de una segunda terminal especializada de contenedores (TEC II), cuya capacidad se prevé que alcanzará los 2 millones de TEU al año. TEC II fue adjudicado a la empresa Contecon Manzanillo S.A., filial en México de la filipina International Container Terminal Services, Inc. (ICTSI), quen estará encargada de su construcción y operación.
OCUPA (Operadora de la Cuenca del Pacífico S.A. de C.V.)	Operadora de la Cuenca del Pacífico, comúnmente llamada (OCUPA), dispone de 84,477 m² del recinto portuario. Es una instalación de usos múltiples dedicada al manejo de contenedores y carga general suelta.
TIMSA (Terminal Internacional de Manzanillo S.A. de C.V.)	Terminal Internacional de Manzanillo S.A. de C.V. (TIMSA) es una instalación de usos múltiples que realizan carga y descarga de contenedores por vía terrestre y marítima, así como la carga y descarga de mercancía general y graneles. Cubre un área total de 84,957 m² del puerto.
CEMEX (Cemex de México S.A. de C.V.)	CEMEX es una compañía global de materiales para la industria de la construcción que ofrece productos y servicios a clientes y comunidades en América, Europa, África, Medio Oriente y Asia. La empresa produce, distribuye y comercializa cemento, concreto premezclado, agregados y otros productos relacionados en más de 50 países. Debido a su importancia comercial, en el Puerto de Manzanillo cuenta con una instalación especializada para manejo de sus productos, principalmente cemento. Cubre un área total de 12,545 m² del puerto.
APASCO (Cementos Apasco S.A. de C.V.)	Cementos Apasco es una reconocida empresa, parte de Grupo Holcim, que produce y comercializa cemento, agregados, concreto premezclado y otros productos y servicios para la construcción. Tiene gran presencia a nivel nacional y cuenta con 7 plantas de cemento, más de 100 plantas de concreto premezclado, 5 plantas de agregados, 23 centros de distribución y 2 terminales marítimas, entre las cuales se encuentra la instalación especializada para manejo de cemento en el Puerto de Manzanillo. Cubre un área total de 17,440 m² del puerto.
FRIMAN (Frigorífico de Manzanillo S.A. de C.V.)	Frigorífico de Manzanillo (FRIMAN) es una empresa mexicana opera en el Puerto de Manzanillo desde julio del 2004. Cuenta con instalaciones para manejo de productos refrigerados con conexiones para el almacenamiento de 50 contenedores reefer y un andén de maniobras refrigerado con 18 puertas, que se mantiene a una temperatura controlada de 10°C para conservar la cadena de frío de las mercancías durante sus maniobras. Cubre un área total de 16,426 m² del puerto.

MULTIMODAL (Corporación Multimodal S.A. de C.V.)	Corporación Multimodal es una empresa dedicada al manejo de perecederos con instalaciones para manejo de productos refrigerados en el Puerto de Manzanillo. Cubre un área total de 8,915 m^2 del puerto.
LA JUNTA (Comercializadora La Junta S.A. de C.V.)	LA JUNTA es una empresa orientada al manejo de granos para lo cual dispone de una extensión de 35,090 m^2 en la cual se ubican silos para el almacenamiento de productos agrícolas.
GRANELERA (Granelera Manzanillo S.A. de C.V.)	Granelera Manzanillo se dedica a la carga y descarga de graneles agrícolas, cuenta con instalaciones específicas para el manejo y almacenamiento de esta línea de negocio. Brindan servicio de pesaje público. Cubre un área total de 10,844 m^2 del puerto.
USG (Exploración de Yeso S.A. de C.V.)	Esta empresa también identificada con el nombre USG cuenta con una instalación especializada para el manejo de granel mineral, con una superficie de 25,051 m^2 para su operación.
MARFRIGO (Marfrigo S.A. de C.V.)	MARFRIGO es la terminal del Puerto de Manzanillo dedicada al manejo de productos pesqueros. Cuenta con frigoríficos para el almacenamiento y manipulación de productos perecederos. Cubre un área total de 4,000 m^2 del puerto.
PEMEX (Pemex Refinación)	Las funciones de Pemex Refinación son los procesos industriales de refinación, elaboración de productos petrolíferos y derivados del petróleo, su distribución, almacenamiento y venta. En el Puerto de Manzanillo cuenta con una terminal para la carga, descarga y manejo de petróleo y sus derivados. Cubre un área total de 27,933 m^2 del puerto.
HAZESA	Empresa de Transportes y Terminal de servicios que presta servicios en la Terminal de Usos Múltiples (TUM) especializada en carga general y granel mineral.

Fuente: API Manzanillo

1.3. Resumen de otros puertos principales en México

De los demás puertos mexicanos, los cinco más importantes, además del Puerto de Manzanillo, son: Ensenada y Lázaro Cárdenas en la costa Pacífico, y Altamira, Tampico y Veracruz en la costa del Atlántico (ver Figura 1.3).

La mayoría de estos puertos fueron elegidos por el gobierno mexicano en los últimos años de la década de la década de 1980 para ser modernizados con el objetivo de desarrollar instalaciones para el manejo de contenedores. Este programa se emprendió para sacar ventaja del aumento en el comercio generado por el Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN) de 1994. Se acompañó de una serie de reformas que hizo el gobierno mexicano a la infraestructura incluyendo la privatización de los puertos bajo la Ley de Puertos de 1993 y la de los ferrocarriles mexicanos en 1995.

Antes del establecimiento de estas iniciativas, los puertos mexicanos eran administrados directamente por la Secretaría de Marina del gobierno mexicano. Una vez establecido este programa, los puertos fueron situados bajo la supervisión de un organismo de control administrativo independiente, dentro de la estructura nominal de la SCT pero con autonomía suficiente para contratar compañías de embarque y operadores de puertos y capaz de recaudar fondos generados por

FIGURA 1.3

Mapa del Sistema Portuario Nacional de México. Los principales puertos competidores se resaltan en rojo

Fuente: SCT, 2013 [7]

los impuestos portuarios. Cada uno de los puertos que fueron seleccionados en este proceso es operado de manera independiente y compite con los otros puertos mexicanos en la adquisición de negocios e inversiones.

Desde la década de 1990 estos puertos han crecido considerablemente su actividad y rendimiento, como se describe más adelante. Todos compiten entre ellos para obtener negocios, aunque no todos manejan las mismas mercancías. Además de competir entre ellos, compiten también con los puertos de EEUU, particularmente los de Los Ángeles y Long Beach que están alcanzando sus límites de mayor desarrollo. Mayor información sobre los principales puertos se proporciona en la sección 3.10.

1.4. Marcos de política de adaptación al cambio climático y otros marcos de política portuaria a nivel Federal, Estatal y Municipal

Cada una de las acciones de adaptación al cambio climático para el Puerto de Manzanillo recomendadas en este estudio deben responder a las necesidades del puerto, a la vulnerabilidad actual y futura y al mismo tiempo debe incorporarse dentro del contexto de los planes de adaptación (generados tanto a nivel Federal como Estatal y Municipal) así como a planes y estrategias de planificación de puertos del país (ver secciones siguientes). Por lo tanto, el desarrollo del plan de adaptación del puerto de Manzanillo debe tomar en cuenta la legislación existente a nivel Federal, Estatal y Municipal.

Esta sección aporta un breve resumen de los instrumentos de política clave que actúan como directrices en la formulación e implementación de acciones de adaptación en México a nivel Federal, Estatal y Municipal. Toma como base un reporte desarrollado que apoya a este estudio en el cual se describe en mayor detalle este marco regulatorio[8]. Un análisis más detallado de las relaciones entre la política de adaptación en México y el plan de adaptación recomendado para el Puerto de Manzanillo es otorgado en la Sección 5 de este reporte.

1.4.1. Nivel Federal

Instrumentos de política pública en materia de adaptación al cambio climático a nivel Federal

La Ley General de Cambio Climático (LGCC) promulgada en el 2012, es la base para formular acciones ante el cambio climático en México. Esta ley establece la creación de instituciones, marcos legales e instrumentos financieros para apoyar al país a responder a los retos generados por el cambio climático, en paralelo a la formulación de un modelo de desarrollo bajo en carbono. Representa también un punto de referencia para el mundo entero en cuanto a mejores prácticas para combatir el cambio climático.

Una vez establecida la LGCC se establece asimismo el Sistema Nacional de Cambio Climático (SINACC) que es apoyado por la Comisión Intersecretarial de Cambio Climático (CICC). El SINACC está compuesto por la CICC, el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC), el Consejo de Cambio Climático (C3), entidades federativas, asociaciones de autoridades municipales y el Congreso de la Unión. Entre sus roles[9] se incluyen:

1. Fungir como un mecanismo permanente de concurrencia, comunicación, colaboración, coordinación y concertación sobre la política nacional de cambio climático
2. Promover la aplicación transversal de la política nacional de cambio climático en el corto, mediano y largo plazo entre las autoridades de los tres órdenes de gobierno, en el ámbito de sus respectivas competencias
3. Coordinar los esfuerzos de la federación, las entidades federativas y los municipios para la implementación de acciones de adaptación, mitigación y reducción de la vulnerabilidad, para enfrentar los efectos adversos del cambio climático, a través de los instrumentos de política previstos por esta Ley y los demás que de ella deriven
4. Promover la concurrencia, vinculación y congruencia de los programas, acciones e inversiones del gobierno federal, de las entidades federativas y de los municipios, con la Estrategia Nacional y el Programa.

La CICC está conformada por 13 Secretarías del Gobierno.[iv] Su objetivo es coordinar la formulación e implementación de políticas nacionales en temas de adaptación y mitigación y promover programas y estrategias para asegurar que México cumpla con sus obligaciones según lo acordado dentro de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC).

Antes de la publicación de la LGCC, México ya tenía un mecanismo de respuesta nacional al cambio climático, el Programa Especial de Cambio Climático (PECC 2009-2012). Sin embargo, el lanzamiento de la LGCC es un hito clave para que los objetivos de la acción frente al cambio climático sean legalmente vinculantes. Los tres instrumentos clave de la política para apoyar a la LGCC son:

- La Estrategia Nacional de Cambio Climático Visión 10-20-40 (ENCC), que presenta las áreas focales para la política transversal de cambio climático, adaptación y mitigación. La Estrategia presenta "ocho ejes Estratégicos" de los cuales tres son directamente relevantes para la adaptación[v]:

  1. Reducir la vulnerabilidad y aumentar la resiliencia del sector social ante los efectos del cambio climático
  2. Reducir la vulnerabilidad y aumentar la resiliencia de la infraestructura estratégica y sistemas de producción ante los efectos del cambio climático;
  3. Conservar y usar de forma sustentable los ecosistemas y mantener los servicios ambientales que proveen.

- El Programa Especial de Cambio Climático 2014-2018 (PECC), en respuesta a los objetivos generales planteados en la ENCC Visión 10-20-40, provee un marco de acción con cinco objetivos clave, 26 estrategias y más de 150 líneas de acción. De los cinco objetivos clave, tres son directamente relevantes para la adaptación[vi]:

  - **Objetivo 1:** Reducir la vulnerabilidad de la población y sectores productivos e incrementar su resiliencia y la resistencia de la infraestructura estratégica
  - **Objetivo 2:** Conservar, restaurar y manejar sustentablemente los ecosistemas garantizando sus servicios ambientales para la mitigación y adaptación al cambio climático
  - **Objetivo 5:** Consolidar la política nacional de cambio climático mediante instrumentos eficaces, y en coordinación con las entidades federativas, municipios, Poder Legislativo y sociedad

Según el PECC 2014-2018, los objetivos en cada una de las estrategias cae bajo la responsabilidad de una o más Secretarías de Estado. Cada una de estas entidades debe asegurarse de que las líneas de acción descritas en cada estrategia se incorporen en el plan sectorial relevante de manera tal que los objetivos específicos sean presentados en relación con cada línea de acción.

- Los Programas Estatales de Cambio Climático (PECC), que apoyan el diseño de políticas públicas sustentables y estrategias de cambio climático a los niveles estatal y municipal y que es por lo tanto otro instrumento importante dentro del marco de políticas de cambio climático en el país. En el caso del Estado de Colima, se ha desarrollado un borrador final del PECC, el cual está a la fecha siendo revisado por SEMARNAT. Dentro del marco de este reporte se ha hecho uso de la información ofrecida en este borrador, aunque se debe tener en cuenta que el PECC puede ser sujeto a cambios una vez se complete su revisión.

La Figura 1.4 y la Figura 1.5, resumen los elementos clave que establecen el contexto de políticas para las acciones con respecto al cambio climático a nivel Federal.

La Tabla 1.2 describe el rol de actores clave en el proceso de implementación de acciones para responder al cambio climático a nivel federal.[11]

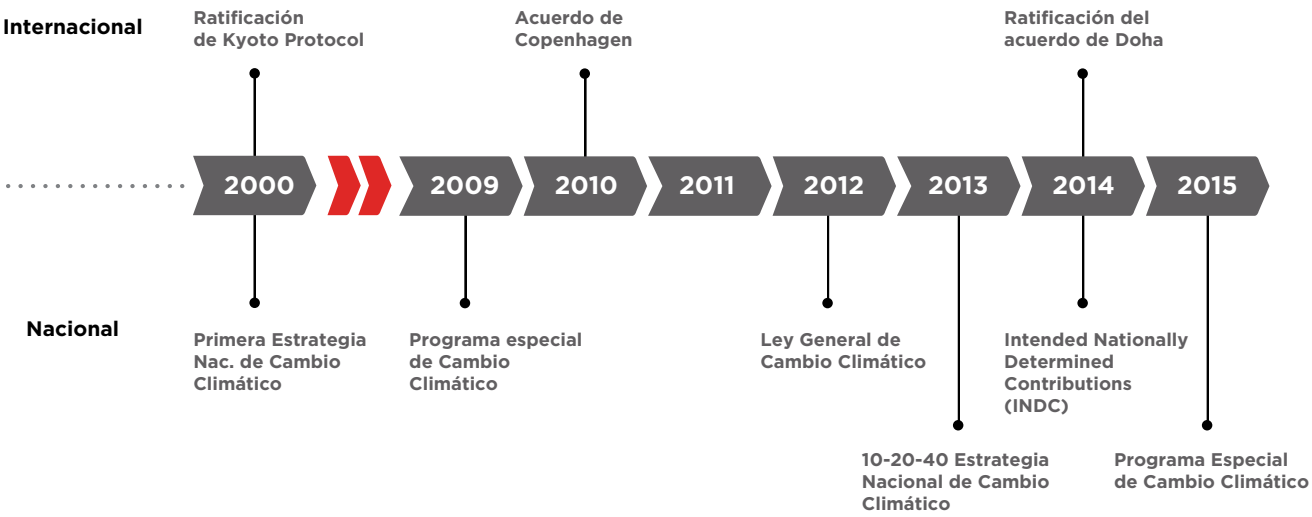
FIGURA 1.4

Instrumentos de política bajo la Ley General de Cambio Climático (LGCC)

Fuente: Gobierno de la República 2013 [10]

FIGURA 1.5

Trayectoria en el desarrollo de instrumentos de política que contribuyen el tema de adaptación al cambio climático en México



Fuente: Autores de este reporte

TABLA 1.2

Actores clave en la adaptación a nivel federal

Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT)	División del gobierno responsable de la protección, restauración, conservación y uso sustentable de los ecosistemas, recursos naturales y servicios ambientales. SEMARNAT coordina al CICC a nivel federal.
Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC)	Instituto coordinado por SEMARNAT cuyo objetivo principal es generar e integrar el conocimiento científico y técnico y apoyar la creación de capacidades para el desarrollo, administración y evaluación de los políticas públicas relacionadas con la protección del medio ambiente, ordenamiento ecológico, así como la mitigación y adaptación al cambio climático. El INECC tiene un papel esencial en términos de la investigación del cambio climático en México y coordina el desarrollo de escenarios del cambio climático y el Atlas de Vulnerabilidad ante el Cambio Climático en México.
Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT)	SCT es la Secretaría del gobierno federal con el papel de promover seguridad, transporte confiable y eficiente y sistemas de comunicación a través del desarrollo de políticas públicas y estrategias sectoriales que contribuyan al crecimiento sustentable de la economía.
Secretaría de Marina (SEMAR)	La institución militar con el rol de defensa del territorio nacional contra amenazas externas y asegurar su seguridad interna. SEMAR monitorea y registra la información del medio ambiente marino, tales como el clima, entorno y variables ambientales. Es de particular importancia su rol en la Coordinación General de Puertos y Marina Mercante; Dirección General de Fomento y Administración Portuaria.
Secretaría de Gobernación (SEGOB)	Dentro de la SEGOB el papel de la Coordinación General de Protección Civil y Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED) es particularmente importante. El primero está a cargo del Sistema Nacional de Protección Civil, mientras que el segundo tiene funciones más específicas tales como la producción del Atlas Nacional de Riesgos.
Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA)	Secretaría del gobierno federal con el papel de promover el desarrollo sustentable de las áreas rurales, costas y océanos.
CONAGUA	Comisión Nacional del Agua. Su misión es la de preservar las aguas nacionales y sus bienes públicos inherentes para su administración sustentable y garantizar la seguridad hídrica con la responsabilidad de los órdenes de gobierno y la sociedad en general
CONANP	Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. Su misión es la de asegurar que los ecosistemas más representativos de México y su biodiversidad sean preservados a través de un sistema de Áreas Naturales Protegidas y a través de otros instrumentos de conservación.

Fuente: Autores de este reporte

Otros instrumentos de política a nivel federal relevantes para el Puerto de Manzanillo

Además de los instrumentos de política nacional de cambio climático existe otra serie de instrumentos que deben tenerse en cuenta en el contexto del desarrollo de planes de adaptación en puertos. De acuerdo a información presentada en el reporte del marco regulatorio[12] mencionado anteriormente, la Tabla 1.3 resume información acerca de otros instrumentos federales que pueden contribuir al diseño y efectuar la implementación de medidas de adaptación en el puerto de Manzanillo. Aunque hacer un análisis más detallado de estos instrumentos va más allá del enfoque de este proyecto, se puede acceder esta información en el reporte del marco regulatorio.[13]

TABLA 1.3

Marco legal para puertos

Tema	Ley	Programas, reglamentos
Puertos y Marina Mercante	Ley de Puertos Ley de Navegación y Comercio Marítimos	Programa Sectorial de Comunicaciones y Transportes 2013-2018 Programa Nacional de Infraestructura 2014-2018 Reglas de operación del Puerto de Manzanillo PMDP Manzanillo
Medio Ambiente y Recursos Naturales	Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente Ley de Aguas Nacionales Ley Federal de Responsabilidad Ambiental Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos NOM-022-SEMARNAT-2003 y NOM-059-SEMARNAT-2010	Programa Sectorial Medio Ambiente y Recursos Naturales 2013-2018 Instrumentos de Gestión (Impacto ambiental, Zona Federal Marítimo-Terrestre) Ordenamiento Ecológico del Territorio (General, Marino, Estatal y local)
Marina	Ley Federal del Mar Ley de Vertimientos en las Zonas Marinas Mexicanas	Programa Sectorial de Marina 2013-2018
Otros temas	Ley de Vías Generales de Comunicación Ley General de Bienes Nacionales Ley General de Protección Civil	

Fuente: Zorrilla Ramos, 2014 [14]

1.4.2. Nivel estatal

Instrumentos de política para la adaptación al cambio climático a nivel estatal

En respuesta a los requerimientos planteados en la LGCC (2012), el estado de Colima está en el proceso de desarrollo de su Programa Estatal de Cambio Climático (PECC)[vii]. El PECC se ha desarrollado con base en los documentos construidos y publicados a nivel nacional en materia de adaptación y mitigación e incluye una serie de elementos estructurales base, según se señala en el documento de referencia desarrollado por INECC y SEMARNAT[15] "Elementos mínimos estructurales para la elaboración de Programas de Cambio Climático de las Entidades Federativas". Asimismo, está siendo formulado de acuerdo con otros instrumentos de política a nivel estatal, en particular la Ley Ambiental para el Desarrollo Sustentable del Estado de Colima y la Ley de Protección Civil del Estado de Colima. Su objetivo es establecer la base técnica y programática requerida para la implementación de políticas, estrategias, líneas de acción y programas dirigidos a las acciones de adaptación y mitigación del cambio climático. El Instituto para el Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable (IMADES) es la entidad responsable del desarrollo e implementación del PECC de Colima, y es también responsable de la coordinación de la CICC a nivel estatal.

Otros instrumentos políticos estatales importantes para el puerto

Otros instrumentos políticos importantes a nivel Estatal se resumen en la Tabla 1.4.[viii]

TABLA 1.4

Instrumentos politicos a nivel estatal relevantes para el Puerto

- Ley de Protección Civil del Estado de Colima
- Planeación para el Desarrollo del Estado de Colima
- Ley Ambiental para el Desarrollo Sustentable del Estado de Colima
- Ley de Asentamientos Humanos del Estado de Colima
- Atlas de Riesgos y Peligros del Estado de Colima
- Plan Estatal de Desarrollo 2009-2015
- Ley de Transporte y Seguridad Vial del Estado de Colima
- Ley de Residuos Sólidos del Estado de Colima
- Ley Municipio Libre del Estado de Colima
- Programa de Ordenamiento Ecológico y Territorial del Estado de Colima
- Programa de Ordenamiento Territorial de la Costa del Estado de Colima
- Reglamento de Zonificación del Estado de Colima

Fuente: Autores de este reporte

1.4.3. Nivel municipal

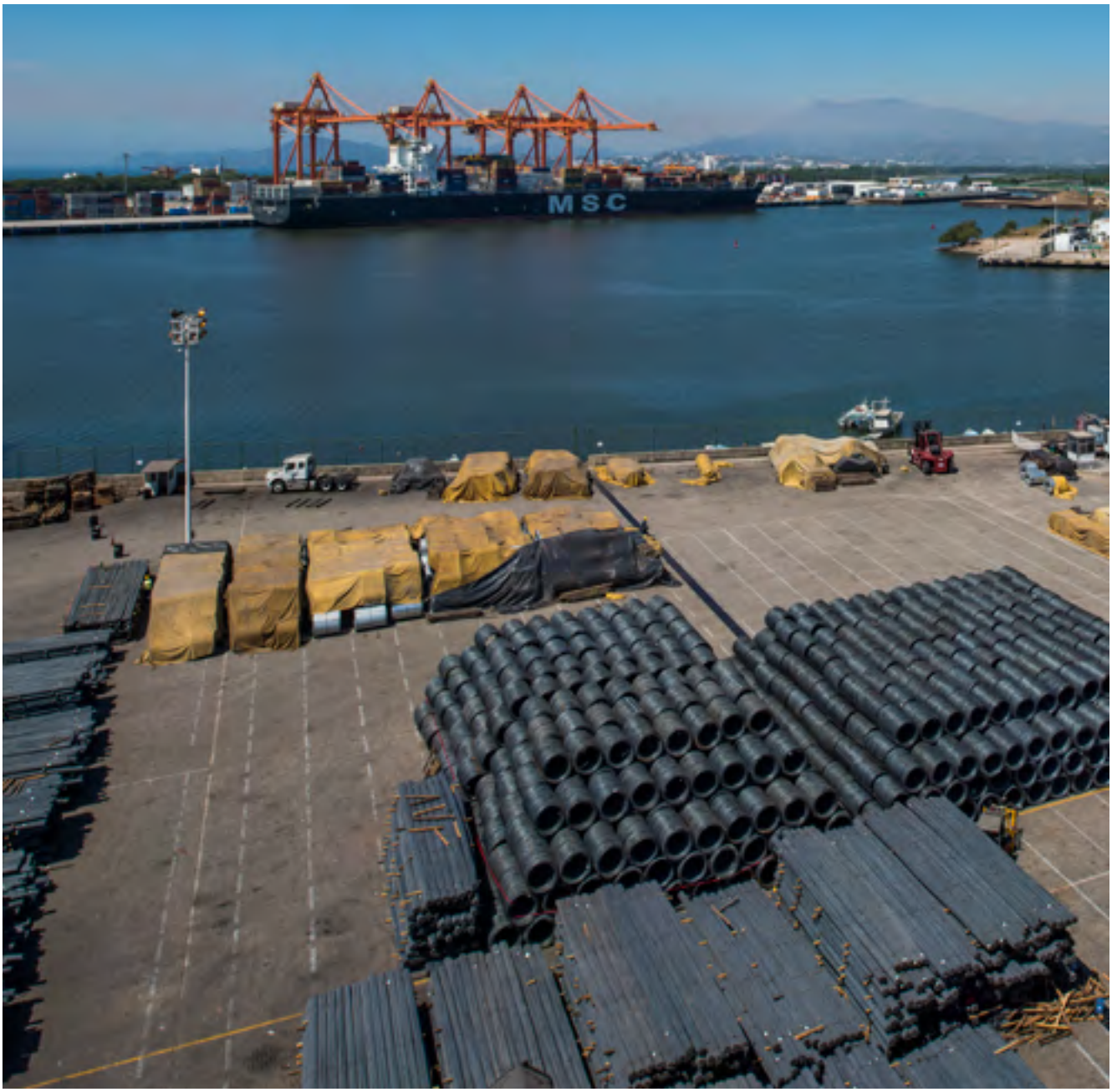
Los municipios de México hacen uso de varias herramientas para apoyar el desarrollo de sus programas de cambio climático a nivel municipal.[ix] A la fecha, el municipio de Manzanillo todavía está por desarrollar su propio plan de acción para el cambio climático, pero tiene un Plan de Desarrollo (2013-2015) y un Plan de Ordenamiento Ecológico Estatal. Ninguno de estos documentos actualmente provee información sobre cambio climático. Sin embargo, el municipio de Manzanillo está trabajando en realinear estos instrumentos de política para incorporar el cambio climático. Como

TABLA 1.5

Instrumentos politicos a nivel municipal relevantes para el Puerto

- Plan Municipal de Desarrollo de Manzanillo 2012-2015
- Programa de Ordenamiento Ecológico y Territorial Local del Municipio de Manzanillo
- Programa de Ordenamiento Ecológico y Territorial Subcuenca Laguna de Cuyutlán
- Programa de Desarrollo Urbano de Centro de Población de Manzanillo, Colima.

Fuente: Autores de este reporte



parte de este proceso, serán agregados nuevos lineamientos en el nuevo Plan de Ordenamiento Ecológico Municipal que tendrán en cuenta el cambio climático y resaltarán más a detalle la importancia de la relación de la ciudad-puerto en varios temas incluyendo: protección civil, desarrollo urbano, desarrollo regional, transporte y salud. De la misma manera, el cambio climático será tomado en cuenta en el futuro Plan de Desarrollo. Otros instrumentos políticos de la municipalidad que son de relevancia para el puerto se resumen en la Tabla 1.5.

Aunque existe un marco político fuerte y bien integrado en México capaz de apoyar la implementación de medidas de adaptación, no existe actualmente una metodología nacional para evaluar y gestionar los riesgos de cambio climático y de adaptación específicamente para puertos. Hay además poca información sobre los riesgos climáticos y las oportunidades de adaptación específicas para puertos en los instrumentos existentes que han sido desarrollados a diferentes escalas de gobierno. Por lo tanto, este estudio ofrece una metodología de acercamiento a los riesgos de cambio climático y adaptación para puertos que puede ser considerada y ser replicada en cualquier lugar del país, la cual toma en cuenta la realidad de las operaciones económicas de los puertos y sus activos y al mismo tiempo que toma en cuenta los instrumentos de política existentes para adaptación en México. Las sugerencias sobre cómo los métodos adoptados en este estudio podrían mejorarse en estudios futuros se aportan en la Sección 6.

1.5. Enfoque metodológico

1.5.1. Toma de decisiones basada en riesgos para la adaptación

Hay un número de marcos metodológicos usados para ayudar a los tomadores de decisiones a valorar y responder a las necesidades y oportunidades en temas de adaptación al cambio climático. Los marcos más completos por lo general incluyen los mismos elementos de orientación clave, incluyendo:

- Reconocimiento del problema
- Definición de objetivos y criterios de éxito
- Evaluación de vulnerabilidades y riesgos del cambio climático
- Identificación de medidas de adaptación que ayudan a reducir riesgos por cambio climático o aprovechan las oportunidades que van emergiendo
- Valoración de opciones de adaptación
- Implementación de medidas de adaptación seleccionadas
- Seguimiento y evaluación de las acciones y procesos de adaptación al cambio climático

Estos marcos por lo general se apoyan en herramientas y procesos que ayudan a contestar preguntas específicas en la ruta hacia el desarrollo de un plan de adaptación. Van desde las metodologías que coadyuvan a valorar los riesgos y vulnerabilidades generados por el cambio climático[x] hasta aquéllas diseñadas para incorporar consideraciones sobre el cambio climático en políticas y en procesos de toma de decisiones.[xi] Muchas propuestas se han desarrollado para ayudar a los usuarios a entender las necesidades de adaptación, para identificar y valorar las opciones que existan así como para planear, implementar y monitorear los procesos de adaptación.[xii]

Este estudio aplica el marco del Programa de Impactos Climáticos del Reino Unido (UKCIP por sus siglas en inglés), una propuesta ampliamente citada[xiii] que ha sido usada como teoría fundacional de muchos marcos conceptuales subsecuentes (ver Figura 16). El marco es una herramienta de apoyo para la toma de decisiones para de evaluar vulnerabilidades y riesgo derivados del cambio climático y con ello evaluar medidas de adaptación. En los pasos del 1 al 3 del marco, se aplica una estrategia de "abajo hacia arriba" o "vulnerabilidad, umbrales primero". Una estrategia similar es promovida por el Panel Intergubernamental sobre el cambio climático (PICC)[16] y ha sido recomendado recientemente por INECC como el método más apropiado para la definición de acciones de adaptación.[17] El enfoque también se encuentra bien alineado con las guías reciente desarrolladas por SEMARNAT-INECC.[18]

1.5.2. Análisis de riesgos, oportunidades y medidas de adaptación en la cadena de valores del puerto

Dentro del marco conceptual general arriba mencionado, el estudio analiza cómo los riesgos y oportunidades del cambio climático podrían afectar varios elementos de la cadena de valor del Puerto de Manzanillo, e identifica y cuantifica (en la medida de lo posible) los riesgos y oportunidades clave. La Figura 1.7 representa de manera general la cadena de valor del puerto, mostrando los riesgos y oportunidades relacionados al cambio climático que son analizados en este estudio.

Subsecciones presentadas en la Sección 3 de este reporte describen con mayor detalle los métodos y análisis utilizados para determinar el nivel de riesgo climático actual y futuro para cada uno de los elementos de la cadena de valor y presenta los resultados de este análisis. Las opciones de adaptación también se identifican y evalúan en subsecciones de la Sección 3 y en la Sección 5.2.

1.5.3. Estrategia para el análisis financiero

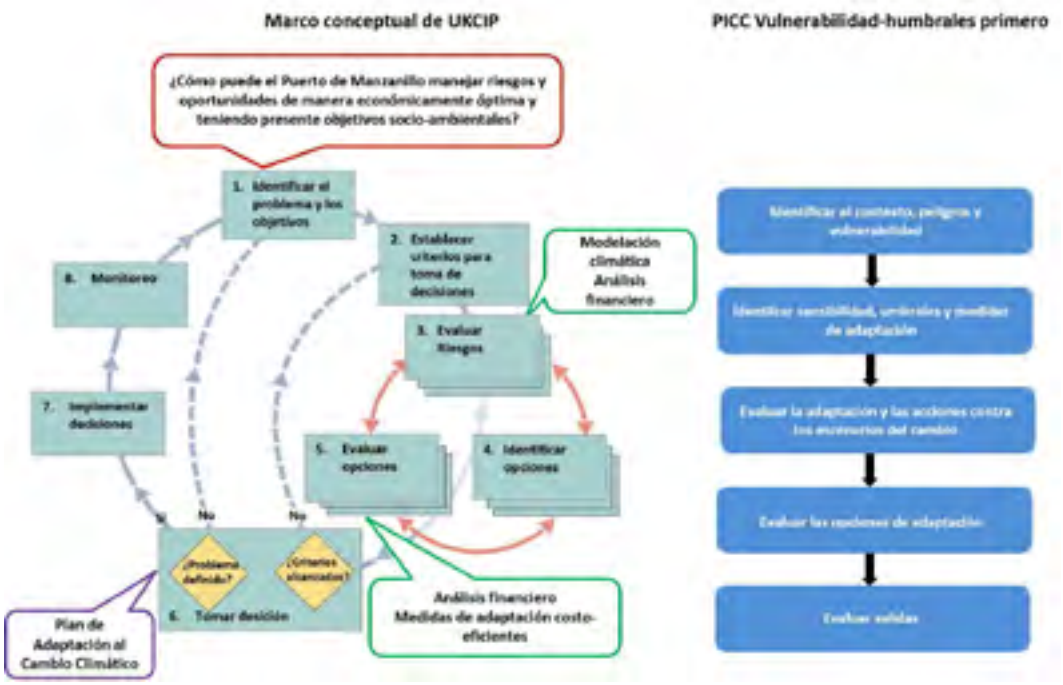
Resumen

Para efectos de este estudio, el análisis financiero se llevó a cabo en tres etapas, a saber:

- 'Caso de línea base' – Se establecen proyecciones futuras de referencia (sin tomar en cuenta los efectos del cambio climático) dentro de un modelo financiero establecido previamente durante discusiones con API Manzanillo y las terminales (la línea azul en Figura 1.8)

FIGURA 1.6

Izquierda: Marco de UKCIP usado como base de la metodologia de este estudio en donde se muestran la pregunta clave a las que responde este estudio (recuadro en rojo), los análisis principales (recuadros en verde) y el desarrollo del plan de adaptación (recuadro en morado). **Derecha:** El marco de abajo hacia arriba del PICC de "vulnerabilidad- umbrales primero"



Fuentes: Willows y Connell (2003)[19] y PICC (2012)[20]

- 'Casos de cambio climático' – Se estiman las implicaciones financieras de los impactos del cambio climático para un rango de escenarios dentro del modelo financiero, es decir impactos futuros por cambio climático sin adaptación (la línea verde en Figura 1.8)
- Casos de 'cambio climático con casos de adaptación' – se evalúa el costo financiero y los beneficios de las opciones de adaptación y se identifican las medidas de adaptación económicamente más óptimas (la línea roja en la Figura 1.8)

La diferencia entre la línea verde y la línea roja en la Figura 18 indica el beneficio financiero bruto, producto de la implementación de medidas de adaptación. La línea verde muestra que, al cabo de los años, al no tomar medidas de adaptación se generan como resultado mayores impactos en el desempeño financiero del puerto.

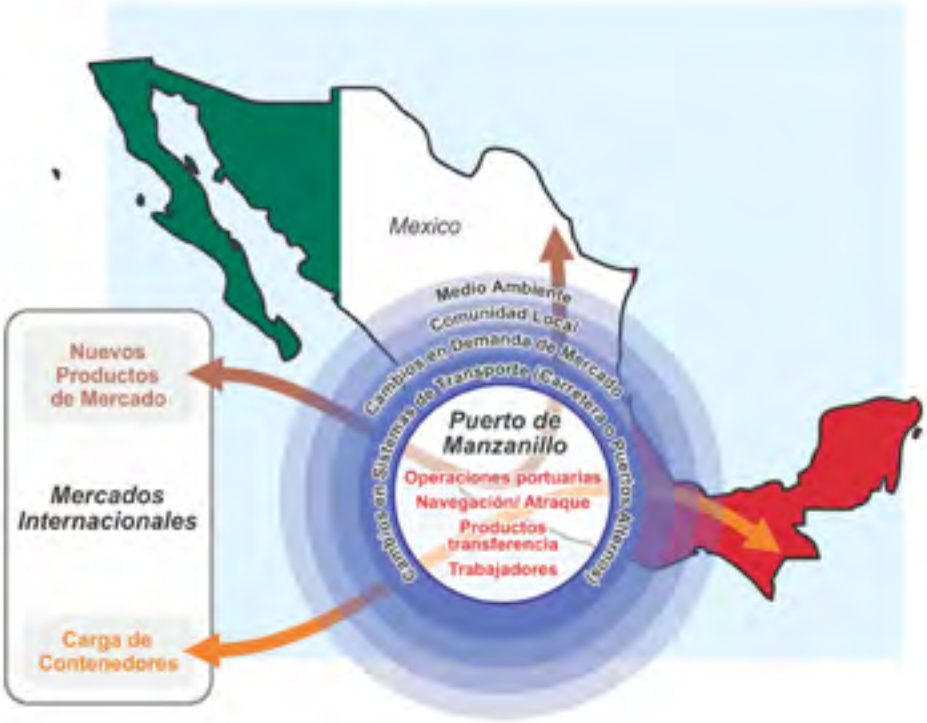
El estudio determina el beneficio financiero al implementar medidas de adaptación que afronten los riesgos más significativos que afectan al puerto debidos al cambio climático. En donde fue apropiado, las medidas de adaptación han sido identificadas y costeadas en términos de costos operativos y gastos de capital.

La Figura 1.8 muestra que no tomar medidas de adaptación puede resultar en impactos mayores en el desempeño financiero futuro del puerto.

El modelo financiero de referencia es el escenario de "business as usual" (BAU) asumiendo que no se presenta el cambio climático. Se hacen proyecciones a futuro basadas en información provista tanto por API Manzanillo como por las terminales. Esta información se discute en la Sección 1.5.3, apartado "Modelo financiero de referencia" y se basa en opiniones actuales sobre ingresos futuros.

FIGURA 1.7

Diagrama de la cadena de valor del puerto de Manzanillo mostrando las áreas donde el estudio ha evaluado los riesgos y oportunidades del cambio climático



Fuente: Autores de este reporte

FIGURA 1.8

Modelo Financiero Esquemático

Fuente: Metroeconómica, 2014 [21]

Se han establecido una serie de supuestos para simplificar las proyecciones y para asegurar que los costos y beneficios del cambio climático dentro del análisis financiero sean claros. Estos supuestos se explican en detalle en la siguiente sección.

La información provista por API Manzanillo y las terminales incluye movimientos brutos de carga, ingreso, costos operativos de alto nivel y gastos de capital, tanto proyectados como históricos. Hubo también varios benchmarks contables disponibles, incluyendo los ingresos antes de intereses, impuestos, depreciación y amortización (EBITDA), así como EBITDA como una fracción del ingreso.

Supuestos

Para los propósitos del presente análisis se hicieron algunas suposiciones simplificadas.

Limitando la complejidad del modelo financiero permite el aislamiento de los efectos del cambio climático y reduce la necesidad de información financiera adicional. Lo que es más, la simplicidad del modelo permite replicarlo para otras instalaciones portuarias, ya que el análisis no se encuentra íntimamente ligado a las cuentas financieras de API Manzanillo y de las terminales. Sin embargo, API Manzanillo y las terminales pueden tomar los resultados y cálculos relevantes e integrarlos a un contexto financiero más detallado según se requiera.

Las suposiciones clave se resumen a continuación:

- Se analizan costos y beneficios de los impactos y adaptación al cambio climático en términos de su efecto en el ingreso y en el EBITDA
- Las únicas fuentes de ingreso para API Manzanillo provienen de las tarifas fijas que le pagan para servicios portuarios y por el uso de infraestructura así como de las tarifas variables que pagan las terminales dependiendo de los movimientos de carga. Esto aísla los efectos del cambio climático de otros efectos financieros más allá del alcance del estudio, tales como cambio de divisas y tasas de interés
- Se asume que los gastos operativos del 'business as usual' sean fijos, como porcentaje del ingreso. Los únicos cambios en este gasto operativo se dan cuando hay cambios debido a ya sea los efectos del cambio climático o bien a los efectos de adaptación al cambio climático
- Factores tales como inflación, tasa de cambio, y escalada de precios se han excluido del análisis por las razones mencionadas anteriormente. Los resultados pueden ser corregidos posteriormente por API Manzanillo y por las terminales (u otros puertos) para incluir estos factores si lo juzgan conveniente
- El modelo financiero se expresa en Pesos Mexicanos (MXN)
- Para los propósitos de la evaluación de la inversión, la tasa de descuento para el caso de referencia es del 10%, siguiendo la recomendación de API Manzanillo

Al usar EBITDA en lugar del flujo de caja o de rentabilidad, se dejan de considerar el interés, los impuestos, la depreciación así como la amortización. Estas cuestiones dependen ampliamente de varios factores tales como los términos acordados con los acreedores, el contexto de los impuestos y los métodos de contabilidad interna los cuales se encuentran fuera del alcance del presente estudio. Se reconoce que el cambio climático puede tener un impacto en las tasas de depreciación, pero para efectos de simplificación del análisis se ha excluido de este estudio.

Tasa de descuento

Los impactos del cambio climático que fueron evaluados poseen una dimensión temporal. Las acciones de adaptación y los impactos climáticos que tienen lugar en diferentes puntos en el tiempo tienen efectos diferentes en los rendimientos. Por lo tanto, el momento en el que se implementan medidas de adaptación tendrá un efecto significativo en el riesgo y existe un balance por alcanzarse entre la inversión y el riesgo a fin de encontrar el momento justo para detonar la inversión para la adaptación. Por ejemplo al mejorar el sistema de drenaje el día de hoy se evitan impactos futuros por inundación, pero esta acción también podría posponerse en el futuro, si por ejemplo se dan cambios en la intensidad de las precipitaciones pluviales o si el aumento del nivel del mar se da a un ritmo más lento.

Un parámetro crucial en las decisiones de adaptación que se mencionan en este estudio es la tasa de descuento, la cual es una reducción (descuento) a los gastos y a los ingresos que ocurren en el futuro que explica el potencial de inversión del capital. La implicación práctica es que por lo general es rentable diferir el gasto lo más posible hacia el futuro, e invertir en mejoras que traen consigo ingreso tan pronto como sea posible. Por ejemplo, un problema en el puerto trae por consecuencia una pérdida de ingreso de $100,000 anuales. Si se cuenta con una inversión de $500,000 este año la cual resuelve dicho problema y además recuperar esos $100,000 cada año empezando el siguiente, eso representaría un reembolso si no se tiene una tasa de descuento. Empero, con una tasa de descuento de 10%, tomarían 7.5 años reembolsar los $500,000 iniciales (esto sin tomar en cuenta la inflación).

La estrategia de adaptación óptima es aquella que maximiza fuentes futuras de ingreso (EBITDA) con los costos de adaptación incluidos. En este estudio, el valor presente neto de la adaptación se define como el valor de descuento de las inversiones de adaptación futuras traídas a valor presente.

Modelo financiero de referencia

El objetivo primario del estudio es el de considerar cómo los riesgos, las oportunidades y las acciones de adaptación inherentes al cambio climático afectan el desempeño del puerto como un todo. En la medida de lo posible este análisis ha por tanto incorporado tanto los impactos financieros sobre API Manzanillo como en las terminales operadas de forma independiente. Esto ha sido ejecutado hasta el punto de que la información se encuentra disponible, y tomando en cuenta la naturaleza de los riesgos climáticos asociados con tal información.

Por ejemplo, tal y como se ha indicado en la Sección 3.1, algunas terminales han proporcionado costos de refrigeración, los cuáles se presentan para un análisis inmediato de riesgos futuros tales como los que resultan de los incrementos en la temperatura media. Esto sin embargo resulta un tema solo para las terminales y no afectaría significativamente el desempeño financiero de API Manzanillo.

En contraste, y tal y como se discute la Sección 3.2, ciertos bienes que presentan riesgos financieros son absorbidos por las terminales, pero también presentarán implicaciones financieras para API Manzanillo. El impacto sobre este último es producto de las relaciones individuales de contrato / arrendamiento con cada terminal.

API Manzanillo

API Manzanillo ha proporcionado la información financiera histórica (1994 a 2014) e incluye lo siguiente:

- Ingreso por
  - Atraque / amarre / acoplamiento
  - Carga y descarga
  - Uso de zona de muelles
  - Servicios portuarios
  - Almacenamiento
- Costos históricos, incluyendo seguros y mantenimiento

En la medida de lo posible, el estudio ha incorporado la relación financiera entre las terminales individuales y API Manzanillo al evaluar las cuotas fijas y variables que se le pagan a API Manzanillo.

Las cuotas variables dependen de cada relación contractual particular. Algunos pagos variables cubren servicios portuarios comunes tales como agua; algunos pagos variables actualmente no se especifican en la información. Estos pagos contribuyen en promedio con el 13.5% del ingreso de API Manzanillo y provienen de los contratos de asignación de derechos para las terminales.

Las proyecciones futuras de las cuotas variables pagadas desde cada terminal a API Manzanillo se basan en el rendimiento futuro de cada tipo de carga. Para calcularlo, API Manzanillo ha proporcionado información basada en la demanda de negocio proyectada, y la capacidad de maniobra máxima presente para cada línea de producto importante: contenedores, granel mineral, carga general, carga agrícola y petróleo (Figura 1.9 y Figura 1.10). Estas se basan en un estudio de mercado de la demanda potencial, en combinación con información estadística de los últimos 10 años. No se llevó a cabo un análisis detallado en el puerto para la elaboración del presente estudio a fin de verificar la capacidad de maniobra máxima, ya que éste no era el objetivo del estudio. El análisis se realizó en base a los incrementos proyectados en capacidad de maniobra de carga para la infraestructura existente en las terminales, cuyas cifras fueron facilitadas por API Manzanillo.

API Manzanillo desarrolló tres escenarios, cubriendo proyecciones de manejo de tonelaje actual, escenarios de negocio futuro 'intermedio' y 'optimista'. Para simplificar las cosas, este estudio solo ha incorporado los escenarios intermedios. Esto permite reconocer el potencial de un crecimiento en los negocios, pero evita proyecciones demasiado optimistas. Se asume que el crecimiento de la línea de productos de aquí a 2070 siga las tendencias que se muestran de la Figura 1.9 y Figura 1.10 hasta que se alcance la capacidad máxima.

Este pronóstico de rendimiento para cada tipo de carga ha sido convertido en ingreso, asumiendo crecimiento anual del ingreso de 70% el crecimiento del volumen del cargo, y que el ingreso por cada unidad de carga se mantiene constante a lo largo del periodo de estudio. La cifra de 70% fue seleccionada a fin de que los ingresos resultantes para el periodo 2016-2020 estuvieran alineados con los proyectados por API Manzanillo como parte del Plan Maestro del Puerto. La Tabla 1.6 resume el tonelaje proyectado y el crecimiento del ingreso para cada tipo de carga.

La Figura 1.11 y la Figura 1.12 proporcionan un resumen del EBITDA proyectado de referencia (esto es, ignorando los efectos del cambio climático) para API Manzanillo. Esto incorpora todas las cuotas fijas y variables, el ingreso y los gastos de operación. Esta proyección se deriva de la información proporcionada por API Manzanillo, proyectada usando las estimaciones para movimiento total de carga y capacidad máxima.

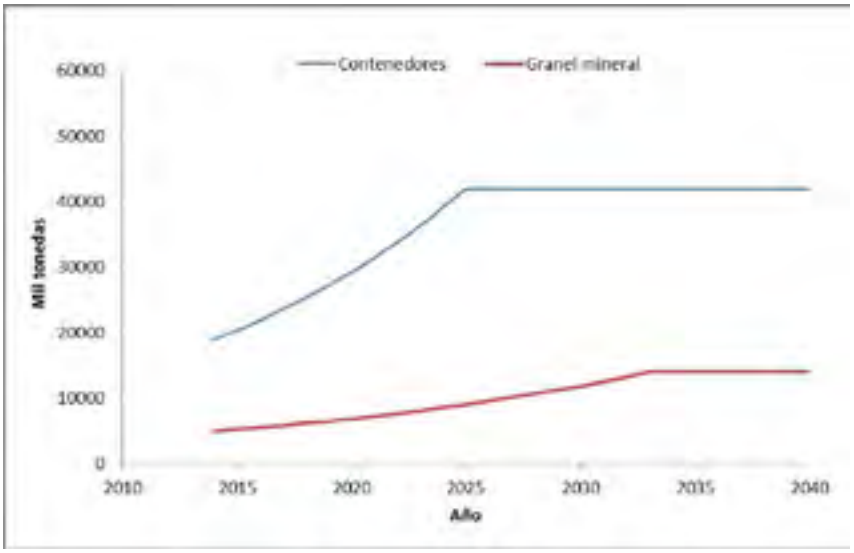
Las Terminales

Con respecto al EBITDA proyectado para cada terminal en particular, éste fue evaluado haciendo también uso de las proyecciones del movimiento total de carga futuro para cada tipo de carga y capacidades máximas provistas por API Manzanillo. Cada terminal en particular se categorizó bajo un tipo de carga y una proyección del porcentaje de incremento hecha con base en las cifras históricas de EBITDA provistas.

Gastos de operación de API Manzanillo

FIGURA 1.9

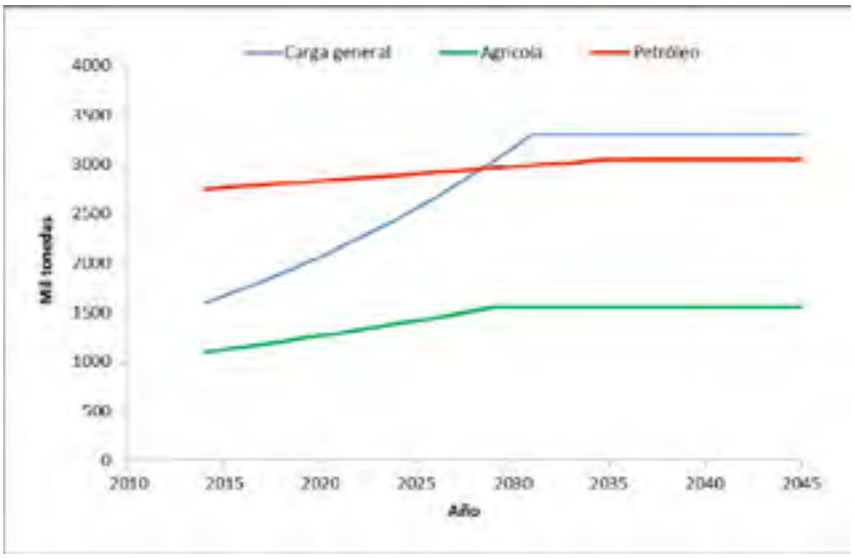
Capacidad de maniobra proyectada de la carga de contenedores y, granel mineral así como capacidad máxima para el escenario de negocios intermedio



Fuente: API Manzanillo**,** 2015 [22]

FIGURA 1.10

Capacidad de maniobra proyectada de la carga general, agrícola y de petróleo así como capacidad máxima para el escenario de negocios intermedio



Fuente: API Manzanillo, 2015 [23]

TABLA 1.6

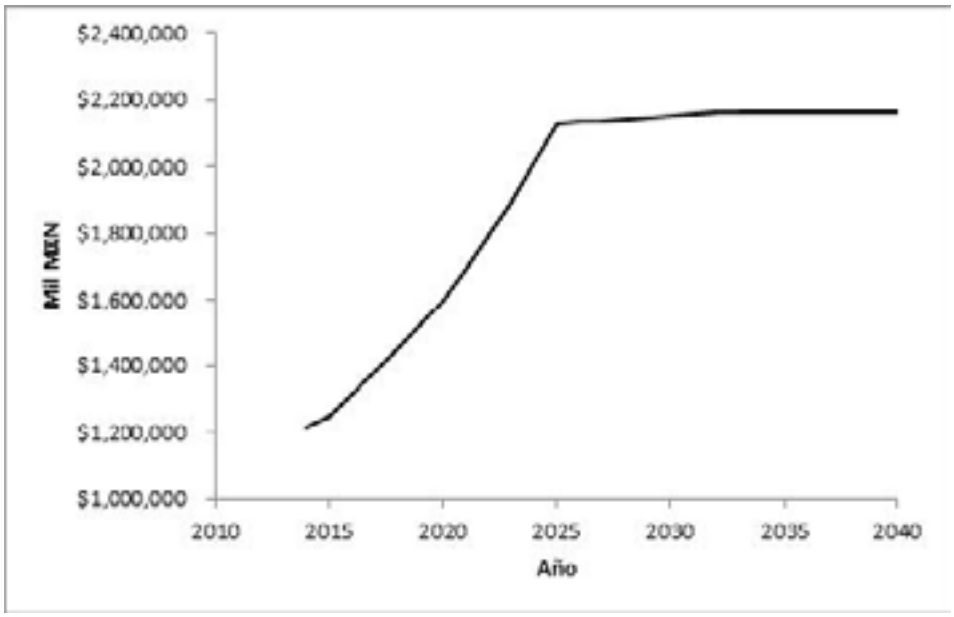
Resumen de supuestos de volúmen de carga para el modelo financiero de referencia

Tipo de Carga	2014 Miles de Toneladas	Tasa de crecimiento anual promedio de tonelaje proyectado de 2014 a alcanzada la capacidad máxima (escenario intermedio)	Crecimiento anual promedio del ingreso proyectado de 2014 a alcanzada la capacidad máxima (escenario intermedio)
Contenerizada	19,000	7.5%	5.7%
Granel Mineral	5,000	5.6%	4.4%
General	1,600	4.4%	3.3%
Granel Agrícola	1,100	2.3%	1.7%
Petróleo	2,750	0.5%	0.4%

Fuente: API Manzanillo [24]

FIGURA 1.11

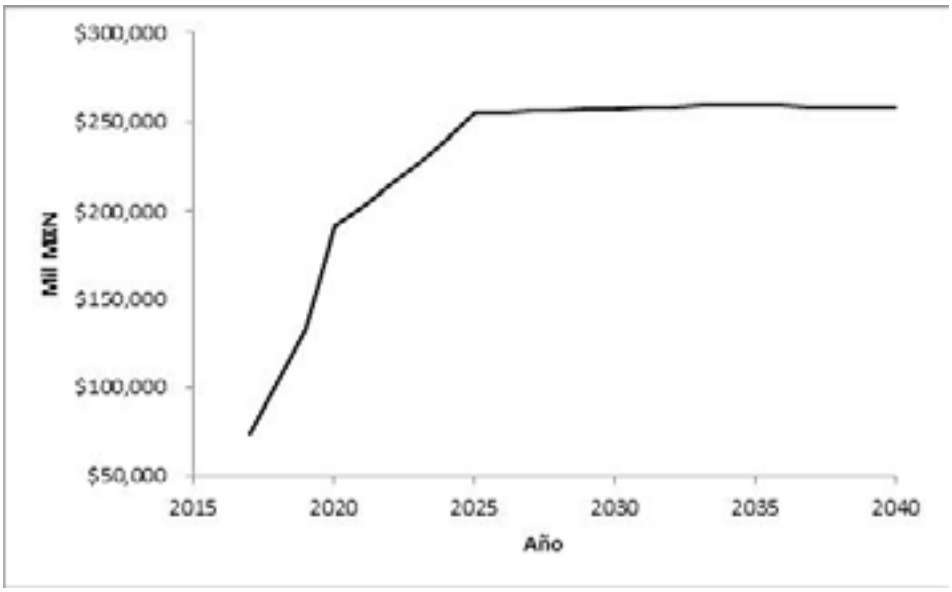
Ingreso anual proyectado de referencia para API Manzanillo



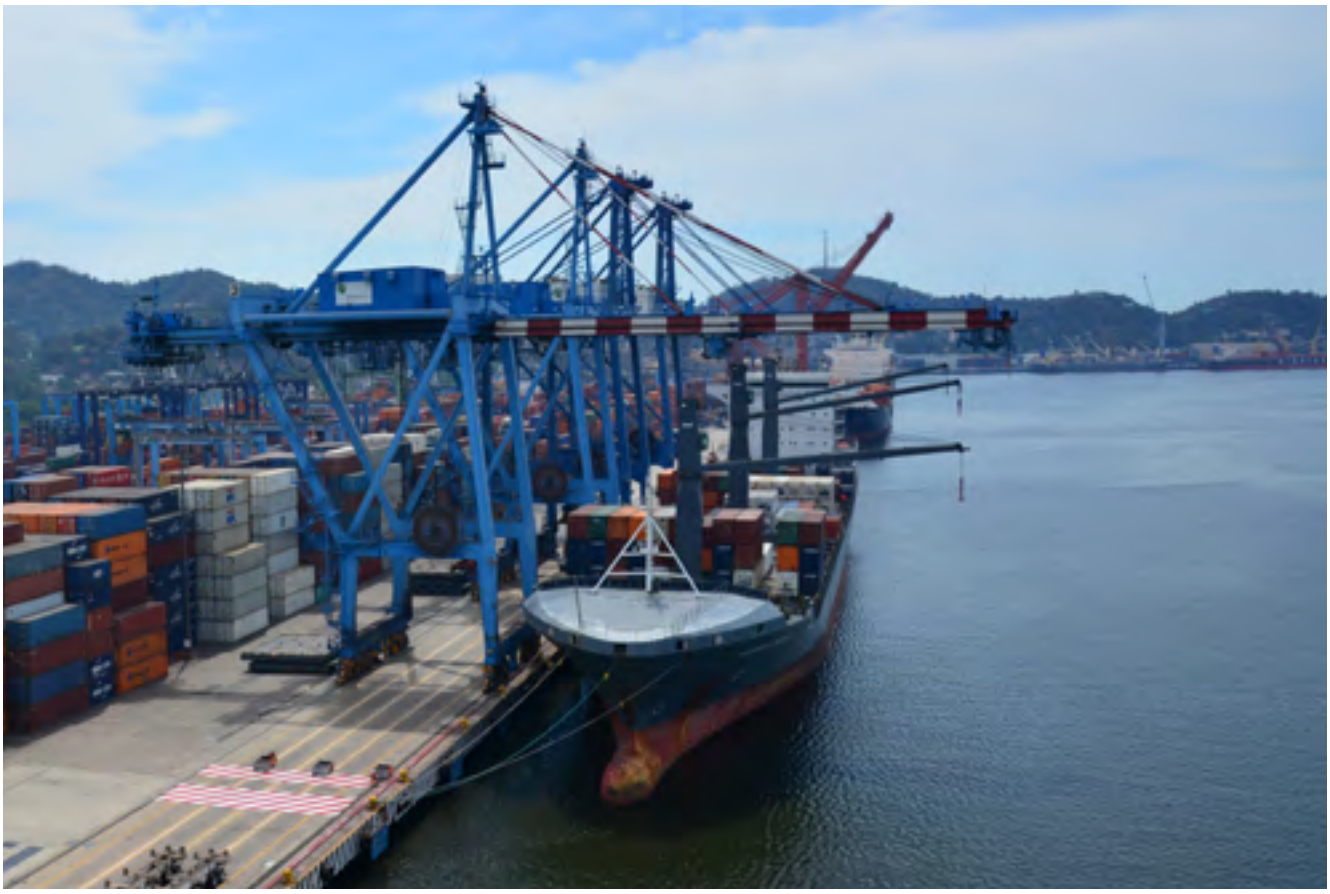
Fuente: API Manzanillo, 2015 [25]

FIGURA 1.12

EBITDA anual proyectado de referencia para API Manzanillo



Fuente: API Manzanillo, 2015 [26]



Hay un número de factores que afectan los gastos de operación de API Manzanillo.

Gastos fijos de operación como pueden ser los gastos de administración, como se muestra en el plan maestro actual, representan en este momento el 5% de los ingresos. El gasto variable de operación, el cual incluye costos tales como el mantenimiento de la infraestructura se establece como de 38% del mismo.

Por tanto, en el caso financiero de referencia, el gasto de operación (fijo más variable) se asume constante a 43% a través de todas las fechas que se manejan en el estudio.

1.5.4. Priorización de riesgos por cambio climático

Con el fin de priorizar los riesgos que enfrenta el puerto debido a la variabilidad y cambio climáticos se evaluó cada riesgo identificado contra cuatro criterios clave, conforme a buenas prácticas[27], que son las siguientes:

1. La vulnerabilidad actual es alta
2. Los impactos proyectados por el cambio climático son grandes en cuanto pueden afectar de manera significativa uno o más aspectos del rendimiento portuario (operativo, económico, ambiental, social o reputacional, ver Apéndice 1)
3. Decisiones en temas de adaptación pueden tomar tiempo en ser implementadas y pueden tener efectos a largo plazo (evaluados en relación a los ciclos presentados en el Plan Maestro de Desarrollo Portuario)
4. Grandes incertidumbres suponen que la escala del riesgo futuro es incierta (pero podría ser grande).

Los criterios 1 y 2 se dividieron a su vez en las siguientes sub-categorías de desempeño:

- Operativo
- Financiero
- Ambiental
- Social
- Reputacional

A los riesgos identificados se les atribuyó una calificación de bajo, medio o alto para cada criterio (ver Apéndice 1 para una descripción completa de estas calificaciones). En donde un riesgo se califica como 'alto' en dos o más criterios, el riesgo se identifica como de alta prioridad. Los riesgos para los cuáles la vulnerabilidad actual se calificó como 'alta' se identificaron como de alta prioridad, incluso cuando no calificaron alto en otros criterios. Los riesgos prioritarios se resumen en la Sección 1.6 y las calificaciones para todos los riesgos se proporcionan en la. Sección 3.13.

1.5.5. Identificación, priorización y evaluación de las medidas de adaptación

La identificación y priorización de las medidas de adaptación se llevaron a cabo por el equipo involucrado en el estudio de la siguiente manera:

1. En primer lugar, las medidas de adaptación fueron identificadas para cada uno de los riesgos climáticos (sean de prioridad alta o no), bajo las siguientes categorías:
   - Construyendo capacidad de adaptación: Estas Incluyen medidas para crear nueva información (como por ejemplo la recopilación de datos, la investigación, el monitoreo y la concientización) así como medidas para apoyar la gobernanza de la adaptación.
   - Implementando acciones de adaptación: Estas son acciones que ayudan a reducir los riesgos por cambio climático o sacar partido de las oportunidades. Estas a su vez se dividen en cuatro sub-categorías:
     - Operacionales: cambios en procesos y procedimientos
     - Medidas grises: soluciones de ingeniería / estructuras 'duras'
     - Medidas verdes: adaptación basada en ecosistemas
     - Híbrida: una combinación de medidas grises y verdes
2. Las medidas de adaptación fueron priorizadas de la siguiente manera:
   - Las medidas que abarcan riesgos prioritarios fueron llamadas 'medidas de adaptación prioritarias'.
   - Aquellas que abarcan riesgos de prioridad media y baja son a su vez, medidas de prioridad media y baja.
3. Dentro del conjunto de medidas de adaptación prioritarias, ciertas medidas fueron identificadas con la recomendación de ser abordadas primero. Estas son medidas que se desempeñan bien de cara a futuras incertidumbres sobre el riesgo climático, a saber:
   - Medidas de resultados garantizados: Estas son medidas que valen la pena abordad ahora, que rinden beneficios socio-económicos netos que exceden su costo, y que continúan siendo válidas independientemente de la naturaleza del cambio climático. Incluyen medidas 'suaves' que construyen capacidad adaptativa a través del apoyo a una mejor comprensión de los riesgos, y una mejor gobernanza de adaptación.
   - Medidas de adaptación no-regret (de bajo arrepentimiento): Medidas para las cuales los costos asociados son relativamente bajos y para las que, considerando la incertidumbre en el cambio climático futuro, los beneficios bajo el cambio climático futuro pueden ser potencialmente grandes. Incluyen medidas operacionales que involucran cambios en los procesos y procedimientos.
   - Medidas de adaptación 'Ganar-ganar': Estas son

acciones que tienen otro contexto, de beneficio social o económico y que así mismo abordan problemáticas de cambio climático.
- Opciones flexibles o de manejo adaptativo: Estas son medidas que pueden ser implementadas incrementalmente, en vez de la adopción de soluciones de adaptación de costos extraordinarios.

4. Las medidas de adaptación prioritarias (es decir, aquellas que abordan riesgos prioritarios por cambio climático) fueron valoradas de la siguiente manera:
- Medidas para 'construyen capacidad de adaptación', que dan resultados garantizados, no fueron valoradas en detalle, ya que son útiles, independientemente del grado del cambio climático futuro.
- Medidas para implementar acciones de adaptación fueron valoradas usando de un análisis de rentabilidad de alto nivel. Esto incluía medidas de prioridad operacionales, grises, verdes e híbridas. La estrategia usada se encuentra alineada con literatura reciente sobre análisis de rentabilidad para medidas de resiliencia climática.[28]
- El detalle del análisis cuantitativo de los costos y rendimiento financiero de las medidas de adaptación fue realizado para un número pequeño de medidas 'grises' (soluciones de ingeniería) que tratan los riesgos climáticos más significativos financieramente hablando, que enfrenta el puerto. Dentro del alcance y presupuesto disponible para este estudio, no fue factible realizar análisis cuantitativos detallados para todas las medidas de adaptación prioritarias que resultan en acciones de adaptación

Más detalles sobre las medidas de adaptación se presentan en la Sección 5.2. Es importante notar que las medidas de adaptación debieran idealmente ser identificadas y valoradas consultando a los actores interesados que serán responsables de implementarlas, y de involucrar a otros actores críticos (ver Sección 5.5 para más detalles). Esto no fue alcanzable con el presupuesto del estudio. Como se discute en la Sección 5.6, API Manzanillo y las terminales deberán, en discusión con otros actores interesados, evaluar a más detalle las medidas propuestas en el Plan de Adaptación (Sección 5), para decidir cuáles implementar y cuándo. La guía en la identificación y priorización de las medidas de adaptación desarrolladas por GIZ y SEMARNAT puede ser utilizada para orientar este proceso[29].

1.5.6. Uso de investigación de escritorio y consultas dentro del país

El estudio se llevó a cabo con una combinación de análisis e investigación de escritorio con reuniones de consulta con actores clave en México. Se proporciona una lista completa de los documentos obtenidos de los actores clave así como de los documentos científicos en las referencias al final de este reporte.

Una misión de dos semanas en México se llevó a cabo a partir del 9 de febrero de 2015. Durante la primera semana, los miembros del equipo del proyecto asistieron a juntas con personal de API Manzanillo y de las terminales, y examinaron las principales instalaciones portuarias. Esto ayudó a identificar las vulnerabilidades del puerto relacionadas al clima y a identificar umbrales críticos relacionados al clima dentro del puerto. Durante la segunda semana se sostuvieron otras reuniones con autoridades gubernamentales externas a nivel federal, estatal y municipal en México D.F., en la ciudad de Colima y en Manzanillo respectivamente. El Apéndice 2 proporciona una lista completa de las organizaciones consultadas. Asimismo se realizaron otras consultas por teléfono con otras organizaciones con experiencia en cambio climático y adaptación al término de la misión en el país.

Con base en las discusiones con API Manzanillo y con las terminales respecto a las vulnerabilidades relacionadas al clima en el puerto, una solicitud de información detallada (basada en hojas de Excel) se presentó inmediatamente después de la misión (ver Apéndice 3). Dicha solicitud se presentó a las terminales y se completó, en su totalidad o de forma parcial, por cada una de ellas. Sus respuestas permitieron llevar a cabo un análisis de riesgo a nivel puerto así como para cada terminal en particular, tal y como se describe en la Sección 3. Solicitudes de información y datos individuales fueron también presentadas a las divisiones de API Manzanillo así como a los actores a nivel federal, estatal y municipal que fueron consultados durante la misión. En conjunto con la información recibida proveniente de las terminales, sus respuestas proporcionaron información sumamente útil, la cual se analizó durante el estudio.

1.6. Riesgos prioritarios, oportunidades y acciones de adaptación al cambio climático para el Puerto de Manzanillo

Esta sección resume brevemente los riesgos de prioridad más alta que fueron identificados para el puerto a través de una evaluación de riesgo climáticos y las acciones de adaptación asociadas a esos riegos. Un análisis completo de los riesgos relacionados al clima, junto con sus referencias, se proporciona en la Sección 3.

Los riesgos de alta prioridad se resumen en la Tabla 1.8 (ver el Apéndice 1 para una descripción completa del proceso de priorización del riesgo) y se examinan de manera sucinta más adelante. Se presenta también a continuación una breve revisión para los riesgos que no aparecieron como de 'alta prioridad' a la hora de realizar la calificación de riesgo: aumento en costos de energía asociados a un aumento en las temperaturas, así como impactos en el comercio que pasa por el puerto. Los costes de energía más altos aparecen como un riesgo mayor para terminales especializadas. Los impactos debidos al cambio climático en el comercio en su totalidad, relacionado a los impactos en la economía global, resultan inciertos pero pudieran ser altos.

1.6.1. El incremento de la intensidad de las lluvias provoca inundaciones en los caminos internos de acceso al puerto así como en las vías ferroviarias, lo cual causa una interrupción de las operaciones del puerto

Durante periodos de lluvia intensa, la sobrecarga del sistema de drenaje que entra al puerto provoca inundaciones y acumulación de sedimentos en el área de aduanas del puerto y a lo largo del camino principal de entrada y salida así como en las conexiones ferroviarias. Este tipo de inundación ocurre en promedio cada dos años, principalmente durante las tormentas tropicales. Estas inundaciones pueden provocar un paro en el tránsito de camiones y trenes de hasta 3 días.

El análisis hidrológico para este estudio muestra que los periodos de retorno de los flujos máximos actuales que van a dar al sistema de drenaje se reducirán a la mitad para el 2050, es decir ocurrirán el doble de ocasiones. Los cálculos muestran sin embargo que la pérdida promedio de EBITDA por día para todas las terminales en su conjunto es de aproximadamente 9.9 millones de MXN. Un incremento de 50% en la vida media de la intensidad máxima de una tormenta se traduce en un aumento de pérdida diaria, quedando ésta en aproximadamente 15 millones de MXN por día.

Dado que el puerto en efecto cierra durante este tipo de eventos, impactos reputacionales y financieros importantes deben ser absorbidos por API Manzanillo. Los costos de reparación y mantenimiento para los caminos internos y para el área de aduanas debido a eventos de inundación representan el 1% de los gastos operacionales anuales de API Manzanillo. Un incremento de 25% en la vida media de la intensidad máxima de las tormentas pudiera traer consigo incrementos en los costos de mantenimiento de los caminos y del área de aduanas del orden de 1,000,000 de MXN por año. Un incremento de 50% en la vida media de la intensidad máxima de las tormentas incrementaría los costos en unos 2,000,000 MXN por año.

Las opciones de adaptación al cambio climático disponibles incluyen:

- Implementar mejoras al sistema de drenaje dentro del puerto
- Revisar opciones para el uso de Sistemas de Drenaje Sostenibles
- Revisar sistemas de alerta temprana para inundaciones
- Revisar y actualizar planes para continuidad de negocios durante los eventos extremos
- Ajustar el programa de mantenimiento para que asegure que se dispone de la capacidad máxima del sistema de drenaje existente dentro del puerto
- Tomar en cuenta la planeación de captación a nivel de paisaje así como opciones de adaptación basadas en ecosistemas a fin de reducir el riesgo de saturación del drenaje
- Implementar medidas para el manejo del tráfico a fin de minimizar cuellos de botella durante los eventos extremos

1.6.2. El incremento de la intensidad de las lluvias provoca un incremento de sedimentación en la cuenca del puerto, lo cual reduce la profundidad de calado para maniobras de los buques y para el acceso a las terminales

La sedimentación en el puerto actualmente provoca una reducción en la profundidad de calado y esto a su vez interrumpe el acceso de los buques a ciertas terminales. Los riesgos son más altos en las terminales que se encuentran más cercanas a la descarga del drenaje 3, por ejemplo la terminal de USG. Algunos efectos adicionales de esta sedimentación incluyen un requerimiento mayor para dragado de mantenimiento, lo cual también provoca interrupciones en el acceso a las terminales debido a que se incrementa la presencia del buque de labores de dragado.

Los picos en el flujo de lluvias que descargan en el sistema de desagüe se irán incrementando de aquí a 2050. Para 2050 la precipitación máxima en un intervalo de 24 horas y que actualmente ocurre una vez cada 20 años incrementará de un 8%.[60] Esto trae consigo una mayor cantidad de sedimento que se mueve y se deposita en la cuenca del puerto.

Los costos de dragado de mantenimiento en el 2014 fueron de 54 millones de MXN, a un costo de 108 MXN por metro cúbico. Un supuesto incremento del 8% en la carga de sedimento requeriría la remoción de 8,000 metros cúbicos adicionales por año para la década de 2050, lo cual trae consigo un costo adicional de 864,000 MXN por año. El aumento del nivel medio del mar podría incrementar la profundidad de calado de alguna manera, lo cual reduciría los costos antes citados en un rango de 86,400 a 108,000 MXN por año.

Las opciones de adaptación al cambio climático disponibles incluyen:

- Monitoreo de niveles de sedimentación y evaluación de tendencias en las frecuencia y cantidad de los ejercicios de dragado en base a datos históricos
- Actualización de los programas de dragado y de sus calendarios a fin de reducir pérdidas de profundidad de calado
- Actualización de las trampas de sedimento a fin de mejorar su desempeño
- Revisar y ajustar la frecuencia de la limpieza de las trampas de sedimento a fin de mantener eficiencias

1.6.3. Aumento de la frecuencia de eventos de lluvia intensos provoca daños a la infraestructura y a los equipos debido a inundaciones

Debido a las inundaciones, el mantenimiento y reparación de los caminos internos y del área de aduanas es el componente más importante que incide en los costos anuales de mantenimiento de API Manzanillo (sin considerar el dragado) y constituye una acción de adaptación de alta prioridad. Igualmente, durante las reuniones de trabajo, API Manzanillo expresó que un evento de inundación puede resultar en inundaciones de 30 cm de profundidad con el consiguiente sedimento residual. El último Plan Maestro de Desarrollo Portuario estimó un total de 6 millones de MXN en costos solo para 2015.

Se estima que la intensidad máxima de precipitaciones en 24 horas con un periodo de retorno de 20 años aumente de un 8% para el 2050[60] y que los periodos de retorno para los flujos pico actuales que van hacia el sistema de desagüe del puerto se reduzcan aproximadamente a la mitad para 2050. Esto traerá consigo una mayor frecuencia y tamaño de eventos de inundación, lo cual resultará en un aumento en los niveles de agua y daños ocasionados por la sedimentación.

El plan maestro de desarrollo portuario estima un incremento en costos de mantenimiento del área de aduanas y de los caminos del 5% cada año. Si asumimos que el 8% de incremento en las lluvias intensas se aplica encima del pronóstico del aumento del 5% mencionado antes, entonces se deben estimar costos adicionales del orden de 3 millones de MXN por año de aquí al 2050. Estos costos deben ser cubiertos por API Manzanillo.

Las opciones de adaptación al cambio climático disponibles incluyen:

- Mejorar el sistema de desagüe dentro del puerto para así incrementar su capacidad máxima y poder manejar incrementos en el flujo
- Acondicionar la infraestructura o los activos que sean vulnerables a las inundaciones
- Revisar los sistemas de alerta temprana para inundaciones
- Revisar opciones para el uso de Sistemas de Drenaje Sostenibles
- Actualizar y mejorar las trampas de sedimento
- Ajustar el programa de mantenimiento que asegure que se dispone de la capacidad máxima del sistema de drenaje existente dentro del puerto (es decir, ajustar frecuencia de limpieza del drenaje)
- Contemplar la planeación a nivel de cuencas así como las opciones de adaptación basadas en ecosistemas a fin de reducir el riesgo de saturación del desagüe.

TABLA 1.7

Riesgos climáticos de alta prioridad para el puerto de Manzanillo

Area de riesgo del puerto		Riesgo climático	Vulnerabili-dad actual es alta	Los impactos proyectados por el cambio climático son grandes
RIESGOS DE ALTA PRIORIDAD				
DAÑOS A LA INFRAESTRUCTURA, EDIFICIOS Y EQUIPO		El aumento en la frecuencia de las lluvias causa daño en la in-fraestructura y equipo debido a inundaciones superficiales	A	A
SERVICIOS PORTUARIOS		El incremento en la frecuencia de las lluvias causa aumento en la sedimentación de la cuenca del puerto, reduciendo el tama-ño de calado para los buques y el acceso a las terminales	A	A
RUTAS COMERCIALES	Pérdida de Conectividad del Puerto con las rutas de transporte terrestre	Aumento en la frecuencia de las lluvias causa inundaciones con aguas superficiales en los ca-minos de acceso internos y de entrada, causando trastornos en las operaciones del puerto	A	A
		Aumento en la frecuencia de las lluvias causa inundaciones con aguas superficiales de las vías férreas internas del puerto, causando trastornos en las operaciones del puerto	A	A

Fuente: Autores de este reporte

Las decisiones tienen tiempos de espera muy largos o efectos a largo plazo	Escala incierta del riesgo futuro (pero podría ser grande)	Comentarios (incluyendo las terminales enfrentando mayores vulnerabilidades / riesgos)
M	M	Riesgo reputacional actual alto con clientes internacionales. Riesgo reputacional futuro alto. Todas las terminales se ven afectadas
M	M	Riesgo reputacional actual alto con clientes internacionales. Riesgo reputacional futuro alto. Todas las terminales se ven afectadas
M	M	Riesgo reputacional actual alto. Riesgo reputacional futuro alto. Todas las terminales se ven afectadas
M	M	Riesgo reputacional actual alto. Riesgo reputacional futuro alto. Todas las terminales se ven afectadas

1.6.4. Incremento en las temperaturas promedio y máximas provocan aumentos en los costos de refrigeración y congelación

Las terminales que requieren contenedores reefer (como CONTECON, SSA, TIMSA y OCUPA) y los almacenes especializados de refrigeración y congelación (como los de MARFRIGO y FRIMAN) corren el riesgo de ser sujetos a aumentos en costos de energía debido a temperaturas más altas. Los datos obtenidos muestran una tendencia significativa de incremento en la temperatura media en Manzanillo de entre 0.4 y 0.5˚C por década. Se estima que el calentamiento a lo largo de la costa cerca de Manzanillo pueda ser de hasta 2˚C en la temporada seca para la década de 2040 bajo un escenario de alta concentración de gases de invernadero[xiv] (de 1.2˚C bajo un escenario de concentración media de gases de invernadero[xv]) y de 3˚C para la década de 2070 bajo un escenario de alta concentración[xvi] (de 1.8˚C bajo un escenario de concentración media[xvii]).

Por ejemplo, información provista por una terminal revela una relación estadísticamente significativa y positiva ($P < 0.05$) entre la temperatura media y los costos energéticos mensuales promedio. Un incremento de 1oC en temperatura se asocia con un incremento del 5% en costos energéticos. Se estima que con un aumento moderado de la temperatura los incrementos en costos sean 9% más altos cada año de ahora al 2040 (y un 17% más altos para la década de 2070) y que sean hasta un 14% más altos para el 2040 y 24% más altos para la década del 2070 cuando se estiman en relación a temperatura extremas.

Los hallazgos muestran que para algunas terminales el costo integral de energía para enfriar es pequeños, por lo que el incremento en las temperaturas no representan una amenaza significativa para todo el puerto. Sin embargo para terminales especializadas tales como MARFRIGO y TIMSA, el impacto financiero podría ser más significativo y justificaría una inversión que mitigue los efectos.

Las opciones de adaptación al cambio climático disponibles incluyen:

- Implementar mejoras tecnológicas disponibles, incrementando la eficiencia de los equipos de enfriamiento y congelación
- Revisar auditorías energéticas llevadas a cabo bajo el estudio de la Huella de Carbono de 2015 (ME-T1239) del puerto teniendo en cuenta posibles impactos de los aumentos en las temperaturas
- Revisar los impactos del cambio climático en las fuentes potenciales de energía alternativa a consideración a raíz del estudio de la Huella de Carbón 2015[95] del puerto
- Revisar las relaciones de precios entre terminales y sus clientes, es decir, evaluar si es que algunos costos de energía pueden ser transferidos directamente al cliente
- Aislar las conexiones eléctricas para reducir incidentes de pérdidas de energía en los reefers que a su vez trae consigo costos extras de energía para re-enfriar y re-congelar

1.6.5. Impactos del cambio climático en el comercio total que pasa por el puerto

Los ingresos del puerto se muestran estrechamente correlacionados con el PIB global. El análisis demuestra que una reducción del 1% en el PIB global conlleva una reducción del 1.5% en los ingresos del puerto. Puede esperarse que los impactos del clima en la economía global afecten al comercio que pasa por el puerto. Varios factores clave afectan el ingreso del puerto, por lo que entonces resulta un reto inferir cambios en los ingresos del puerto que tengan su origen en impactos del clima en el PIB global. También hay incertidumbres considerables respecto a los impactos económicos a nivel global producto del cambio climático.

Sin embargo, basado en estimados de los impactos del cambio climático en la economía global[30], las pérdidas de ingreso proyectadas en el puerto se encuentran entre -0.30% a -0.95% para la década de 2020 y entre -0.38% y -1.88% para la década de 2050. Para mediados de la década de 2030 el puerto podría ver pérdidas anuales de ingreso de entre 4,000,000 y 10,000,000 MXN, y de 6,000,000 a 15,000,000 MXN para mediados de la década de 2040 (no descontados).

Las opciones de adaptación al cambio climático incluyen:

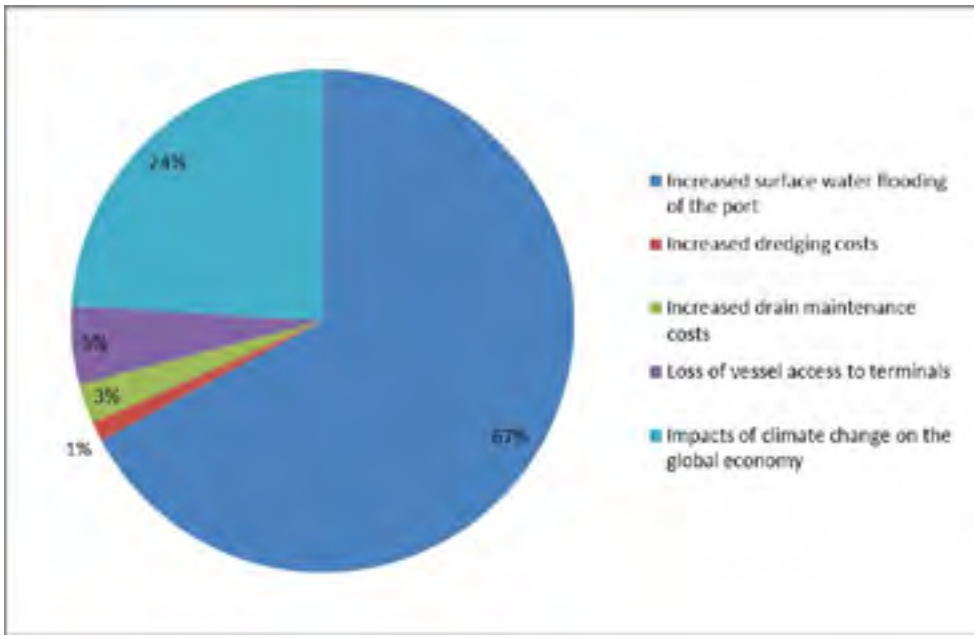
- Desarrollar acciones estratégicas que ayuden a fraccionar el riesgo y para gestionar la incertidumbre futura, incluyendo la diversificación de los países con los que se mantiene intercambio comercial y el desarrollo de un rango más amplio de líneas de negocio
- Explorar oportunidades para incrementar el comercio de bienes y mercancías agrícolas para las que existe alta demanda en México y donde la producción nacional pueda verse afectada negativamente por el cambio climático, por ejemplo el comercio del maíz.

1.6.6.
Resumen de riesgos financieros debidos al cambio climático para el puerto

Los hallazgos del estudio indican que, si no se toman medidas, API Manzanillo y por las terminales asumirán los impactos financieros generados por los problemas clave mencionados anteriormente. Estos se encuentran resumidos en la Figura 1.13. Los impactos no son lo suficientemente severos como para suponer riesgos a la continuidad de la actividad portuaria en el mediano y largo plazos (de la década de 2050 a los 2080).

FIGURA 1.13

Incremento en costos anuales o pérdida annual de ingreso para el 2050 debido a riesgos del cambio climático con los impactos financieros más importantes en el puerto



Fuente: Autores de este reporte

TABLA 1.9

Medidas de adaptación prioritarias para el Puerto de Manzanillo[xviii]

Area de riesgo para el puerto	Prioridad del riesgo climático	Objetivo de adaptación
DAÑOS A LA INFRAESTRUCTURA, EDIFICIOS Y EQUIPO	Incremento en la frecuencia de eventos de precipitación pluvial intensa causa daños a la infraestructura y a los equipos debido a inundaciones con aguas superficiales	Incrementar la resiliencia a las inundaciones y a las lluvias intensas
SERVICIOS PORTUARIOS	El incremento en la frecuencia de las lluvias que causa aumento en la sedimentación de la cuenca del puerto, reduciendo el tamaño de calado para los buques y acceso a la terminal	Reducir el riesgo de sedimentación
RUTAS DE COMERCIO Pérdida de conectividad portuaria con las rutas de transporte en tierra	Aumento en la frecuencia de las lluvias causa inundaciones de aguas superficiales de los caminos de acceso internos y de entrada, causando trastornos en las operaciones del puerto Aumento en la frecuencia de las lluvias causa inundaciones de aguas superficiales de las vías férreas internas del puerto, causando trastornos en las operaciones del puerto	Aumentar la resiliencia a inundaciones y a eventos intensos de precipitación pluvial

Fuente: Autores de este reporte

Medida de Adaptación
P1 - Modernizar el sistema de drenaje dentro del puerto para increemntar la capacidad máxima y manejar el incremento de flujo.
P2 - Retroadaptar la infraestructura o inmuebles que son vulnerables a las inundaciones , en particular la infraestructura crítica (por ejemplo, aislar equipo eléctrico, usar materiales resistentes al agua)
P3 - Comprometerse con los actores para planear opciones de administración de inundación a nivel del paisaje
P4 - Revisar sistemas de alerta temprana de inundación e identificar áreas de mejora ante el incremento de riesgo debido al cambio climático
P5 - Revisar opciones para usar sistemas de drenaje sostenibles (SUDS) tomando en cuenta los cambios potenciales en la precipitación
P6 - Modernizar y mejorar las trampas de sedimento
P7 - Realizar revisiones y ajustes al programa de mantenimiento para asegurarse que la máxima capacidad del sistema de drenaje actual está siendo alcanzada por ejemplo, frecuencia de limpieza del drenaje
P8 - Considerar la planeación del nivel de captación del paisaje y del ecosistema basado en opciones de adaptación para reducir el riesgo de desbordamiento del drenaje
P9 - Monitorear los niveles de sedimentación y evaluar las tendencias históricas en la frecuencia y cantidades de dragado.
P10 - Actualizar los programas de dragado y su calendario para reducir la pérdida de profundidad de calado
P11 - Modernizar y mejorar las trampas de sedimento
P12 - Revisar y ajustar la frecuencia de limpieza de las trampas de sedimento para mantener la eficiencia
P13 - Modernizar el sistema de drenaje dentro del puerto para incrementar la capacidad máxima y manejar el incremento de flujo.
P14 - Revisar opciones para usar sistemas de drenaje sostenibles (SUDS) tomando en cuenta los cambios potenciales en la precipitación
P15 - Comprometerse con los actores a planear opciones de administración de inundación a nivel del paisaje
P16 - Revisar sistemas de alerta temprana de inundación e identificar áreas de mejora ante el incremento de riesgo debido al cambio climático
P17 - Revisar y actualizar los planes de evacuación y la continuidad del negocio durante los fenómenos meteorológicos extremos
P18 - Realizar revisiones y ajustes al programa de mantenimiento para asegurarse que la máxima capacidad del sistema de drenaje actual está siendo alcanzada por ejemplo, frecuencia de limpieza del drenaje
P19 - Modernizar y mejorar las trampas de sedimento
P20 - Considerar la planeación del nivel de captación del paisaje y del ecosistema basado en opciones de adaptación para reducir el riesgo de desbordamiento del drenaje
P21 - Implementar medidas de administración del tráfico para minimizar los cuellos de botella durante los fenómenos meteorológicos extremos

1.7. Plan de Adaptación para el Puerto de Manzanillo

El Plan de Adaptación para el Puerto de Manzanillo recomienda medidas estratégicas y operacionales a ser implementadas por API Manzanillo y las terminales con el fin de reducir riesgos y sacar partido de las oportunidades derivadas del cambio climático (ver la Sección 5). Las medidas de adaptación descritas en el plan han sido desarrolladas siguiendo principios reconocidos internacionalmente. Las medidas recomendadas contribuyen a:

- La construcción de capacidad de adaptación
- La implementación de acciones de adaptación

Dado que los riesgos en este estudio fueron categorizados ya sea como de prioridad "alta" o bien "media a baja", lo mismo se ha hecho las medidas de adaptación. Se clasifican entonces como "medidas prioritarias de adaptación" las medidas que atienden riesgos de alta prioridad o como "medidas que atienden riesgos de medio a bajos" las medidas que atienden riesgos no prioritarios. La Tabla 1.9 proporciona un resumen de las medidas de adaptación prioritarias presentadas en el Plan de Adaptación.

Para mostrar cómo encajan estas medidas en los marcos de política de adaptación de México, el Plan de Adaptación esboza cómo las medidas específicas se alinean con las políticas y estrategias a nivel federal, estatal y municipal. De igual manera, y para facilitar su implementación, el Plan de Adaptación destaca en donde pueden integrarse las medidas individuales dentro del Plan Maestro de Desarrollo Portuario (PMDP) y dentro de los planes operacionales usados por API Manzanillo y por las terminales.

Dado que el compromiso adecuado de los actores relevantes resulta ser un factor crítico para la implementación exitosa de cualquier plan de adaptación, se proporciona un Plan de Participación de Actores, donde se identifican los actores clave que deben verse involucrados en el proceso de implementación.

Cuando API Manzanillo y las terminales hayan implementado medidas de adaptación, el puerto se encontrará bien posicionado para afrontar un clima cambiante en todos los aspectos de su cadena de valor, en el corto plazo y en el transcurso de las próximas décadas.

2. Condiciones climáticas, hidrológicas y oceanográficas actuales y en el futuro

México se ubica sobre los subtrópicos dejando al país bajo la influencia de hundimiento de masas de aire que generan condiciones secas varios meses al año. Un sistema de monzón asociado con tormentas tropicales se mueve desde el sur durante el verano. La costa occidental de México es afectada por ciclones tropicales, la mayoría de los cuales se forman en el Pacífico Este Tropical, que es una de las mayores cuencas para el desarrollo de dichas tormentas. México es potencialmente sensible a pequeños ajustes del sistema climático que ocurran a gran escala y potencialmente está fuertemente expuesto a las modificaciones futuras que se presenten en ese sistema como resultado del cambio climático.

Esta sección presenta información sobre el clima (tendencias observadas y proyecciones futuras) así como información sobre condiciones hidrológicas y oceanográficas para México y para Manzanillo.

2.1. Clima

2.1.1. Clima actual

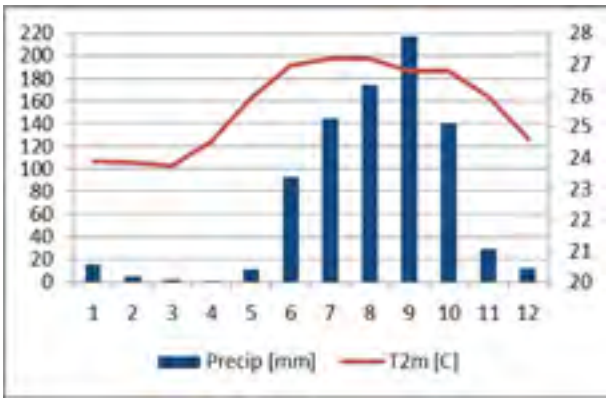
En México se distinguen una estación seca entre diciembre y mayo y una estación de lluvias entre junio y noviembre. Las tormentas tropicales son responsables de la mayor parte de la lluvia durante la estación de lluvias. En Manzanillo las temperaturas alcanzan los 27˚C en los meses de junio a agosto, pero a partir de entonces las temperaturas son más bajas. Los picos en lluvias se dan en el mes de septiembre, pero a partir de entonces los niveles de precipitación disminuyen drásticamente. Los vientos generalmente no son muy fuertes, excepto cuando una tormenta o un ciclón tropical se encuentran cerca.

En México la temporada seca es de diciembre a mayo, y la temporada de lluvias de junio a noviembre (Apéndice 4, Figura 4.1 a Figura 4.3). La información satelital sobre las lluvias[xix] revela el alcance de la aridez en la temporada seca, con menos de 1mm/día sobre el área central y occidental de México. La convección tropical (tormentas) durante la temporada seca avanza hacia el sur, sobre Centro y Sudamérica. Estos sistemas generadores de lluvias se mueven hacia el norte trayendo lluvias en exceso de 2mm/día en el occidente y este de México con una franja de precipitaciones desde el sur hasta el centro de México.

Los detalles de re-análisis del ciclo anual de lluvias y temperaturas para Manzanillo (Centro Europeo para el Pronóstico Climático a Mediano Plazo – ERA-I)[xx] y los datos de la estación meteorológica se muestran en la Figura 2.1 y Figura 2.2 respectivamente) son mostrados. Se muestran los datos de ERA-I ya que en base a ellos se evalúan más adelante las tendencias climáticas regionales para dar una cobertura a toda la región por tierra y mar.[31] Temperaturas atmosféricas superficiales (2m) están en el rango de 24˚C en los meses secos invernales (enero a marzo) hasta 27˚C en la temporada de lluvias (junio a agosto). Temperaturas bajan un poco de ahí en adelante hasta llegar a su mínimo en noviembre y diciembre. Datos de patrones de precipitación en ERA-I llega a su pico en septiembre tras un incremento gradual desde junio. Posteriormente se ve una disminución en el promedio lluvia para los meses de octubre y noviembre. Información de la estación meteorológica de Manzanillo (Figura 2.5) refleja a la de datos ERA-I data excepto para las temperaturas más bajas en los meses secos de invierno (21-22˚C) y un ciclo semi anual de picos de lluvia de julio a septiembre. Los valores

FIGURA 2.1

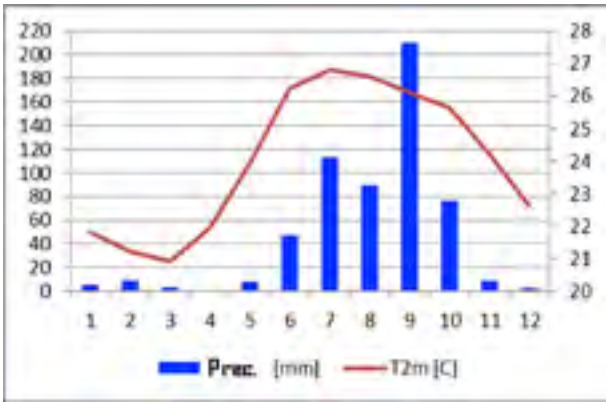
Ciclos anuales de lluvias (mm) y temperatura cerca de la superficie (˚C) en Manzanillo con datos de ERA-I



Fuente: Autores de este reporte

FIGURA 2.2

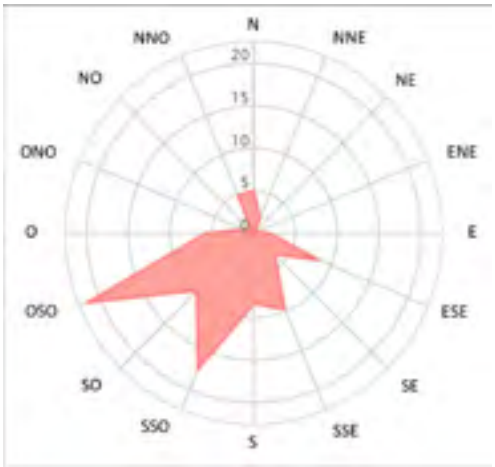
Ciclos anuales de lluvias (mm) y temperatura cerca de la superficie (˚C) en Manzanillo con datos de la estación meteorológica de Manzanillo



Fuente: Autores de este reporte

FIGURA 2.3

Frecuencia (%) de direcciones de vientos observadas en la estación meteorológica del Aeropuerto de Manzanillo 2004-2015. (Vientos débiles observados 6.1% del tiempo)



Fuente: windfinder.com,2014 [32]

de precipitación en los datos ERA-I y la estación de Manzanillo son muy parecidos en el mes pico (ca. 220 mm). Vientos en Manzanillo son generalmente débiles, excepto cuando hay una tormenta tropical cerca. Los vientos predominantes vienen del suroeste (Figura 2.7).

Tendencias históricas del clima: promedios estacionales

Los cambios en el clima observados en el período de 1979 a 2012 para la región han sido calculados a partir de re análisis de datos del European Centre for Medium Range Weather Forecasts-Interim (ERA-I).

Esta información muestra una disminución de lluvias en un área extensa que incluye a México y el Pacífico ecuatorial. En el extremo occidental de México, incluyendo a Manzanillo, las precipitaciones han ido disminuyendo en la temporada de lluvias (de hasta 20 mm por año), pero este cambio en precipitaciones se encuentra cerca de un área de creciente lluvias tropicales ubicado inmediatamente al sur de Manzanillo. Los cambios en las precipitaciones extremas son muy irregulares. En julio, hay una pequeña disminución en la frecuencia de ocurrencia de días que experimentan precipitaciones de 1, 2, 3 y 4 mm. Así mismo, en junio, hay un aumento en el número de días afectados por eventos de lluvias fuertes, en exceso de 10 y 20 mm.

Los datos ERA-I también muestran que Manzanillo está experimentando un aumento en las temperaturas máximas durante la temporada de lluvias. Para la estación seca no se han encontrado cambios estadísticamente significativos en los patrones de temperatura observados.

Las velocidades del viento superiores a 1 m/s muestran han ido aumentando en agosto a un ritmo de 0.03 m/s por año. Llegados a los 2 m/s los vientos comienzan a disminuir en marzo (0.08 m/s por año), pero nuevamente a aumentar en diciembre (0.15 m/s al año). Las velocidades de vientos superiores a los 3 m/s aumentan significativamente en febrero, octubre y noviembre, aunque las pendientes de las tendencias significativas son pequeñas (0.14, 0.1 y 0.07 m/s al año, respectivamente). En conjunto, estos cambios en la velocidad de los viento son pequeñas y no reflejan los cambios en los sistemas climáticos individuales, sino más bien el viento global de fondo.

Se usaron datos climáticos de 1979-2012 de ERA-I que tuvieran registros completos para evaluar las tendencias más significativas de temperaturas anuales, de la temporada seca y de la de lluvias así como la velocidad del viento. Se han usado los datos de ERA-I ya que los patrones climáticos pueden ser evaluados sobre un área más amplia en vez que sobre puntos específicos. Esto es posible ya que los datos de ERA-I ofrecen todos los puntos dentro de una cuadricula a lo largo de una región.

Estos registros completos de la zona son por lo tanto útiles para definir si Manzanillo es parte de una tendencia regional o si de lo contrario está en una zona límite de contraste de tendencias. Los datos ERA-I no estaban disponibles para el 2014 cuando este estudio fue realizado y datos para el 2013 no se habían bajado.

Por lo tanto este análisis se basa en datos de 1979 a 2012. Las tendencias que han sido calculadas son para promedios, máximos (extremos) y, en la medida de lo posible, en base al método usado para calcular los patrones, has sido calculado los mínimos (extremos) de lluvia. También se calcularon tendencias de las temporadas con datos de la estación de Manzanillo. Se usó regresión lineal para calcular la pendiente de la línea de tendencia y una prueba-t para calcular la significancia estadística a un nivel de tolerancia de 0.05. Solo se discuten a continuación las tendencias estadísticamente significativas. En otras palabras, se discuten solamente los cambios que pueden detectarse en los datos y que se consideran no son efecto de casualidades.

Lluvias estacionales

Los análisis muestran que hay tendencias estadísticamente significativas en los patrones de lluvias según la serie de datos de ERA-I Tabla 2.1, Tabla 2.2 y también Apéndice 4, Figura 4.4 a Figura 4.6 en los siguientes casos:

TABLA 2.1

Patrones de precipitación para la estación seca en Manzanillo según datos de ERA-I 1979 a 2012

Estación	Tipo de lluvias	Patrón (en mm/año)	¿Este patrón es estadísticamente significativo (el patrón es no-aleatorio?)
Diciembre a mayo	Lluvia (valores máximos)	-0.005 mm por año (disminución muy pequeña de 0.005 mm/año de precipitación por cada año de registro)	No
Diciembre a mayo	Lluvia (valores media)	-2.670 mm/año (pequeña disminución de 2.670 mm/año de precipitación por cada año de registro)	Si

Fuente: Autores del reporte

TABLA 2.2

Patrones de precipitación para la estación de lluvias según datos de ERA- I 1979-2012

Estación	Tipo de lluvias	Patrón (en mm/año)	¿Este patrón es estadísticamente significativo (el patrón es no-aleatorio?)
Junio a noviembre	Lluvia (valores máximos)	0.434 mm por año (aumento muy peque año a de 0.434 mm/año de precipitación por cada año de registro)	No
Junio a noviembre	Lluvia (valores media)	1.101 mm por año (aumento pequeña de 1.101 mm/año de precipitación por cada año de registro)	No
Junio a noviembre	Lluvia (valores mínimos)	Análisis no es estadísticamente viable ya que se violarían las presuposiciones hechas para la regresión	No

Fuente: Autores del reporte

TABLA 2.3

Patrones de temperatura en la estación seca entre 1979 y 2012 según datos de ERA-I

Estación	Tipo de temperatura	Patrón (en ˚C al año)	¿Este patrón es estadísticamente significativo (el patrón es no-aleatorio?)
Diciembre a mayo	Temperatura máxima	0.002˚C al año (aumento muy pequeño de 0.002˚C por cada año de registro)	No
Diciembre a mayo	Temperatura media	0.004˚C al año (aumento muy pequeño de 0.004˚C por cada año de registro)	No
Diciembre a mayo	Temperatura mínima	0.022˚C al año (aumento muy pequeño de 0.022˚C por cada año de registro)	No

Fuente: Autores del reporte

TABLA 2.4

Patrones de temperatura en la estación de lluvias entre 1979 y 2012 según datos de ERA-I.

Estación	Tipo de temperatura	Patrón (en ˚C al año)	¿Este patrón es estadísticamente significativo (el patrón es no-aleatorio?)
Junio a noviembre	Temperatura máxima	0.014˚C al año (aumento muy pequeño de 0.014˚C por cada año de registro)	Si
Junio a noviembre	Temperatura mínima	0.009˚C al año (aumento muy pequeño de 0.009˚C por cada año de registro)	No
Junio a noviembre	Temperatura mínima	0.008˚C al año (aumento muy pequeño de 0.008˚C por cada año de registro)	No

Fuente: Autores del reporte

- sobre áreas amplias con promedios decrecientes de lluvias sobre México y el Pacífico ecuatorial
- en un área reducida con promedio de lluvia decreciente (20mm por año) sobre el occidente de México (incluyendo Manzanillo) en la temporada de lluvias (tómese nota sin embargo del incremento de lluvia tropical de 10-20mm por año inmediatamente al sur de Manzanillo)
- en tendencias espacialmente incoherentes para lluvias extremas

Los datos de la estación de Manzanillo muestran disminuciones de lluvia significativos de 2.7 mm por año en la temporada seca (lo cual es ligeramente inferior a los resultados según los datos de ERA-I). Las tendencias de la lluvia para las demás temporadas y para lluvias extremas no son significativas.

Temperaturas estacionales

Patrones estadísticamente significativos según los datos de ERA-I (Tabla 2.3, Tabla 2.4 y también Apéndice 4, Figura 4.7 a Figura 4.9):

- ocurren sobre áreas amplias a lo largo de todas las temporadas y para las tres medidas de incrementos de temperaturas
- ocurren sobre el área de Manzanillo, donde incrementos significativos se dan tanto en temperaturas extremas como medias durante la temporada de lluvias (cerca de 0.4 a 0.5°C por década), pero no para ninguna de las medidas durante la temporada seca

De acuerdo a los datos de la base meteorológica de Manzanillo, las temperaturas máximas durante la temporada de lluvias están incrementando de manera significativa.

Vientos estacionales

Patrones estadísticamente significativos en los patrones de velocidades de viento según los datos de ERA-I (Apéndice 4, Figure 4.10):

- ocurren sobre áreas amplias del NE subtropical del Pacífico en el caso de incrementos de la velocidad media de los cientos y sobre un área menos amplia del NE subtropical del Pacífico para incrementos de velocidades mínimas
- ocurren sobre el área de Manzanillo como parte, donde incrementos significativos se dan tanto en velocidades medias durante la temporada de lluvias (0.2m/s por década), y se encuentra en el vértice de un área donde se dan incrementos en la estación seca solo hay algunas áreas con patrones significativos en vientos máximos para todas las estaciones.

Tendencias climáticas observadas: umbrales de precipitación y vientos en base a datos diarios

Las operaciones en el puerto de Manzanillo son sensibles a ciertos umbrales particulares de lluvia y viento. Es importante cuantificar las tendencias observadas (históricamente) para un rango de umbrales de lluvia y viento. Este análisis inicialmente se intentó solo con información de la estación de Manzanillo. Sin embargo, hay deficiencias considerables en los datos de la estación, particularmente antes del 2000 (Tabla 2.5 y Apéndice 4, Figura 4.11). Los datos del registro de la estación no están completos para ningún mes. Para algunos periodos, por ejemplo 1994-1997, casi no se dispone de datos entre las 00:00 y 12:00 horas. Por lo que el resultado del análisis de tendencias basado en umbrales de datos diarios no es confiable. Las tendencias resultantes son más bien una función de la existencia o ausencia de información, que una función de las tendencias reales. Como resultado, se llevó a cabo un análisis más detallado de las tendencias con los datos diarios de ERA-I. Se analizaron tanto los datos de vientos como de precipitación.

Umbrales de vientos de acuerdo a registros diarios

Las tendencias del número de días que exceden varios umbrales de velocidad del viento fueron calculados usando los datos diarios de ERA-I para el periodo de 1980-2014. Los umbrales de viento son 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 y 10 m/s. ERA-I generalmente subestima vientos altos provocados por sistemas tales como ciclones tropicales. Las tendencias se muestran en la Tabla 2.6 (ver también Apéndice 4, Figuras 4.12 a 4.20). La velocidad de los vientos por arriba de 3m/s se incrementa significativamente en el periodo de análisis histórico en febrero, octubre y noviembre, sin embargo las pendientes de las tendencias significativas son pequeñas (0.14, 0.1 y 0.07 m/s por año respectivamente). La categoría más baja de la velocidad del viento (2 m/s) muestra una disminución en marzo (-0.08 m/s) y un incremento en diciembre (0.15 m/s). No hay tendencias en la frecuencia de la ocurrencia en ninguno de los meses para velocidades mayores de 3m/s.

Umbrales de precipitación de acuerdo a registros diarios

Las tendencias en la frecuencia de los días que exceden los umbrales diarios específicos de lluvias se muestran de la Tabla 2.7 (ver también Apéndice 4, Figura 4.21 a Figura 4.31). Los umbrales son 1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10 y 20 mm. Para umbrales por encima de 6 mm, los resultados son dominados por tendencias modestamente decrecientes en la frecuencia de la ocurrencia – particularmente en los meses de julio (tendencias significativamente decrecientes para 2 mm, 3 mm, 4 mm). La frecuencia decreciente de la ocurrencia de los días en los que se exceden los umbrales de lluvia es consistente con los decrementos

TABLA 2.5

Disponibilidad de datos diarios para la estación de Mananillo entre enero 1985 y enero 2014

Hora de registro (horario UTC)	Comentario sobre disponibilidad de datos
00	Menos de 5 observaciones por meses entre 1994 y 1997, muy variable disponibilidad hasta 1995
06	Variabilidad de entre 5 a 25 observaciones por mes para la mayoria de los años
12	Menos de 5 observaciones por meses entre 1992 y 1998
18	Variabilidad de entre 5 a 25 observaciones por mes entre 1985 y 1999

Fuente: Autores de este reporte

de lluvia proyectada para las décadas futuras en México que son comentadas a continuación. En umbrales de 6 mm y más, se presenta una gráfica combinada, con algunos meses mostrando tendencias decrecientes y otras, crecientes. Hay una tendencia de incremento de precipitación significativa para junio de 10 mm y 20 mm.

Es importante notar que el análisis de tendencias de lluvia y vientos resumidos en esta sección es hecho a partir del re-análisis de datos ERA-I y no en base a datos registrados por la estación meteorológica. Son muchas razones por las que se recomienda un nuevo análisis, particularmente la consistencia de los datos. Sin embargo, son una mezcla del producto de modelos y datos observados y por lo tanto sufren de los problemas y limitaciones de computación que tienen los modelos cuando se hace computación de precipitación y sistemas meteorológicos.

Se subestiman los vientos extremos debido en parte a que no se capturan en el análisis condiciones de clima extremo tal como los ciclones tropicales y tormentas de convección. Es posible que sea mejor usar las categorías presentadas por el nuevo análisis como un espectro de los intervalos de datos más que tratar los umbrales absolutos por sí mismos. Por ejemplo, si hay una tendencia en la frecuencia de los días que exceden 20 mm de lluvia, entonces se toma como una tendencia en la frecuencia de la ocurrencia de los días de fuerte lluvia más que como un cálculo definitivo de los días que exactamente tuvieron > 20 mm de lluvia.

Variabilidad interanual del clima

Además de la descripción anterior del estado medio del sistema climático, hay una variabilidad considerable del clima de un año a otro. La variabilidad en la lluvia y los ciclones tropicales son brevemente discutidas aquí (los ciclones tropicales también se discuten en más detalle en la Sección 2.1.3).

La Figura 2.4 muestra un conjunto de estadísticas de la precipitación durante la temporada de lluvias para Manzanillo. Considerando que la sección anterior trata de las medias climatológicas y tendencias en cantidades y límites, es claro a partir de la Figura 2.4 que hay una variabilidad considerable año a año en la cantidad de lluvias y sus extremos. Se destacan dos años en particular, a saber 2008 y 2011, donde la precipitación máxima tiene un factor casi cuatro veces mayor que en la mayoría de los otros años. De forma similar, hay una variabilidad considerable en la ocurrencia entre un año y otro de los ciclones tropicales (ver Sección 2.1.3 sobre ciclones tropicales).

TABLA 2.6

Patrones en la frecuencia de incidencia de velocidades diarias de vientos exediendo umbrales de velocidad específicos (metros por segundo) para el período de 1979-2012 según datos de ERA-I

Umbrales (metros por segundo)	Meses que muestran patrones estadísticamente significativos	Descripción del patrón
1	Agosto	**Agosto:** incremento de 0.03 m/s for por cada año de registro
2	Marzo y diciembre	**Marzo:** tendencia decreciente de 0.08 m/s por cada año de registro **Diciembre:** incremento de 0.15 m/s por cada año de registro
3	Febrero, octubre, noviembre	**Febrero:** incremento de 0.14 m/s por cada año de registro **Octubre:** incremento de 0.1 m/s por cada año de registro **Noviembre:** incremento de 0.07 m/s por cada año de registro
4	Ninguno	
5	Ninguno	
6	Ninguno	
7	Ninguno	
8	Ninguno	
10	Ninguno	

Fuente: Autores de este reporte

TABLA 2.7

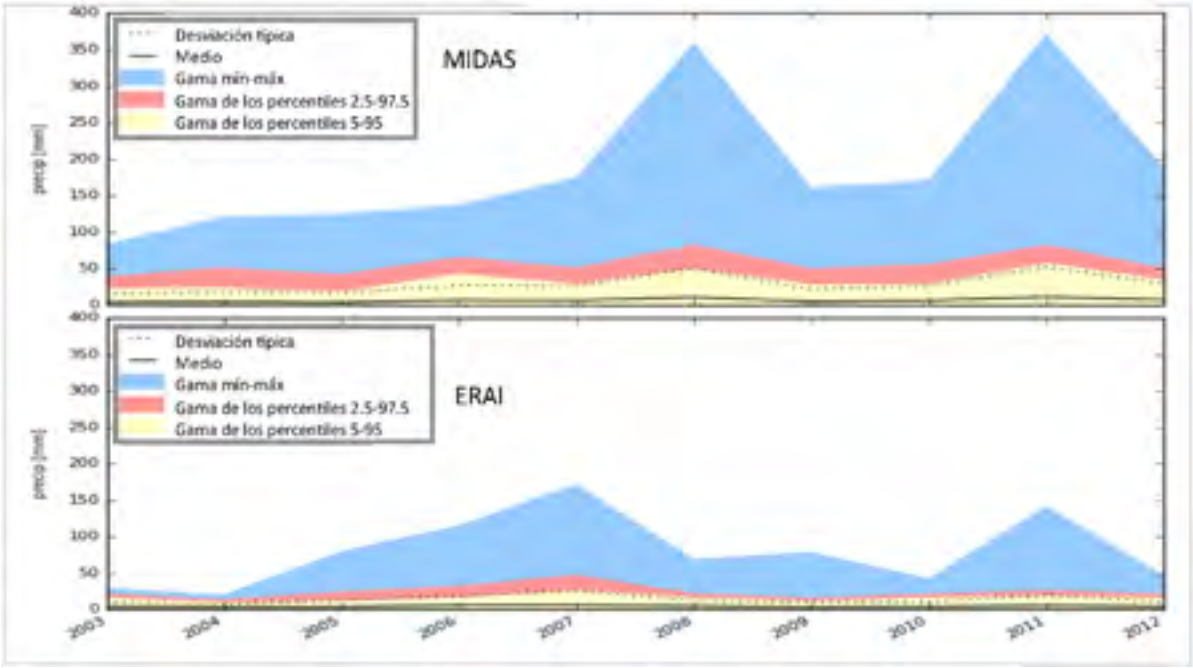
Tendencias en la frecuencia de días de lluvia en exeso de umbrales especificados (mm por día) para el período de 1979-2012 según datos de ERA-I

Umbrales (mm por dia)	Meses que muestran patrones estadísticamente significativos	Descripcion del patrón
1	Julio, noviembre, diciembre	**Julio:** tendencia decreciente de 0.07 mm por día por cada año de registro **Noviembre:** tendencia decreciente de 0.21 mm por día por cada año de registro **Diciembre:** tendencia decreciente de 0.11 mm por día por cada año de registro
2	Enero, julio, noviembre	**Enero:** tendencia decreciente de 0.07 mm por día por cada año de registro **Julio:** tendencia decreciente de 0.2 mm por día por cada año de registro **Noviembre:** tendencia decreciente de 0.13 mm por día por cada año de registro
3	Julio	**Julio:** tendencia decreciente de 0.23 mm per por día por cada año de registro
4	Julio	**Julio:** tendencia decreciente de 0.22 mm per por día por cada año de registro
5	Ninguo	
6	Diciembre	**Diciembre:** tendencia decreciente de 0.03 mm por día por cada año de registro
7	Ninguo	
8	Ninguo	
9	Ninguo	
10	Junio	**Junio:** incremento de 0.06 mm por dia por cada año de registro
20	Junio	**Junio:** incremento de 0.04 mm por dia por cada año de registro

Fuente: Autores de este reporte

FIGURA 2.4

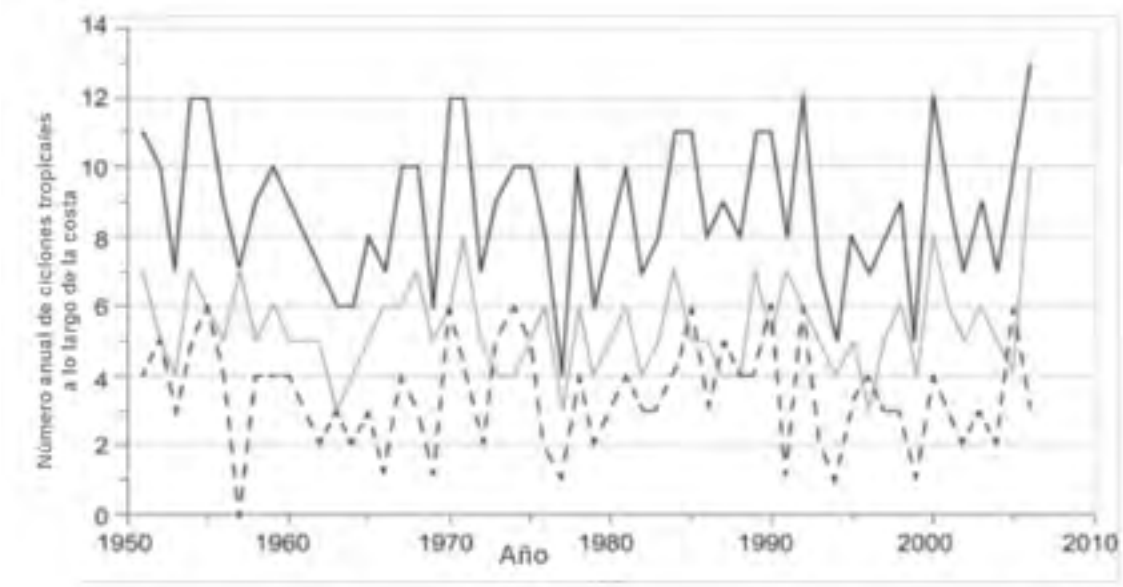
Estadísticas de precipitación diaria durante la temporada de lluvias en Manzanillo de 2003-2012 a partir de observaciones en la estación meteorológica (panel superior) y reanálisis ERA-I (panel inferior). Desviación estándar (línea punteada), promedio (línea punteada), rango min-max (azul), percentiles 2.5 a 97.5 (rojo) y percentiles 5 a 95 (amarillo)



Fuente: Autores de este reporte

FIGURA 2.5

Series de tiempo de los ciclones tropicales a lo largo de la costa de Norteamérica (mayo a noviembre, negro fuerte; mayo a julio, punteado; agosto a noviembre, gris fuerte) 1951-2006



Fuente: Gutzler et al. 2013 [33]

2.1.2. Proyecciones de cambios en las condiciones climáticas para la el Pacífico mexicano y para el Puerto de Manzanillo

Se prevé que las precipitaciones sobre Manzanillo disminuyan tanto en estación de lluvias como en la seca a lo largo de todas las décadas futuras, de acuerdo a dos escenarios diferentes de cambio climático futuro - a saber RCP 8.5 y 4.5 RCP[xxi]. Se prevé que disminuciones máximas sean de 0.7 mm por día durante la década de 2070 durante la estación de lluvia. Disminuciones máximas durante la estación de lluvias para el 2070 son de alrededor de 0.4 mm por día. Estos cambios son parte de una tendencia general que cubre una gran parte de México y son coherentes con las tendencias de mayor sequía que se descritas en los registros observados presentados anteriormente. Durante la estación seca, se proyecta que Manzanillo sea más seco en las tres décadas futuras (-0.3 mm por día en 2020, -0.5 en 2040 y -0.7 en 2070 de acuerdo a la trayectoria de RCP 8.5). Así mismo se proyectan reducciones de lluvia durante la temporada de lluvias, aunque los descensos son más pequeños que los indicados para la estación seca de la década de 2020 y 2040 (0-0.1) mm por día en 2020, -0.3 en 2040 y -1.9 en 2070).

Los extremos en precipitaciones no han sido analizados de forma explícita en este estudio. Se requeriría de experimentos hechos sobre modelo regionales para cumplir este análisis. Sin embargo, parece probable que las precipitaciones extremas aumenten en el futuro, ya que el cambio climático trae más energía en forma de mayor humedad y temperaturas más altas dentro de los dos primeros kilómetros de la atmósfera. En general, para la región ende Centroamérica, el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (PICC) estima que los valores de período de retorno de precipitación anual máxima en un marco de 24 horas en 20 años aumenten alrededor del 8% para la década de 2050[34].

En la década de 2020 bajo la trayectoria RCP 8.5, el cambio de la temperatura media en los meses de la estación seca es de 1.0˚C con un rango de 0.5 a 1.5°C (percentiles 2.5 a 97.5) de diciembre a marzo, aumentando a un cambio de alrededor de 1.1˚C y dentro de una gama de 0.6 a 1.4°C (percentiles 2.5 a 97.5) en abril y mayo. Los meses de la estación de lluvias muestran un aumento de la temperatura de 1.0 a 1.1°C con un rango constante de 0.6 a 1.4°C (percentiles 2.5 a 97.5). En la década de 2040 bajo la trayectoria de RCP 8.5, el cambio de la temperatura media en los meses de la estación seca es alrededor de 1.7˚C con un rango de 0.7 a 2.6°C (percentiles 2.5 a 97.5) de diciembre a febrero, aumentando a un rango de 0.3 a 3.6°C en abril. Para la temporada seca en general, el rango de los percentiles 2.5 a 97.5 es de 1.3 a 2.6°C. Los meses de la estación de lluvias muestran un aumento de la temperatura de 1.7 a 1.8°C y un rango constante de 1.3 ha 2.6°C (percentiles 2.5 a 97.5). En la década de 2070, bajo la trayectoria de RCP 8.5, el cambio de la temperatura media del mes de la estación seca es de 2.9 a 3.1°C con un rango de 2.2 a 4.5°C (percentiles 2.5 a 97.5) en febrero y marzo, lo que aumenta a un rango de 02.2 a 05.5°C en abril y mayo. Los meses de la estación de lluvias muestran un aumento de temperatura de unos 3.3°C y un rango constante de aproximadamente 2.5 a 4.7°C (percentiles 2.5 a 97.5).

Los cambios proyectados en las velocidades del viento en México son en general muy pequeños. Tanto bajo la trayectoria de RCP 4.5 como en la de 8.5, la velocidad del viento tiende a disminuir en los océanos y aumentar un poco más en tierra. Los aumentos en la estación seca para la trayectoria de RCP 8.5 a lo largo de la costa oeste varían de +0.1 m/s en la década del 2020 a +0.2m/s en la década del 2070. Aumentos bajo la trayectoria de RCP 4.5 no superan + 0.1m/s. En la temporada de lluvias, la velocidad del viento tiende a disminuir alrededor de -0.1 m/s en la década del 2040 y del 2070 tanto en la trayectoria de 4.5 RCP como en la trayectoria de RCP 8.5.

Los ciclones tropicales han estado emigrando hacia los polos en las últimas décadas. Es probable que esta tendencia continúe, lo que podría llevar a un menor número de ciclones tropicales en el área de Manzanillo, aunque se tiene todavía poca certeza sobre esta proyección. Se espera que los ciclones tropicales disminuyan en frecuencia, pero que la fase más intensa de los ciclones dure más tiempo. No existe un método para predecir cambios en las trayectorias de ciclones a la escala de sub-cuencas, aunque cabe señalar que este indicador es fundamental para la evaluación de los impactos del cambio climático en las operaciones portuarias de Manzanillo.

Es probable que algunos elementos del cambio climático sean categorizados como “de desarrollo lento”, evolucionando poco a poco a partir de cambios incrementales que se producen a lo largo de muchos años, o a partir del aumento en la frecuencia o intensidad de los eventos recurrentes[35]. Se incluyen en esta categoría variables como la temperatura, los cambios en la precipitación estacional y la elevación del nivel medio del mar. También hay eventos “de desarrollo rápido”, que son eventos individuales, discretos, que se producen en cuestión de días o incluso horas, tales como las tormentas tropicales y las marejadas. El cambio climático también puede afectar estos eventos “de desarrollo rápido” por ejemplo, conduciendo a cambios en la trayectoria de los ciclones tropicales, su intensidad y frecuencia, sobre todo cuando se acopla oscilaciones decenales del clima que controla estos eventos. La evidencia de estos ciclos es, sin embargo, escasa, al igual que métodos bien aceptados para predecir cambios en los eventos “de desarrollo rápido”. En esta sección se resume información sobre los cambios esperados tanto en variables de desarrollo rápido como variables de desarrollo lento para México en general y para Manzanillo, en particular.

Para estimar el cambio climático sobre el territorio mexicano, se usaron modelos de simulación del Proyecto de Comparación de Modelos Climáticos Acoplados 5 (CMIP5, por sus siglas en inglés). (Ver Apéndice 4, Tabla 4.1, para una lista completa de los modelos climáticos usados.) Estos datos son el resultado del desarrollo de modelos climáticos acoplados (océano-atmósfera) que modelan el período histórico y, para la mayoría de los modelos, desarrollando escenarios hasta el final del siglo XXI. Para el periodo histórico los modelos fueron forzados con valores reconstruidos de composiciones de gases incluyendo ozono y gases efecto invernadero. Para el periodo futuro se usan, trayectorias de concentración representativa (RCPs). Estos presentan una combinación factible de forzantes radiativos en la atmósfera debido a las concentraciones gaseosas que cambian, especialmente la de los gases efecto invernadero. Dos escenarios son usados: RCP 8.5 y RCP 4.5 donde ambos (8.5 y 4.5) indican el forzante en el sistema de clima en Wm^{-2} al final del siglo XXI. Se da más atención al RCP 8.5 en este estudio, ya que esta trayectoria de RCP es generalmente usada para representar el escenario 'de business as usual (BAU)'.

Los cambios proyectados se muestran para los periodos de 2020 a 2029, 2040 a 2049 y 2070 a 2079. Los cambios son mostrados con respecto a la simulación histórica del periodo 1979-2000. Por ejemplo, los cambios para la década de la década 2040 se calculan en base a la media del conjunto modelo para el periodo 1979-2000. Siguiendo el análisis de tendencias históricas del clima (Sección 2.1.1) se muestran los cambios para la temporada seca (diciembre a mayo) y la temporada de lluvias (junio a noviembre). Se incluyen cambios en la temperatura, lluvia y velocidad del viento. Primero fueron analizados cambios a lo largo de México en la primera fase del análisis (tal como se discute en las Secciones 2.1.2, apartado "Cambios en la precipitación media en México según las trayectorias RCP 8.5 y RCP 4.5" a 2.1.2, apartado "Cambios en la velocidad media de vientos en México para las trayectorias de RCP 8.5 y 4.5"). Después fueron analizados los cambios específicos para el área de Manzanillo (Sección 2.1.2, apartado "Cambios en temperatura, precipitación y vientos en Manzanillo"). Para el análisis más detallado se evaluaron individualmente cambios en ciertos meses.

En el caso de los resultados del RCP 8.5, una parte de los 38 modelos climáticos son usados para evaluar la lluvia, 37 son usados para temperatura y 28 para viento. La variación en el número de modelos refleja la disponibilidad de datos para RCP 8.5. Un número de modelos ligeramente menor se usaron para RCP 4.5. En la mayoría de los casos, se usan casi el doble del número de modelos que los usados en los escenarios de cambio climático nacionales mexicanos publicados por INECC[36] (que usa 15 modelos). En el caso del análisis regional, el conjunto medio de los modelos climáticos es mostrado. En el caso del análisis específico para Manzanillo, se muestran los resultados y los cambios proyectados por cada modelo por separado. En este caso, se nota cualquier posible diferencia entre el conjunto medio de los escenarios nacionales y el conjunto medio de los cerca de 30 modelos acoplados usados en este análisis. Resulta importante resaltar que los cambios en el clima son proyecciones basadas en escenarios de forzamiento futuro. No son pronósticos.

Cambios en la precipitación media en México según las trayectorias RCP 8.5 y RCP 4.5

Se prevén cambios hacia condiciones más secas para ambas temporadas (seca y de lluvias) sobre la mayor parte del territorio mexicano, con picos de sequía que llegan a 0.5 mm por día para la década de 2040 en la temporada seca cerca de Manzanillo (Apéndice 4, Figura 4-32). El pico de sequía en la temporada seca cambia de unos grados de latitud hacia el norte a lo largo de la costa occidental de México para la década de los 2070 con incrementos de más de 0.7 mm por día. Manzanillo es parte de una tendencia de sequía que se extiende en el Pacífico subtropical y ecuatorial que aplica a los tres periodos proyectados durante la temporada seca. La temporada de lluvias se reduce para la década de 2070 con unos 0.5mm por día a lo largo de la costa occidental de México. Se prevee que el centro y el extremo noreste de México se den modestos incrementos de lluvia durante la temporada de lluvia para la década de 2070.

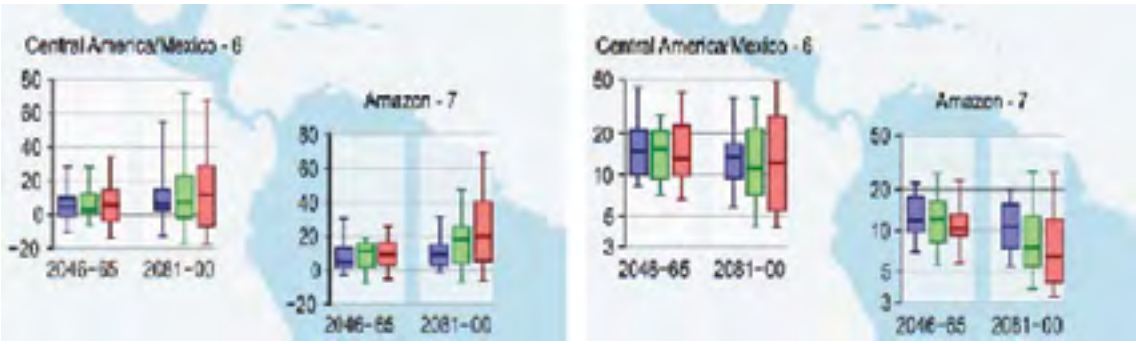
Hay un gran parecido en el patrón geográfico de las proyecciones de lluvia en México entre las trayectorias del RCP 4.5 y del 8.5. Para la década de 2040 el cambio del pico de la temporada seca del RCP 4.5 es de 0.3 mm por día (0.2 mm por día menor que RCP 8.5) y se extiende a lo largo de la costa occidental del México cerca de Manzanillo (Apéndice 4, Figura 4.32). Para la década de 2070, el pico de la temporada seca también se extiende a lo largo de la costa occidental pero es de la mitad de la amplitud que en la trayectoria de RCP 8.5 (0.3 comparado con 0.7 mm por día). Se puede notar una diferencia similar entre el RCP 4.5 y 8.5 en la temporada de lluvias.

Cambios en precipitación extrema en México

Para el análisis de lluvias extremas, el reporte IPCC SREX[37] analizó dos periodos (2046 a 2065 y 2081 a 2100) y dos escenarios para emisiones de gases de efecto invernadero. Sus conclusiones clave son que, bajo todos los escenarios, la cantidad de lluvia en un periodo de 24 horas con un periodo de retorno de 20 años aumenta, y que la cantidad de lluvia extrema en cualquier evento también aumenta con un incremento forzado de gases efecto invernadero. Para Centroamérica y México, este reporte concluye que la cantidad de lluvia en un periodo de 24 horas con un periodo de retorno esperado de 20 años aumenta aproximadamente de un 8% en la década de 2050 y cerca del 10% para finales de siglo (Figura 2.6, panel izquierdo). Así mismo, la cantidad de lluvia en un periodo de 24 horas con un periodo de retorno esperado

FIGURA 2.6

Panel izquierdo: Proyecciones de cambio (%) en valores máximos anuales de precipitación en un periodo de 24 horas con un periodo de retorno esperado de 20 años para mediados de siglo (2046-2065) y para finales de siglo (2081-2100); Panel derecho: Proyecciones del periodo de retorno (en años) para finales de siglo de los periodos de retorno de precipitaciones anuales maximas en un periodo de 24 horas de un período de retorno esperado de 20 años. El azul se refiere al escenario de emisioes B1, el verde a A1B y el rojo a A2.



Fuente: IPCC, 2012 [38]

de 20 años podría ocurrir en 1 en cada 15 años en la década del 2050 (Figura 2.6, panel derecho). Esta es una respuesta generalizada, común en muchos ambientes convectivos y relacionada con la energía disponible en la atmósfera que conduce al desarrollo de tormentas.

Cambios de la temperatura media en México para las trayectorias de RCP 8.5 y 4.5

Todos los modelos muestran un incremento en temperatura durante ambas temporadas (seca y de lluvias) para todos los escenarios forzados, incluyendo el RCP 8.5 y el RCP 4.5 (Apéndice 4, Figura 4.34 y 4.35). El calentamiento más grande se da sobre la región central de México, con un gradiente alineado perpendicularmente a la líneas costera. El calentamiento a lo largo de la costa cercana a Manzanillo alcanza 2˚C en la temporada seca para 2040 en RCP 8.5 (1.2˚C para RCP 4.5) y 3˚C para 2070s en RCP 8.5 (1.8˚C para RCP 4.5). La temperatura en la temporada de lluvias se incrementa de forma similar que en la temporada seca, excepto que los incrementos en la temporada de lluvias son ligeramente menores que en la temporada seca para cada una de las trayectorias de RCP. Es posible que el incremento de nubes modere los incrementos de temperatura de la temporada de lluvias reduciendo también los efectos de calentamiento de la radiación solar.

Cambios en la velocidad media de vientos en México para las trayectorias de RCP 8.5 y 4.5

Los cambios proyectados en la velocidad del viento en México son típicamente muy pequeños (ver Apéndice 4; Figura 4.36 y Figura 4.37). En ambas trayectorias de RCP 4.5 y 8.5, la velocidad del viento tiende a decrecer sobre los océanos e incrementarse ligeramente sobre la tierra. Los incrementos en la temporada seca para la trayectoria de RCP 8.5 a lo largo de la costa occidental varían desde +0.1 m/s en 2020s a +0.2 en 2070s. Los incrementos bajo un RCP 4.5 no exceden +0.1m/s. En la temporada de lluvias, la velocidad del viento tiende a decrecer en -0.1m/s en ambos casos, en la década de 2040 y 2070 en RCP 4.5 y RCP 8.5.

Cambios en temperatura, precipitación y vientos en Manzanillo

Temperatura y precipitación

El propósito de esta sección es aportar mayor detalle sobre los cambios de temperatura, precipitación y vientos proyectados en Manzanillo. Se toma también la oportunidad para comparar los resultados para el conjunto de los 15 modelos usados en los escenarios en México para el cambio climático contra el conjunto más grande (>30 modelos) del CMIP5. Algunos de los cambios dentro de las largas temporadas de secas y de lluvias que se describen arriba pueden enmascarar cambios en el clima en periodos más cortos (mensualmente) dentro

TABLA 2.8

Proyección de cambios en temperatura (˚C) para Manzanillo según los modelos acoplados de CMIP5

Estación, Trayectoria RCP	2020-2029	2040-2049	2070-2079
Estación seca, RCP 8.5			
Media de los modelos usados en los escenarios nacionales de México	1.0	1.6	3.0
Media de todos los modelos	1.0	1.7	3.1
2.5 percentil de todos los modelos	0.5	0.9	2.2
97.5 percentil de todos los modelos	1.5	2.3	4.5
Estación de lluvias, RCP 8.5			
Media de los modelos usados en los escenarios nacionales de México	1.1	1.8	3.3
Media de todos los modelos	1.1	1.8	3.4
2.5 percentil de todos los modelos	0.6	1.3	2.5
97.5 percentil de todos los modelos	1.4	2.6	4.7
Estación seca, RCP 4.5			
Media de los modelos usados en los escenarios nacionales de México	0.9	1.3	1.9
Media de todos los modelos	0.9	1.3	1.9
2.5 percentil de todos los modelos	0.6	1.0	1.2
97.5 percentil de todos los modelos	1.3	2.0	2.6
Estación de lluvias, RCP 4.5			
Media de los modelos usados en los escenarios nacionales de México	1.0	1.5	2.1
Media de todos los modelos	1.0	1.5	2.0
2.5 percentil de todos los modelos	0.4	1.0	1.2
97.5 percentil de todos los modelos	1.4	2.2	2.9

Fuente: Autores de este reporte

TABLA 2.9

Proyección de cambios en precipitación mm/día para Manzanillo según los modelos acoplados de CMIP5

Estación, Trayectoria RCP	2020-2029	2040-2049	2070-2079
Estación seca, RCP 8.5			
Media de los modelos usados en los escenarios nacionales de México	-0.3	-0.4	-0.7
Media de todos los modelos	-0.3	-0.5	-0.7
2.5 percentil de todos los modelos	-1.0	-1.5	-1.5
97.5 percentil de todos los modelos	0.1	-0.1	-0.2
Estación de lluvias, RCP 8.5			
Media de los modelos usados en los escenarios nacionales de México	-0.1	-0.2	-0.4
Media de todos los modelos	-0.1	-0.3	-0.4
2.5 percentil de todos los modelos	-1.2	-1.4	-1.9
97.5 percentil de todos los modelos	1.5	1.2	1.2
Estación seca, RCP 4.5			
Media de los modelos usados en los escenarios nacionales de México	-0.2	-0.3	-0.4
Media de todos los modelos	-0.3	-0.3	-0.4
2.5 percentil de todos los modelos	-1.3	-0.9	-1.1
97.5 percentil de todos los modelos	0.1	0.3	0.2
Estación de lluvias, RCP 4.5			
Media de los modelos usados en los escenarios nacionales de México	-0.3	-0.3	-0.4
Media de todos los modelos	-0.3	-0.3	-0.3
2.5 percentil de todos los modelos	-1.2	-1.7	-1.6
97.5 percentil de todos los modelos	0.4	0.6	1.2

Fuente: Autores de este reporte

del ciclo anual. Por ejemplo, un comienzo más húmedo para la temporada de lluvias y un final más seco para esa temporada puede conllevar a que no se vea ningún cambio si solamente se considera la temporada completa. Tales cambios pueden sin embargo, ser evidentes en plazos mensuales. El rango de cambios generado por el conjunto CMIP5 se reporta en percentiles 2.5 y 97.5.

Para la década del 2020 bajo una trayectoria de RCP 8.5 (Tabla 2.8 y Apéndice 4, Figura 4.38 y Figura 4.39), el conjunto de cambios en la temperatura media en los meses de la temporada de secas es cerca de 1.0˚C en un rango de 0.5 a 1.5˚C (percentiles 2.5 a 97.5) de diciembre a marzo, incrementando a un cambio de alrededor de 1.1˚C y a un rango de 0.6 a 1.4˚C de abril y mayo. Los meses de la temporada de lluvias muestran un incremento de la temperatura de 1.0 a 1.1˚C en un rango estable de 0.6 a 1.4˚C (percentiles 2.5 a 97.5). La precipitación durante la temporada seca decrece (cambio máximo de -0.8 mm/día en enero, en un rango de -3.5 a 1.8 en diciembre, enero y febrero decreciendo a alrededor de -0.8 a 1.0 mm/día en abril (Tabla 2.9 and Apéndice 4, Figura 4.38 y Figura 4.39). La temporada de secas muestra, en su conjunto, un cambio proyectado en la media del modelo acoplado de –0.1mm por día con un rango de percentiles 2.5 a 97.5 de -1.2 a 1.5 mm por día. No hay cambio en el conjunto de lluvia media en mayo. La precipitación durante la temporada de lluvias muestra pocos cambios para la década de los 2020s, aunque la dispersión en el ensamble es alta, por ejemplo el rango para el mes de septiembre es de -4.0 mm/día (percentil 2.5) a 4.5 mm/día (percentil 97.5).

Para la década del 2040 una trayectoria de RCP 8.5 (ver Tabla 2.8 y Apéndice 4, Figura 4.40 y Figura 4.41), el conjunto de cambios en la temperatura media para los meses de la temporada de secas es típicamente de 1.7˚C con un rango de 0.7 a 2.6˚C (percentiles 2.5 a 97.5) de diciembre a febrero, incrementando a un rango de 0.3 a 3.6˚C en abril. Para la temporada de secas en su conjunto el rango a lo largo de los percentiles es de 1.3 a 2.6˚C. La lluvia en los meses de la temporada de secas decrece (cambio máximo de -0.7 mm/día en diciembre, en un rango de -3.5 a 1.8 en enero y febrero decreciendo a alrededor de -1.8 a 0.6 mm/día en abril) (Tabla 2.9 y Apéndice 4, Figura 4.40 y Figura 4.41). Así como en los 2020, no hay cambio en el conjunto de lluvia media en mayo. Los meses de la temporada de lluvias muestran un incremento de la temperatura de 1.7 a 1.8˚C y un rango sostenido de 1.3 a 2.6˚C. La precipitación muestra un cambio pequeño a pesar de que la dispersión en el conjunto es amplia, por ejemplo -4.0 mm/día a 4.3 mm/día en agosto. La media de cambio en el conjunto es de -0.3mm por día en la estación de lluvias.

Para la década del 2070, bajo una trayectoria de RCP 8.5 (Tabla 2.8 y Apéndice 4, Figura 4.42 y Figura 4.43), el conjunto de cambios para la temperatura media en los meses de la temporada de secas es de 2.9 a 3.1˚C con un rango de 2.2 a 4.5°C (percentiles 2.5 a 97.5) en febrero y marzo, incrementando en un rango de 2.2 a 5.5°C en abril y mayo. La lluvia en los meses de la temporada de secas decrece (Tabla 2.9 y Apéndice 4 Figura 4.42 y Figura 4.43) con un cambio máximo de -1.0 mm/día en enero y febrero, en un rango de -4.5 a 0.8 en enero decreciendo a alrededor de -1.0 a 0.2 mm/día en mayo. En enero, febrero y marzo, pocos modelos del conjunto simulan condiciones más húmedas. En enero solo dos modelos son húmedos y en febrero solo uno es húmedo. No hay cambio en el conjunto de lluvia media en abril.

Los meses en la temporada de lluvias muestran un incremento de temperatura de alrededor de 3.3°C y un rango constante alrededor de 2.5 a 4.7 °C. La lluvia muestra poco cambio a pesar de que en junio y julio es más seco (-1.0 mm/día) y septiembre y octubre más lluvioso en alrededor de 0.6 mm/día. En junio y julio, solo 4 y 3 modelos respectivamente muestran condiciones más lluviosas.

Vientos

Al igual que con el análisis hecho a la escala de México y presentado anteriormente, los cambios en la velocidad del viento proyectados para Manzanillo son muy pequeños (Tabla 2.10). Los cambios medios de la velocidad del viento proyectados por del conjunto de modelos en la temporada seca y la de lluvias es de 0.1 m/s como máximo, con un rango de -0.3 a 0.3 m/s (percentiles 2.5 a 97.5).

¿Cómo se compara el gran conjunto de modelos de CMIP5 usados aquí con los modelos usados en el escenario mexicano? En la década de 2040, el conjunto grande de modelos usado en este estudio produce condiciones ligeramente más calientes en 9 de 12 meses y en los meses restantes hay mucha concordancia con el conjunto más pequeño usado en los escenarios nacionales. El conjunto grande presenta más lluvias que el modelo usado en los escenarios nacionales en 5/6 de los meses de la temporadas de lluvias y más seco en 3/6 meses de la temporada seca. En los meses restantes hay mucha concordancia entre los conjuntos. En resumen, el conjunto grande de modelos aporta un estimado más estable de los cambios. Este conjunto ciertamente da una evaluación más razonable del rango de cambio si se examinan los extremos como en el uso frecuente de los percentiles PICC 2.5 y 97.5. Calculando estos percentiles para un conjunto pequeño de 15 modelos probablemente lleva a resultados confusos.

En la década 2070, el conjunto grande usado en este estudio producirá condiciones ligeramente más cálidas en 7 de 12 meses y en el resto de los meses hay concordancia con el conjunto pequeño usado en los escenarios nacionales. El conjunto grande presenta más lluvias que el modelo usado en el escenario nacional en 2/6 de los meses de la temporada de lluvia y es similar en todo excepto en uno de los meses de la temporada seca.

Cambios en extremos diarios

Idealmente sería muy útil conocer los cambios en la frecuencia de ocurrencia de los umbrales diarios de lluvia, velocidad del viento y temperatura. Para obtener tales medidas, serán necesarios datos diarios de varios modelos climáticos regionales de alta resolución. Las simulaciones de modelos climáticos regionales para México están disponibles en 4 modelos diferentes por medio del portal de escenarios climáticos nacionales[39]. Pero, en el portal solo están disponibles de forma mensual y no para datos diarios[xxii]. Como resultado, no es posible calcular la tendencia en la frecuencia de la ocurrencia de los umbrales diarios.

Con el fin de analizar cambios en los extremos climáticos es posible ejecutar un conjunto de modelos climáticos regionales y almacenar datos diarios. El proceso es computacionalmente exigente pero produce datos a más alta resolución espacial que pueden proporcionar más información. Sin embargo, los modelos regionales producen sus propios prejuicios o inclinaciones y estos deben ser estudiados cuidadosamente. Además, los modelos regionales que se ejecutan en cuadriculas superiores a los 4 km, al igual que los modelos climáticos globales, requieren parametrización de la convección que controla los fenómenos climáticos extremos. Si se ejecuta en una cuadricula menor a 4 km, la convección se puede resolver de forma explícita. En los casos en que esto se ha hecho (por ejemplo, el Reino Unido), hay grandes saltos en los extremos simulados por el modelo en comparación con las versiones de resolución mucho menor. Los recursos necesarios para un estudio de este tipo son considerables y están más allá del alcance de este estudio.

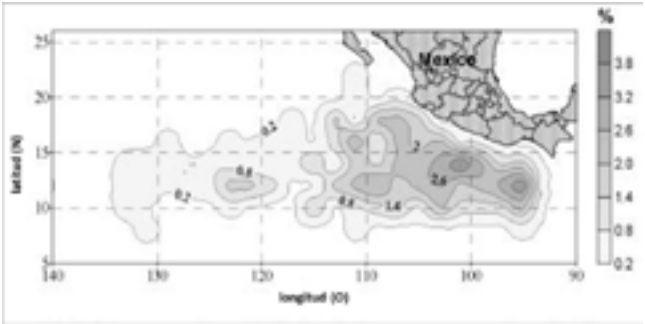
En ausencia de datos provistos por el modelo climático regional requeridos, un enfoque plausible es extrapolar las tendencias observadas en la frecuencia de ocurrencia de los umbrales diarias en el futuro (tal como se discute en la Sección 2.1.1, apartado "Tendencias climáticas observadas: umbrales de precipitación y vientos en base a datos diarios"), suponiendo que sigan de una manera lineal. Este enfoque ha sido adoptado en el análisis de los riesgos para el puerto que se describe en la Sección 3.

2.1.3. Ciclones Tropicales

Se sabe que los ciclones tropicales y tormentas tropicales pueden interrumpir las operaciones en Manzanillo. Al mismo tiempo, los modelos climáticos globales, la herramienta fundamental para la predicción del clima, son actualmente demasiado gruesos en su resolución espacial como para asimilar estas características importantes de la atmósfera. Los cambios en los vientos estacionales reportados anteriormente a partir del modelo climático reflejan una amplia escala de cambios en los vientos tropicales del este que resultan de ajustes a características como ciclones subtropicales, anticiclones y la baja presión ecuatorial, más que los cambios en la frecuencia, intensidad y trayectoria de tormentas tropicales. En esta sección, se analizan los datos relacionados a las interrupciones de operaciones de la terminal de Manzanillo que es más sensible a los ciclones tropicales (PEMEX). Solo fueron entregados datos de PEMEX para 2014. El propósito de este análisis es medir la naturaleza de la intensidad de las tormentas tropicales es relación a la interrupción. Este trabajo es precedido por antecedentes generales en ciclones tropicales en el Pacífico del Noreste.

FIGURA 2.7

Climatología de la frecuencia de ciclones tropicales en % de días por año en un período de 39 años



Fuente: Romero-Vadillo et al. 2007 [40]

El Pacífico del Noreste tiene la segunda frecuencia anual más alta de ciclones tropicales a nivel global después del Pacífico Oeste. La costa oeste de México tiene una frecuencia más alta de huracanes que la costa del Golfo de México. El área principal de desarrollo de ciclones del Pacífico Tropical del Este está en el Golfo de Tehuantepec, entre los 8 y 15°N (Manzanillo está en 19°N, 104°W) (Figura 2.7 y Figura 2.8). En la amplia región del Pacífico del Noreste hay un promedio de 8.8 ciclones tropicales y 7.4 tormentas tropicales por año (basado en datos de 39 años). El ciclo anual de frecuencia tiene sus picos en agosto, pero 7 de las 8 tormentas más intensas entre 1966 y 2004 ocurrieron a fines de septiembre y principios de octubre. La trayectoria de los ciclones es muy variable a pesar de que cerca del 50% de los ciclones tropicales giran de norte a noreste, con pocos pasando más al norte de 30°N debido a la Corriente fría de California. Los eventos de ENSO (El Niño-Oscilación del Sur) impone un complicado patrón de frecuencia de ciclones tropicales con alta frecuencia en septiembre pero no menor frecuencia en el mes pico de ocurren-

TABLA 2.10

Proyecciones en cambios de velocidad (m/s) para Manzanillo según resultados de modelos acoplados CMIP5.

Estación, Trayectoria RCP	2020-2029	2040-2049	2070-2079
Estación seca, RCP 8.5			
Media de los modelos usados en los escenarios nacionales de México	0.0	0.1	0.1
Media de todos los modelos	0.0	0.1	0.1
2.5 percentil de todos los modelos	-0.1	-0.2	-0.2
97.5 percentil de todos los modelos	0.1	0.2	0.2
Estación de lluvias, RCP 8.5			
Media de los modelos usados en los escenarios nacionales de México	0.0	0.0	0.0
Media de todos los modelos	0.0	0.0	0.0
2.5 percentil de todos los modelos	-0.2	-0.2	-0.3
97.5 percentil de todos los modelos	0.1	0.3	0.3
Estación seca, RCP 4.5			
Media de los modelos usados en los escenarios nacionales de México	0.0	0.0	0.0
Media de todos los modelos	0.0	0.0	0.0
2.5 percentil de todos los modelos	-0.1	-0.1	-0.2
97.5 percentil de todos los modelos	0.1	0.1	0.1
Estación de lluvias, RCP 4.5			
Media de los modelos usados en los escenarios nacionales de México	0.0	0.0	0.0
Media de todos los modelos	0.0	0.0	0.0
2.5 percentil de todos los modelos	-0.1	-0.2	-0.2
97.5 percentil de todos los modelos	0.1	0.1	0.1

Fuente: Autores de este reporte

cia en agosto (Figura 2.9). La variación es grande en la ocurrencia interanual y casi decadal de tormentas tropicales y huracanes (Figura 2.10) en el Pacífico del NE. Los años extremos difieren por un factor >2.5. No hay tendencias claras en la frecuencia de ocurrencia.

Los ciclones tropicales han migrado hacia los polos a una tasa de cerca de 50 km por década sobre un periodo de 31 años de 1982 a 2012[44] (ver Figura 2.11). Es posible que esta tendencia continúe, conllevando a que caigan menos ciclones tropicales sobre Manzanillo, aunque falta confianza en esta predicción. Estos cambios se piensa que se relacionan al cambio en la estructura meridional media del gradiente del viento ligado al ensanchamiento general de la Circulación Hadley.[xxiii]

En el Cuarto Reporte de Evaluación del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático[46] (IPCC AR4, por sus siglas en inglés), los modelos de alta resolución de la atmósfera reprodujeron la frecuencia y distribución de los ciclones tropicales, pero subestimaron su intensidad. Nótese que fueron modelos 'solo de atmósfera' en vez de los modelos acoplados de océano -atmósfera normalmente usados en la predicción climática. Desde el IPCC AR4, al menos un modelo global (MRI-AGCM) a 20 km de resolución horizontal simula ciclones tropicales tan intensos como los observados. Pero éste modelo es inusual y las proyecciones de cambio climático necesitan más de un modelo, y modelos que estén acoplados. Es posible que falten unos 5 a 10 años para que salga un modelo global climático con suficiente resolución espacial para simular futuros cambios en la actividad de ciclones tropicales.

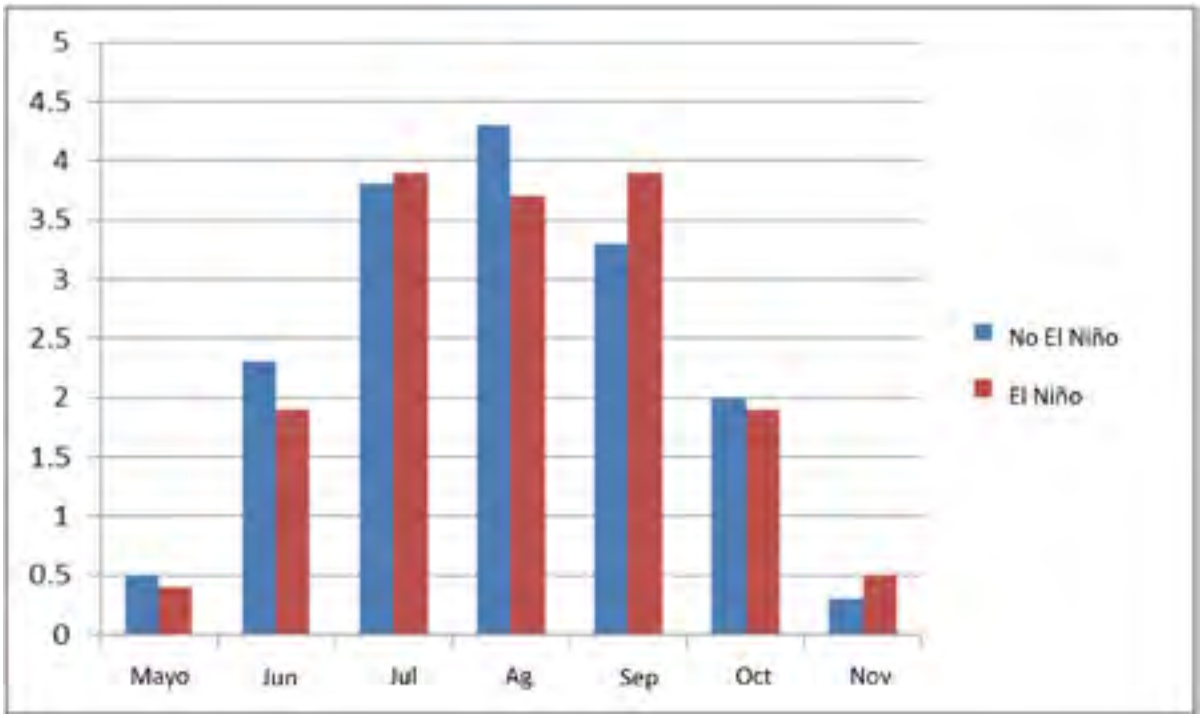
FIGURA 2.8

Distribución de ciclones tropicales en su momento de máxima intensidad mostrada con puntos

Fuente: Ramsay, 2014 [41]

FIGURA 2.9

Influencia de ENSO en el promedio de ciclones tropicales que ocurren por mes



Fuente: Romero-Vadillo et al. 2007 [42]

A falta de disponibilidad de dicha información, se ha investigado la temporada de interrupción de operaciones del 2014 en PEMEX. En todos los casos, los eventos responsables de la interrupción fueron ya sea tormentas tropicales o ciclones tropicales. Las rutas y la intensidad de las tormentas se muestran en la Figura 2.12. Por otro lado, las trayectorias de las tormentas y ciclones en el Pacífico Noreste mencionadas que no fueron responsables de una interrupción se muestran en el Apéndice 4, Figura 4.44. Los vientos, como fueron simulados por el modelo numérico de predicción del Centro Nacional de Predicción Ambiental, se muestran en El Apéndice 4, Figura 4.45. Es claro que la principal diferencia entre las tormentas responsables de interrupción y aquellas que no lo han sido es su proximidad a Manzanillo. Sólo aquellas tormentas que pasaron muy cerca de Manzanillo y normalmente dentro de unas cuantas decenas de kilómetros, condujeron a interrupciones. Dado que estas tormentas afectaron la operación de PEMEX, son por ello definidas como "golpes directos" al puerto. No es el caso de la mayoría de las tormentas, que son lejanas al puerto. También es evidente que aun los modelos de predicción de clima de alta resolución numérica con asimilación realista de los datos observados no son capaces de simular las características de los vientos de los ciclones tropicales (ve Apéndice 4, Figura 4.45).

Para proyecciones futuras de las tormentas se muestran los resultados basados en el juicio de nuestros expertos de cuatro características de los ciclones tropicales para el Pacífico NE (para 2080-2100 relativo a 2000-2019 bajo un escenario medio de emisiones de gas de efecto invernadero)[47]:

1. Una reducción en la frecuencia anual de las tormentas tropicales
2. Incapacidad de observar la frecuencia de tormentas de Categoría 4 o 5
3. Un incremento en la vida media de máxima intensidad
4. Un incremento en la tasa de precipitación dentro de 200 km

Actualmente no existe un método disponible para evaluar como los ciclones tropicales pudieran cambiar su trayectoria en el futuro. A pesar de que hay un movimiento observado hacia los polos en la fase más intensa de los ciclones tropicales, no resulta claro si acaso las trayectorias serán más largas y si las tormentas van a desarrollarse en localidades pero asimismo se irán moviendo hacia los polos.

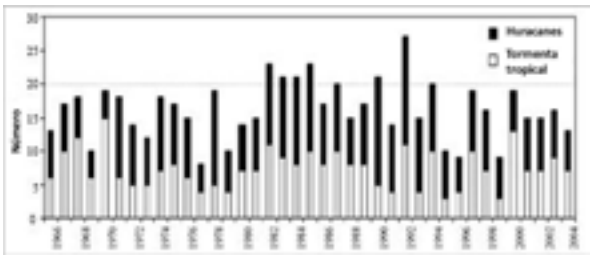
De cualquier modo, resulta razonable planear que habrá:

- Menor número de tormentas
- Aumento en la intensidad de las tormentas y por lo tanto vientos, precipitaciones y marejadas como producto de las tormentas tropicales

En base a las conclusiones técnicas señaladas anteriormente, las pruebas de sensibilidad se han desarrollado para los posibles cambios futuros en los ciclones tropicales (Tabla 2.11). Estas pruebas se aplican en la Sección 3 para permitir la evaluación de los riesgos para diversos aspectos del rendimiento del puerto.

FIGURA 2.10

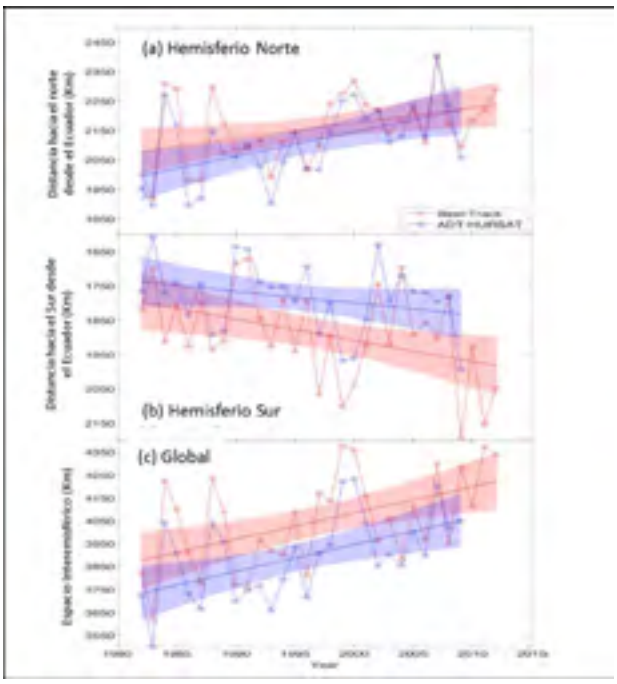
Frecuencia de ciclones tropicales (barras en negro) y tormentas tropicales (barras en blanco) en el NE Pacífico entre 1996 y 2004. Las barras blancas representan tormentas tropicales y las oscuras representan huracanes



Fuente: Romero-Vadillo et al. 2007 [43]

FIGURA 2.11

Tendencia de movimiento de ciclones tropicales hacia los polos observada desde 1980



Fuente: Kossin et al. 2014 [45]

TABLA 2.11

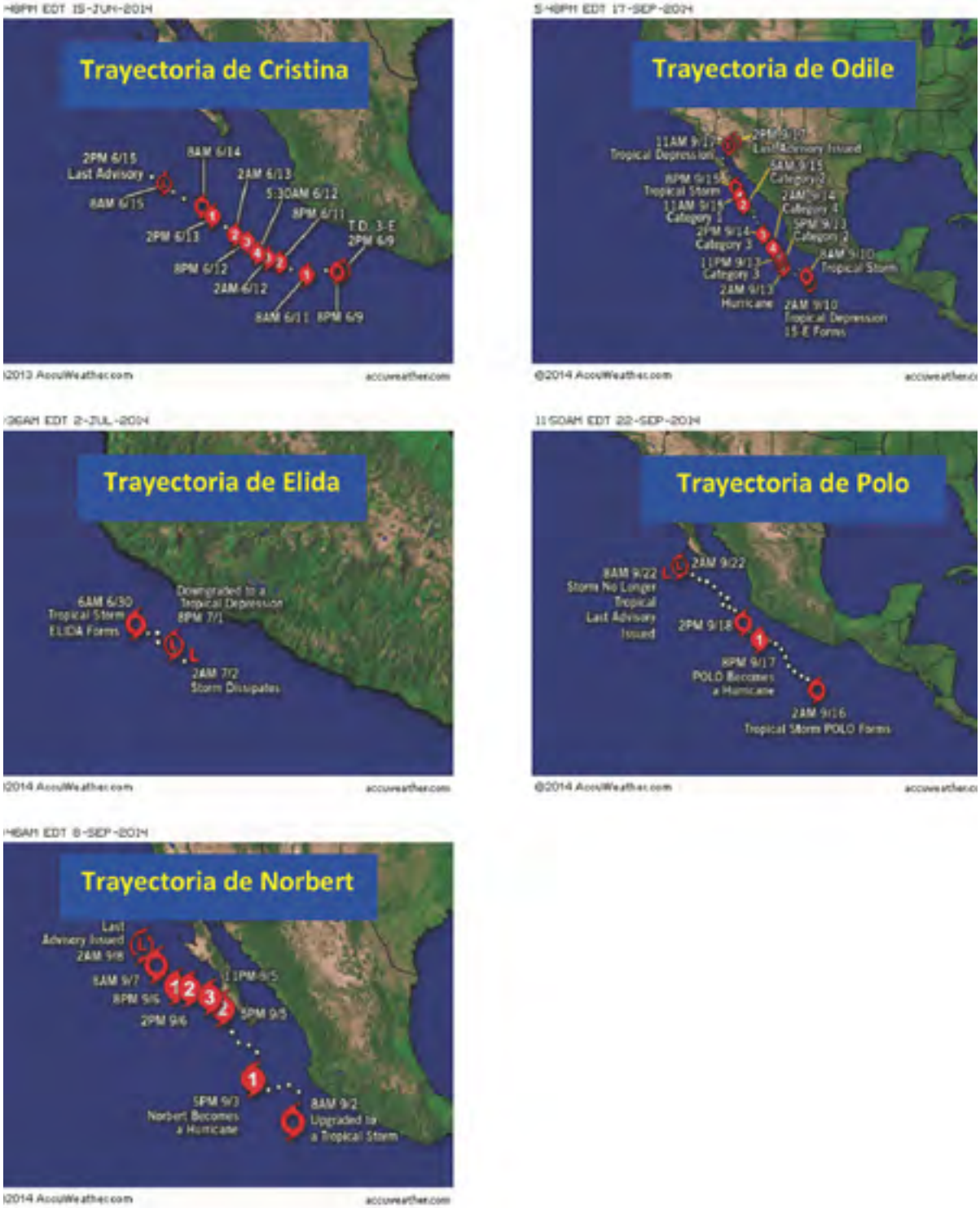
Pruebas de sensibilidad desarrolladas para este estudio para cambios potenciales futuros en los ciclones tropicales que afectan Manzanillo

Conclusiones de expertos	Pruebas de sensibilidad para cambios para la década de 2050s
Una disminución en la frecuencia anual de las tormentas tropicales	25% de disminución en la frecuencia 50% de disminución en la frecuencia
Una inhabilidad para comentar respecto a la frecuencia de las tormentas de categoría 4 o 5	25% de incremento en la frecuencia 25% de disminución en la frecuencia
Un aumento en la vida media de la intensidad máxima	25% de incremento en la vida media 50% de incremento en la vida media
Un aumento en la tasa de precipitación en un radio de 200 km	25% de incremento en la tasa de precipitación en un radio de 200km 50% de incremento en la tasa de precipitación en un radio de 200km

Fuente: Autores del reporte

FIGURA 2.12

Trayectoria de tormentas tropicales en 2014 responsables de limitaciones operacionales en las instalaciones de PEMEX



Fuente: AccuWeather.com

2.2. Hidrología

2.2.1. Actual

Manzanillo está situado en la región costera central del Estado de Colima. Un estudio reciente del Instituto para el Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable (IMADES), incorporado en el Programa Estatal de Cambio Climático, PECC[48], estima la distribución actual espacial de los días más lluviosos (percentil 99 de la precipitación diaria) en la región (Figura 2.13). Las regiones costeras son afectadas por lluvias más intensas.

La intensidad de la lluvia es más alta durante las tormentas tropicales. La Figura 2.14 muestra la trayectoria y la intensidad de la lluvia durante el Huracán Jova en 2011. El estado de Colima incluyendo el Puerto de Manzanillo experimentó más de 300 mm de lluvia entre el 11 y 12 de octubre de 2011.

Debido a la topografía de los alrededores de Manzanillo, el puerto es un punto focal de descarga para varias cuencas. La urbanización y el desarrollo han modificado este sistema más todavía, incrementando el flujo durante las lluvias intensas. Estudios recientes muestran que ciertas áreas del puerto y de la Laguna de las Garzas localizada más al norte son ahora sujetos a un riesgo de inundación más alto.

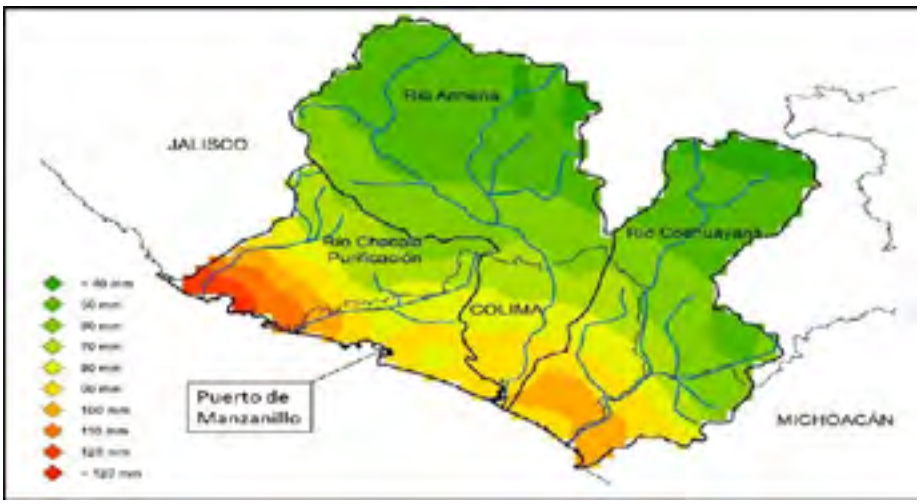
Descargas

Para propósitos de este estudio se clasifican como 'descargas' todos los ríos, canales de drenaje y cualquier otro flujo de agua fresca hacia el mar. Un estudio de 2008[51] y un modelo de CONAGUA[52] aportaron datos de la intensidad de la lluvia y de las descargas de drenaje que influyen en áreas críticas del puerto de Manzanillo. Estos datos fueron incorporados en el análisis hidrológico llevado a cabo para este estudio (Apéndice 5). Un resumen de los principales resultados y datos se presenta más adelante.

Las descargas alrededor del puerto pueden inicialmente ser divididas en dos zonas principales de drenaje. Las líneas azules en la Figura 2.15 muestran los límites de los sistemas separados de captación y drenaje que rodean al puerto. Una zona que descarga directamente

FIGURA 2.13

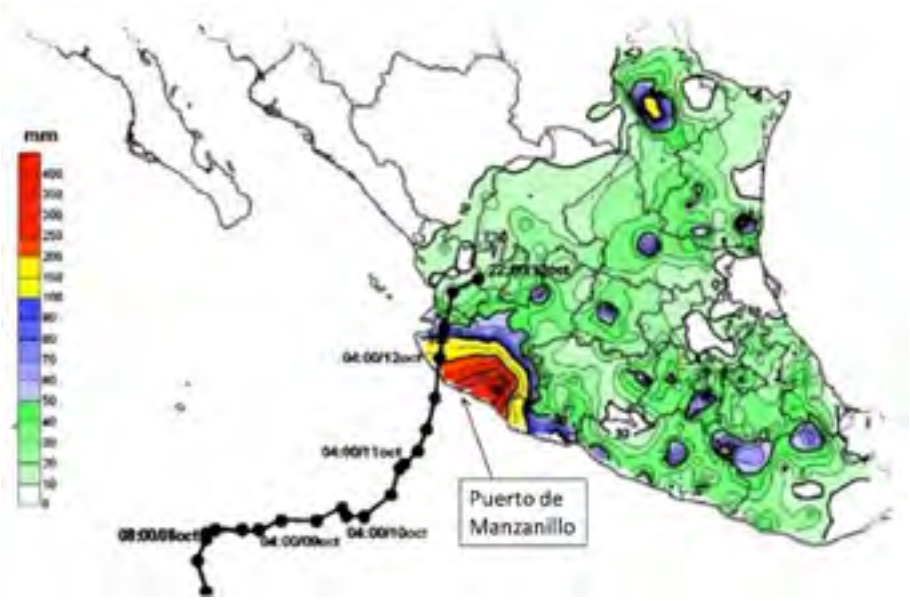
Distribución espacial del percentil 99 de la precipitación diaria en cuencas de ríos en el Estado de Colima



Fuente: IMADES, 2014 [49]

FIGURA 2.14

Trayectoria del Huracán Jova e intensidad de la lluvia (mm) registrada entre el 8 y el 12 de octubre de 2011



Fuente: IMADES, 2014 [50]

en la Laguna de San Pedrito donde se localiza el puerto (Zona A) y otra zona que descarga por separado en la Laguna de las Garzas que está conectada a la Laguna de San Pedrito a través de un canal de 700 m (Zona B).

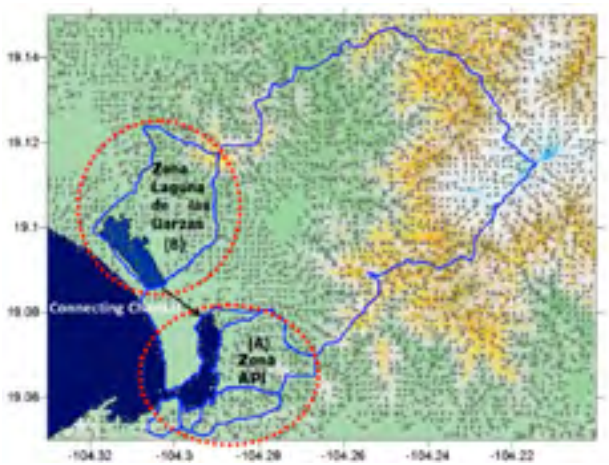
La ruta del drenaje (Figura 2.16) que más frecuentemente presenta sobrecarga e inundaciones en el puerto se marca en la Figura 2.17. La principal descarga sigue la ruta 98 durante el último tramo de 1.6 km en Manzanillo. Esta sección de 1.6 km actualmente está siendo contenida en una alcantarilla de concreto rectangular. Al alcanzar el puerto la descarga entra al Drenaje 3 y corre debajo del patio de la terminal, saliendo debajo del muelle a la cuenca del puerto. Para propósito de este estudio, esta ruta de descarga se llamará la descarga del Arroyo Jalipa.

Inundación por lluvias

Los caminos de entrada al puerto, el área de aduana y las vías internas de acceso y salida del puerto son sujetos a inundaciones casi cada año debido entre varias causas a la acumulación de escombros en el drenaje que viene del municipio, a la naturaleza impermeable

FIGURA 2.15

Zonas de descarga en el interior de la zona portuaria



Fuente: ERN, 2008 [53]

de la infraestructura del puerto (lo que incrementa la escorrentía de las tormentas), y al hecho que la capacidad de drenado es insuficiente, (Figura 2.18).

Para entender la relación entre la lluvia actual y futura así como las inundaciones en el puerto y los impactos potenciales del cambio climático en el de diseño de los caudales, se ha llevado a cabo un análisis hidrológico. Los resultados se presentan en la Sección 3.6.1, apartado "Inundaciones".

Sedimentación

La sedimentación ocasionada por materiales transportados en el agua que drena al interior del puerto conlleva a una disminución del espacio de calado en ciertas áreas del puerto. Esto ha resultado en demoras en el amarre de los buques, y afecta el requerimiento anual de mantenimiento de dragado.

El puerto tiene canales de acceso primarios y secundarios, con dos áreas de giro, que sirven a las áreas del sur y del norte. La sedimentación se reporta concentrada en las áreas sombreadas Figura 2.20.

Estas rutas primarias de sedimentación son causadas por dos sistemas de drenaje en la cuenca del puerto (Zona A y B, Figura 2.15). Estos sistemas principales resultan en la ruta de descarga del Arroyo Jalipa a través del Drenaje 3 (Zona A), y el canal que conecta y recibe el flujo de la Laguna de las Garzas (Zona B).

FIGURA 2.16

Ruta de la descarga del Arroyo Jalipa en el Puerto de Manzanillo siendo contenida en una alcantarilla de concreto

Fuente: Autores de este reporte

FIGURA 2.17

Area de captación y ruta de drenaje del Arroyo Jalipa en el puerto de Manzanillo. La descarga del arroyo Jalipa hacia el puerto se ve marcada en amarillo

Fuente: CONAGUA, 2014 [54]

Datos hidrológicos a detalle de estas rutas y los niveles de sedimentación para cada fuente no estuvieron disponibles para este estudio. Sin embargo, la sedimentación total actual que entra a la cuenca del puerto es de 0.5 millones de m^3 de material por año. Este debe ser removido a través del programa de dragado de mantenimiento. La relación entre sedimentación y el requerimiento de dragado de mantenimiento se discute en la Sección 3.4.

FIGURA 2.18

Area de aduanas y camino de acceso principal sujeto a inundaciones anuales

Fuente: API Manzanillo, 2015 [55]

IMPSA
SWL

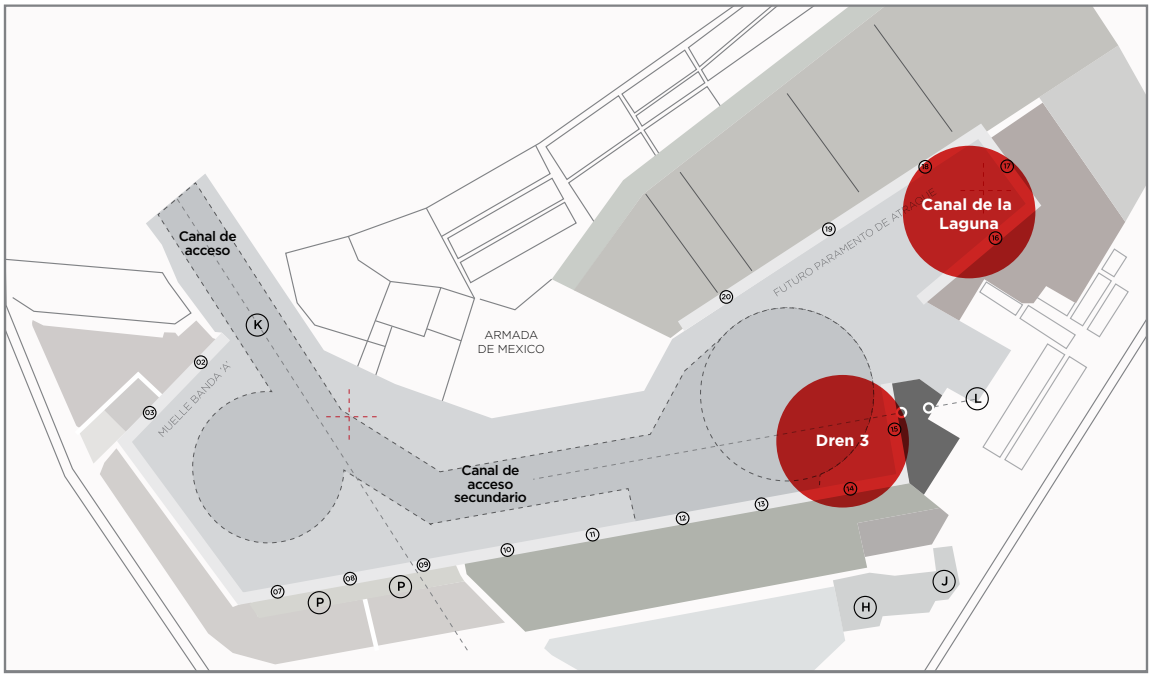
FIGURA 2.19

Ubicación de los drenajes de descarga en la cuenca del puerto; la descarga del Arroyo Jalipa está marcada en amarillo

Fuente: CONSULTEC, 2013 [56]

FIGURA 2.20

Canales de acceso al puerto primarios y secundarios y áreas de incremento de la sedimentación



Fuente: API Manzanillo [57]

2.2.2. Futuro

Descargas

Las inundaciones en el puerto pueden provocar inundaciones costeras debido a las marejadas, fuertes tormentas que causan estancamientos de agua, y/o fuertes lluvias que causan sobrecarga en el sistema de drenaje de entrada al puerto. El análisis de los eventos históricos no indica problemas regulares significativos con inundaciones costeras y/o agrupaciones de precipitaciones por lluvias. La causa más significativa fueron las fuertes lluvias que causaron sobrecarga del sistema de drenaje de entrada al puerto. El análisis de las 'inundaciones por lluvias' en el estudio se enfoca en la relación entre la intensidad de la lluvia y el grado de inundación de este sistema de drenaje.

Para la región de Centroamérica y México, se espera que el valor medio de retorno de precipitación en un intervalo de 24-hr en 20 años crezca aproximadamente un 8% para el periodo de 2046 a 2065 (2050) y aproximadamente 10% para el periodo de 2081 a 2100.[58]

Ya se están notando cambios en la intensidad de las precipitaciones en Manzanillo: en el análisis de los datos del ERA-I para el periodo de 1979 a 2012 se encontraron tendencias crecientes estadísticamente significativas para los umbrales de lluvia de 10mm y 20mm en junio. Asumiendo que estas tendencias observadas continuarán en las próximas décadas, se estima que la frecuencia de la ocurrencia de eventos diarios de lluvia que excedan los 20 mm durante la época de lluvias crezca un 57% para 2030.[xxiv]

El análisis hidrológico llevado a cabo para este estudio aporta información sobre la intensidad de las lluvias actualmente y los flujos máximos estimados para varios periodos de retorno para la cuenca del Drenaje 3 (Tabla 2.12).

Los valores máximos de descarga en el periodo de retorno fueron entonces proyectados para mostrar crecimiento en una proporción equivalente al cambio en la intensidad de la lluvia, a saber las estimaciones del PICC del 8% para la década de 2050 y del 10% para la década de 2080.[60] La Tabla 2.13 compara la descarga máxima estimada para el periodo de retorno para la captación del Drenaje 3 para varios periodos de retorno y periodos futuros.

Inundación por lluvias

El incremento estimado futuro en la intensidad de lluvia que se discutió en la Sección 2.2.2, apartado "Descargas" traerá consigo una sobrecarga más frecuente en el drenaje natural de las cuencas. Comparando los datos en la Tabla 2.13 se estima que el flujo máximo actual de 1-en-100 años (350 m^3/s), observado en el Drenaje 3, se presente el doble de veces (aproximadamente el evento de flujo máximo de 1-en-50 años) para la década de 2050. De igual manera, se estima que el flujo máximo actual de 1-en-50 años (309 m^3/s) tenga un intervalo de recurrencia de aproximadamente 25 años para la década de 2050. Esta tendencia continúa para la década de 2080.

Los resultados sugieren que tanto la intensidad de la lluvia como el flujo máximo para la captación del Drenaje 3 se incrementarán tanto en magnitud como en frecuencia en un futuro bajo la influencia del cambio climático. Para el mismo periodo de retorno, el volumen de la descarga que entra al puerto se incrementará significativamente. Si la capacidad del drenaje actual permanece igual, entonces crecerá la probabilidad de saturación del drenaje y por consiguiente la incidencia de inundaciones.

Estos hallazgos son aplicados a los riesgos específicos del puerto en la Sección 3.6.1, apartado "Inundaciones".

TABLA 2.12

Intensidades de lluvia estimadas actuales y flujo del periodo de retorno (Q_{Pico}) para la cuenca del Drenaje 3

Periodo de Retorno (años)	Intensidad (mm/hr)	QPico (m^3/s)
2	38	107
5	59	165
10	74	208
20	90	252
50	110	309
100	125	350
200	141	396

Fuente: Autores de este reporte

TABLA 2.13

Periodos de retorno estimados para la intensidad de la lluvia y descarga máxima (QPeak) actualmente, en la década de 2050 y de 2080 para la cuenca del Drenaje 3

Periodo de retorno (años)	Actualmente		Década de 2050		Década de 2080	
	Intensidad (mm/hr)	Qpeak (m^3/s)	Intensidad (mm/hr)	Qpmax (m^3/s)	Intensidad (mm/hr)	Qp-max(m^3/s)
2	38.3	107	41	116	42	118
5	58.8	165	64	178	65	181
10	74.3	208	80	225	82	229
20	89.8	252	97	272	99	277
50	110.3	309	119	334	121	340
100	125.1	350	135	379	138	386
200	141.3	396	153	428	155	435

Fuente: Autores de este reporte

Sedimentación

Para este estudio no hubo estimaciones disponibles de las concentraciones de sedimento en la captación del Drenaje 3; por lo tanto, las estimaciones en los cambios potenciales para las descargas de sedimento bajo el cambio climático están restringidas a una discusión cualitativa.

La descarga de sedimento varía proporcionalmente con el flujo de descarga. Basado en el análisis hidrológico, es por lo tanto probable que un incremento en el flujo máximo lleve a un incremento en el sedimento arrastrado.

Sin embargo, es un reto predecir de qué grado será el incremento. Si hay cambios en la Intensidad-Duración-Frecuencia y flujo máximo que no afecten la concentración de sedimento, entonces podría esperarse que la carga de sedimento se incremente proporcionalmente con el flujo máximo. Sin embargo, los fenómenos de lluvia más frecuentes y de mayor intensidad (los estimados de PICC son de 8% para la década de 2050 y de 10% para la de 2080[59] podrían tener el efecto de causar que las gotas de lluvia desalojen un mayor número de partículas del suelo al entrar en contacto con la superficie de la tierra. Esto puede incrementar la sedimentación de forma no lineal. Similarmente, flujos máximos más altos podrían incrementar la corrosión del canal de forma no lineal.

Para permitir por lo menos un análisis preliminar, este estudio asume que el incremento en la carga de sedimento a la cuenca se relaciona únicamente al incremento total del flujo. Este punto y su efecto en la falta de calado, amarre y el requerimiento de mantenimiento de drenaje se discute más a detalle en la Sección 4.1.2.

2.3. Oceanografía

2.3.1. Actual

Los siguientes parámetros oceanográficos fueron evaluados para entender las condiciones actuales:

- Nivel medio del mar
- Marejadas
- Climatología del oleaje

Nivel medio del mar y mareas

Para los puertos, el aumento del nivel del mar es frecuentemente la amenaza más significativa generada por el cambio climático. En cualquier localidad los niveles del mar son afectados por varios procesos de corto y largo plazo que son sensibles a factores climáticos.

En el largo plazo el aumento del nivel del mar es provocado por un efecto combinado del cambio climático, movimientos del terreno y reducción de aguas subterráneas.[60] Las áreas que experimentan levantamiento del terreno en relación al nivel del mar generalmente son menos vulnerables a las inundaciones que aquellas áreas afectadas por hundimiento.

Los niveles del mar de corto plazo son influenciados por la amplitud de las mareas, las marejadas y por las olas. Las contribuciones de corto plazo que afectan el nivel del mar están representadas en la Figura 2.21.

Aumento del nivel del mar observado

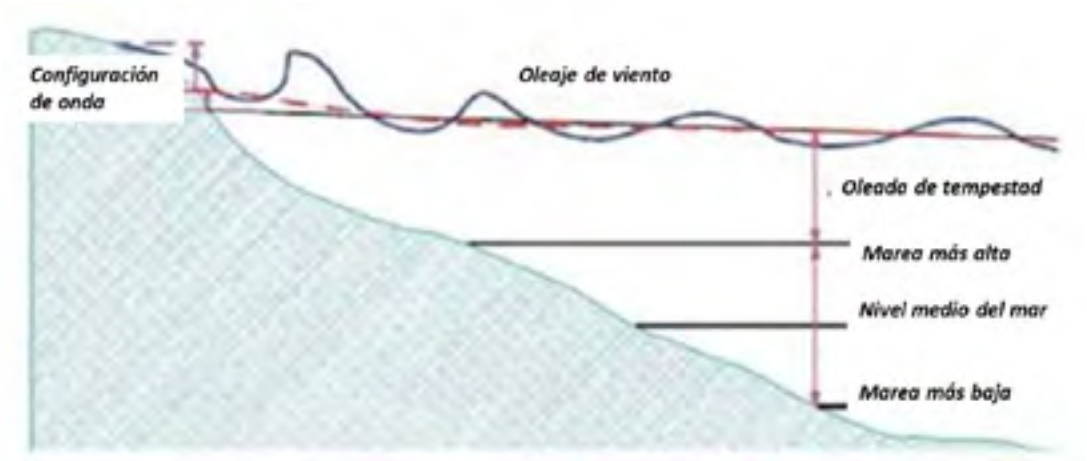
Para entender escenarios de aumento del nivel del mar actuales para el área de Manzanillo, una serie de bases de datos han sido revisados para establecer valores mínimos y máximos potenciales. Estos se pueden proyectar hacia el futuro de una forma lineal para desarrollar lo que se denomina el escenario de aumento del nivel del mar "Observado", Tal y como se discutió en la Sección 3.2.3.

Sistema de Observación Global del Nivel del Mar de Manzanillo

Una fuente de datos históricos del nivel del mar fácilmente disponible es la serie de datos del Sistema de Observación Global del Nivel del Mar para el área de Manzanillo (boya GLOSS número 163). GLOSS es un

FIGURA 2.21

Factores que contribuyen al nivel del mar



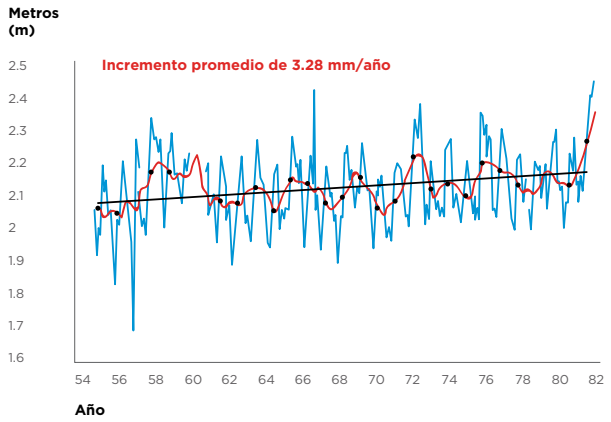
Fuente: Hennessy et al., 2004 [61]

programa internacional administrado por la Comisión Técnica Mixta para Oceanografía y Meteorología Marina de la Organización Meteorológica Mundial y la Comisión Oceanográfica Intergubernamental. Los datos están disponibles desde 1953 a 1982 y 1992 a 2012, La Administración Oceánica y Atmosférica de los Estados Unidos (NOAA) reporta que la estación fue reubicada en 1992 y los registros se fusionaron.

Esta serie de datos fue usada para un análisis del aumento del nivel del mar realizado por CONTECON como parte de la sección técnica del informe de diligencia realizado por la terminal.[62] Basado en estos datos, se presentó una tendencia local en el aumento del nivel del mar de 3.28 mm/año. Esa valoración de 3.28 mm/año también es referenciada en el Programa Estatal de Cambio Climático (PECC) y el Instituto Nacional de Ecología en su reporte del aumento del nivel del mar en el estado de Colima (Figura 2.22). Estos datos concuerdan con la tasa promedio anual global 3.3 +/- 0.4 mm por año observada a en datos satelitales de 1993 a 2009.[63]

FIGURA 2.22

Nivel medio del mar histórico Manzanillo reportado en el PECC de Colima



Fuente: Hennessy et al., 2004 [64]

Este aumento del nivel del mar está en el límite inferior de la categoría de '3 a 6 mm/año', bajo la cual NOAA clasifica a la mayoría de las regiones costeras mexicanas del este y occidente.[65] Otros estudios regionales muestran incrementos más altos, por ejemplo un estudio de todo el Caribe estimó un incremento de 5.6 mm por año.[66]

Instituto Mexicano del Transporte/Secretaría de Marina

El Instituto Mexicano del Transporte (IMT) y la Secretaría de Marina (SEMAR) declararon que sus propios datos muestran tasas menores de aumento del nivel del mar en Manzanillo de lo que se observa en el conjunto de datos GLOSS, afirmando que esto es debido a la actividad tectónica de la placa en la que se encuentra la región y que contrarresta cualquier aumento en el nivel medio global del mar.

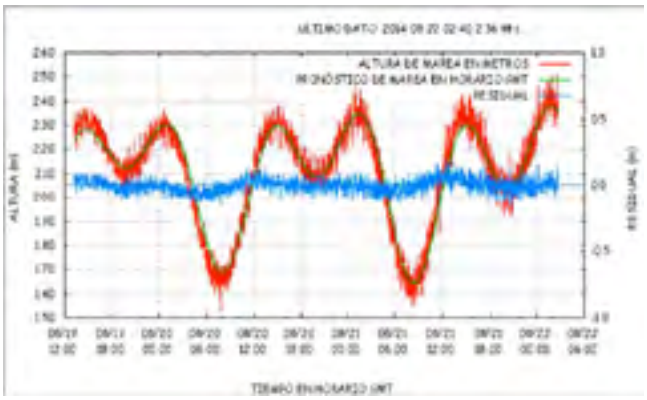
Los datos recibidos del IMT incluyen registros del nivel del mar en Manzanillo desde 2008 a 2014. Se analizaron los datos, pero no mostraron indicios de aumento del nivel del mar fuera de la variación natural. La serie de tiempo, relativamente corta y de solo 6 años, requerirá de extensión que pueda confirmar cualquier tendencia significativa.

Resumen de las implicaciones de los conjuntos de datos observados para el incremento futuro del nivel del mar

Según datos de la serie GLOSS se proyecta un aumento del nivel de mar de aproximadamente 12 cm para el 2050 y de 28 cm para el 2100. Si se toma el escenario con el rango de mareas más alto (de 0.3m) y un periodo de retorno de marejada de 1.5 m de uno en cien años, estas condiciones seguirían representando un cambio relativamente pequeño en las condiciones oceanográficas. Se ha por lo tanto tenido en cuenta el valor bajo de los datos de IMT\SEMAR, pero este no afectará significativamente el riesgo general generado por inundaciones costeras debido al aumento del nivel mar. Esto se discute en la Sección 3.2.3.

FIGURA 2.23

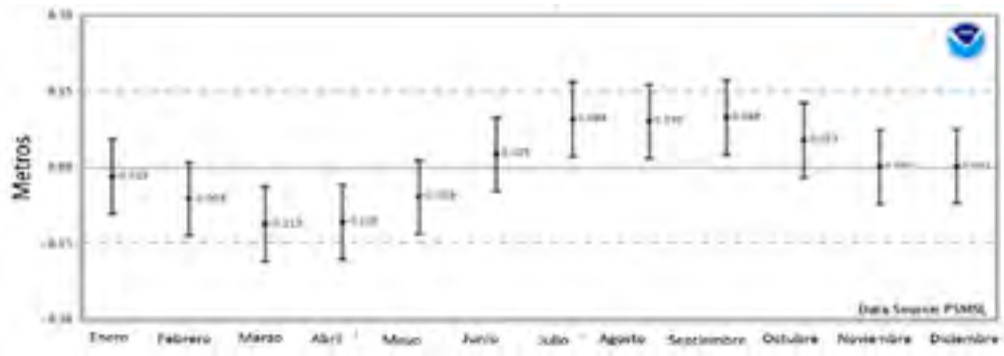
Rango promedio de amplitud de marea registrado por la boya oceanográfica de SEMAR en Manzanillo (19 al 22 de agosto de 2014)



Fuente: SEMAR, 2015 [67]

FIGURA 2.24

Promedio mensual del nivel del mar el Manzanillo (+/- 95% intervalo de confianza)



Fuente: Hennessy et al., 2004 [67]

Rango de mareas

Los datos de SEMAR muestran que el rango de amplitud de las marea en Manzanillo (la diferencia de altura entre bajamar media y pleamar media) es de aproximadamente 0.6 m, y por lo tanto, la diferencia entre la marea alta y el nivel medio del mar es de aproximadamente 0.3m (ver Figura 2.23).

Nivel estacional del mar

Una de las señales evidentes en las series de tiempo del nivel del mar es la estacionalidad.

En el caso de Manzanillo hay un aumento del nivel del mar entre mayo y septiembre (Figura 2.24). Esto puede ser causado debido a fluctuaciones como la temperatura superficial del mar, la salinidad, vientos, las presiones atmosféricas y las corrientes oceánicas (NOAA[68]).

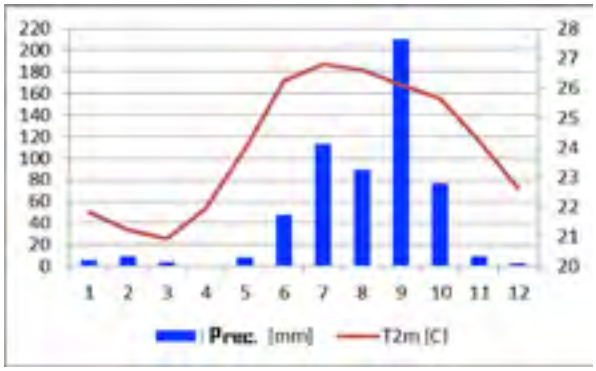
Este aumento estacional del nivel del mar visualmente se correlaciona con la precipitación mensual promedio, con los extremos más alto y más bajo de ambos presentándose de julio a septiembre y marzo a abril (Figura 2.25).

Marejada

La marejada es un incremento en el nivel del mar que se da como resultado de cambios en los vientos y en la presión atmosférica asociados a eventos de tormenta. El nivel del agua se incrementa debido a la baja presión en el centro de la tormenta conduciendo agua hacia arriba y vientos fuertes empujando el agua contra la tierra firme. Adicionalmente se suma el efecto de las olas golpeando en frente de la playa lo cual incrementa el nivel del mar en el litoral costero debido a un proceso que se conoce como wave setup (sobre elevación por oleaje). Estos fenómenos en conjunto incrementan el nivel del agua y son generalmente el componente más destructivo de las tormentas (en comparación con el viento), como fue ilustrado por el gran daño causado por la marejada del Huracán Katrina en el Golfo de México. Las marejada son un proceso independiente de los movimientos de oleaje generados por el viento.

FIGURA 2.25

Promedio mensual de precipitación (mm) y temperatura cercana a la superficie (˚C) con datos de la estación meteorológica de Manzanillo



Fuente: Autores de este reporte

TABLA 2.14

Número y categoría de tormentas extremas en la región de Manzanillo entre 1949 y 2007

Categoría	Número
H5	1
H4	3
H3	2
H2	7
H1	14
TORMENTA TROPICAL	25

Fuente: ERN, 2008 [70]

TABLA 2.15

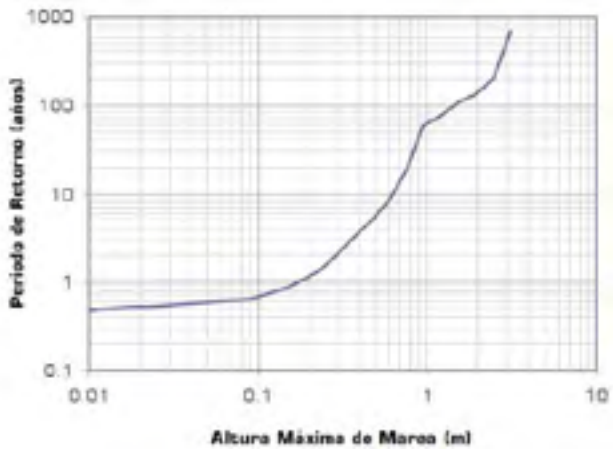
Período de retorno de marejada y máximo nivel del mar estimados para Manzanillo

Período de retorno (años)	Máximo nivel del mar (m)
50	0.91
100	1.47
250	2.52
500	2.85

Fuente: ERN, 2008 [71]

FIGURA 2.26

Periodos de retorno (años) de la altura de las marejada para Manzanillo



Fuente: Fuente: ERN, 2008 [72]

Manzanillo está en la ruta de los ciclones tropicales que se desarrollan en el Este del Pacífico. Estos eventos pueden tener un efecto significativo en el nivel del mar del puerto. Un estudio[69] desarrolló periodos de retorno para las marejada en la región de Manzanillo. Esto se basó en el análisis cuantitativo de los datos de NOAA, aplicados a los 52 ciclones que pasaron a una distancia de 150 km del puerto entre 1949 y 2007. Las categorías de estos 52 ciclones se dan en la Tabla 2.14.

El análisis muestra que la altura de las marejadas puede ser potencialmente significativa, con alturas de periodo de retorno de 1 en 250 años estimadas 2.52 m, y de 1 en 500 años en 2.82 m (Tabla 2.15 y Figura 2.26).

Ciclos decenales

También hay evidencia de ciclos decenales en el nivel del mar alrededor de Manzanillo, contribuyendo a alturas máximas del nivel del mar.

Los estudios han mostrado incrementos de niveles del mar de aproximadamente 20 a 30 cm[73] en el Este del Pacífico durante los años de El Niño, mientras el agua cálida se dirige hacia el oeste a través del Pacífico durante un periodo de varios meses.

Resumen del nivel del mar

Varios factores contribuyen al nivel del mar en el Puerto de Manzanillo y se resumen en la Tabla 2.16.

Climatología de oleaje

Las olas pueden ejercer acción local sobre la superficie a través de la fuerza del viento (olas de viento). Estas olas son típicamente más irregulares y con una longitud de onda o periodos más cortos. El periodo de onda es el tiempo que toma a una ola, de cresta a cresta, para pasar por un punto fijo. Las olas extremas son causadas por las tormentas tropicales en el Pacífico, generando olas que hasta la costa. Estas son típicamente más regulares y largas en longitud de onda y periodo. Con lo que respecta a la exposición al oleaje en Manzanillo, el puerto interior principal se encuentra altamente protegido, con la posible excepción de periodos extensivos de ondas de infragravedad[xxv] ocasionadas durante periodos sostenidos de oleaje muy altos. El análisis para este estudio por lo tanto se ha enfocado en el área inmediatamente fuera de la entrada del puerto donde está ubicada la terminal de PEMEX.

La Terminal de PEMEX tiene cierta exposición al oleaje, pero en general la protección ofrecida por la configuración del litoral y el rompeolas en el costado occidental de la terminal ofrece refugio ante las olas bajo la mayor parte de condiciones para permitir su funcionamiento. El tiempo de inoperatividad en la Terminal de PEMEX se asocia principalmente a las tormentas tropicales y a los huracanes. Esto se discute en la Sección 3.5.

2.3.2. Futuro

Nivel medio del mar

En el futuro, debido al calentamiento de los océanos y al deshielo, se espera que el nivel del nivel del mar aumente más rápidamente. Estimar el límite máximo del aumento del nivel del mar es difícil ya que hace falta consenso entre los científicos sobre cómo hacer dichas predicciones. Para evaluar los riesgos generados por el aumento del nivel del mar en el puerto se exploran múltiples escenarios.

Comparando las tendencias observadas del aumento en el nivel del mar (reportadas en la sección anterior) con las proyecciones que incorporan el cambio climático se nota que hay varios escenarios de aumento máximo del nivel del mar para finales del siglo. Estos escenarios son clasificados en este reporte como escenarios con "aumento acelerado del nivel del mar". Así como se ha hecho con los escenarios de patrones observados, varios tipos de análisis han sido investigados para entender los posibles valores máximos y mínimos de este aumento.

Escenarios del Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (PICC)

El Quinto Reporte de Evaluación del PICC (IPCC AR5 por sus siglas en inglés)[74] ofrece una serie de escenarios de aumento del nivel del mar. No obstante, muchos científicos han comentado[75] que estos escenarios excluyen un posible aumento extremo en el nivel del mar, que podría conllevar a un manejo inapropiado o incompleto de los riesgos más altos a los que puedan verse expuestas las áreas costeras. Estos autores hacen notar que los escenarios del IPCC AR5[76] solamente cubren el rango central de los posibles aumentos del nivel del mar, lo que generalmente no es suficiente para el manejo del riesgo en la costa. Por ejemplo el escenario IPCC AR5 indica que, para 2100, el nivel medio del mar es considerado como factible dentro de un rango de 0.28 a 0.98 m relativo al período comprendido entre 1986 y 2005 (Figura 2.27). Este valor de menos de 28cm coincide con los datos de

TABLA 2.16

Contribuciones máximas de los distintos contribuyentes que afectan el nivel del mar en Manzanillo

Componente del nivel del mar	Approx. maximum contribution (m)
Nivel de aumento del nivel del mar observado (GLOSS)	0.12 by 2050 0.28 by 2100
Marea alta	0.3
Variacion estacional	0.1
Decadal (El Niño)	0.3
Marejada (1 en 100 años)	1.47
Marejada (1 en 250 años)	2.52

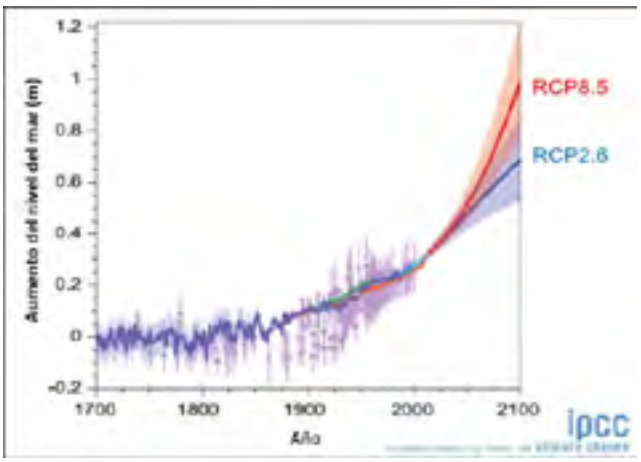
Fuente: Autores del reporte

la boya del sistema GLOSS para Manzanillo. Sin embargo, el PICC estima que la probabilidad de que el aumento se limite a este rango de niveles es solamente de un 66%.

Las proyecciones futuras de aumento acelerado del nivel del mar inducidas por el cambio climático fueron incorporadas en la sección técnica del informe realizado por la terminal CONTECON, en las que se concluye que en el peor de los casos futuros el aumento del nivel del mar podría llegar a 1.5 m para el año 2100.[78]

FIGURA 2.27

Rango de posibles aumentos del nivel del mar según escenarios del PICC para finales de siglo (trayectorias RCP 2.6[xxvi] a RCP 8.5)



Fuente: Church et al, 2013 [77]

Otros estudios y enfoques ofrecen un rango más amplio de valores globales para el aumento medio del nivel del mar para el año 2100, por ejemplo de 1.15 m[79], 1.79 m[80] y hasta 2.4 m[81]. Administrar los riesgos para el Puerto de Manzanillo requiere tratar de evitar la mayor cantidad de daños siempre que sea posible, por lo que se considera que algunos de los escenarios que proyectan niveles de aumento del nivel del mar superiores a los proyectados por el PICC pueden ser considerados más aplicables.

Por lo tanto para este estudio se han aplicado un escenario de tendencias de aumento observadas y dos de los escenarios del PICC, correspondientes aun escenario bajo, uno medio y uno alto. Los escenarios considerados son los siguientes:

5. **"Observado" –** se asume que el nivel del mar continuo aumenta a su tasa actual de cerca de 3.3mm por año
6. **"Moderado" –** se hace uso de la tasa de aumento del nivel del mar ofrecida por la trayectoria RCP 2.6 del PICC
7. **"Peor de los casos" –** se hace uso de la tasa de aumento del nivel del mar ofrecida por la trayectoria RCP 8.5 del PICC

Los aumentos del nivel del mar de acuerdo a estos escenarios en el período de 2015 al 2100 se presentan en la Tabla 2.17.

En las secciones 2.3.2 y 3.3.4. se presentan comentarios adicionales sobre valores extremos.

Marejada

Según las proyecciones hechas se espera que en los próximos años haya una menor frecuencia de tormentas tropicales y de huracanes, pero que la intensidad de las mismas sea más grande, con velocidades de vientos más fuertes así como olas y marejadas más altas (ver Sección 2.1). Sin embargo es difícil predecir cambios en la frecuencia e intensidad de las marejadas debido al cambio climático.

En base a las proyecciones que dictan un aumento en la posible intensidad de las tormentas, se asume por lo tanto que la probabilidad de tormentas más grandes aumente, y se hace uso de los períodos de retorno de las marejadas de 1:250 y 1:500 años para analizar los posibles resultados bajo escenarios de aumento del nivel del mar según el escenario medio y en el peor de los casos para el año 2100. El análisis realizado en este estudio por lo tanto incorpora este incremento de la probabilidad de marejadas cada vez más altas.

TABLA 2.17

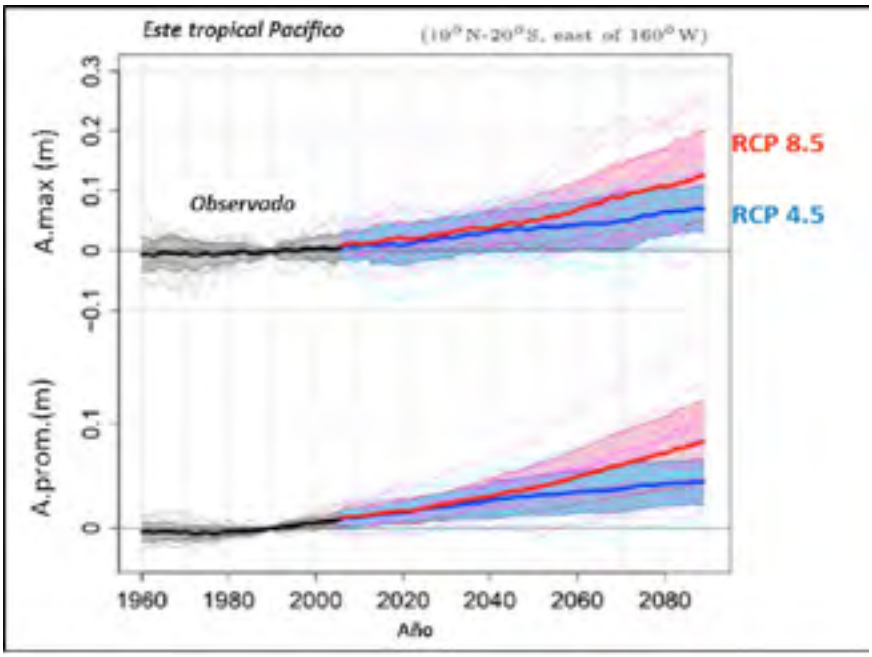
Aumento medio del nivel del mar en Manzanillo bajo tres escenarios de 2015 a 2100

Escenario	Aumento medio del nivel del mar para el año 2100
Observado	0.28 m
Moderado	0.36 m
Pesimista	0.66 m

Fuente: Autores del reporte

FIGURA 2.28

Cambios futuros en la altura promedio y máxima (m) de las olas para la región tropico-oriental del Pacífico, según las trayectoria de RCP 8.5 y RCP 4.5 de escenarios de concentración de gases de efecto invernadero



Fuente: PICC, 2013 [84]

Adicionalmente, el análisis de los datos históricos de tormentas[82] revela que en las tres últimas décadas se ha dado un cambio significativo en el promedio de la latitud a la cual los ciclones tropicales alcanzan mayor intensidad, con un movimiento progresivo hacia los polos. Sin embargo no es claro si las tormentas evolucionarán a partir de ubicaciones similares a las actuales pero con trayectorias más largas hacia los polos. En este estudio se considera también la posibilidad de un aumento en la proximidad de tormentas hacia el área de Manzanillo.

Vientos y olas

Estudios indican que la altura máxima y promedio de las olas generadas por los vientos puede incrementar en el futuro en la región trópico-oriental del Pacífico. Los cambios proyectados para la altura promedio anual media (Amed) y anual máxima (Amax) de las olas se presentan en la Figura 2.28[83]. El aumento del nivel del mar aumentará estos impactos.

Para entender los posibles cambios en la altura de las olas en Manzanillo, el análisis que se ha conducido en este reporte indica solamente un modesto incremento en la velocidad promedio del viento para la temporada seca, de +0.2 m/s para la década del 2070 según la trayectoria de RCP 8.5. En la temporada de lluvias la velocidad del viento tiende a decrecer cerca de -0.1 m/s tanto para la década de 2040s como para la década de 2070 bajo ambas trayectorias de RCP 4.5 y RCP 8.5.

La habilidad de modelar cambios futuros en la frecuencia de la ocurrencia de umbrales diarios en la velocidad del viento es limitada y se discute en la Sección 2.1.

Por lo tanto el método usado en este estudio fue cuantificar las tendencias observadas (históricas) en un rango de umbrales del viento. Para esto se usaron los datos diarios del ERA-I (1979-2012), ya que hay huecos considerables en la información diaria ofrecidos por la estación meteorológica. El análisis de los datos del ERA-I no muestra tendencias históricas en la frecuencia de la velocidad del viento mayores a los 3m/s para ninguno de los meses (Sección 2.1). Este incremento ligero no aumenta de manera significativa la altura promedio de las olas.

Sin embargo, es importante notar que existe una subestimación en las predicciones de vientos extremos cuando estas son realizadas con los datos del ERA-I, debido en parte a que fenómenos extremos meteorológicos tales como ciclones tropicales y tormentas convectivas no han sido capturados en el reanálisis de los datos de ERA-I.

3. Riesgos climáticos, oportunidades y evaluación de adaptación para el puerto de Manzanillo

Esta sección evalúa los riesgos, oportunidades y las acciones de adaptación relacionados al clima para el Puerto de Manzanillo, tomando en cuenta todos los aspectos de su cadena de valor. Adicionalmente, se proporciona un panorama de los riesgos climáticos, las oportunidades y las acciones de adaptación para los puertos en general en el Apéndice 6.

3.1. Almacenamiento de bienes

RESUMEN DE LOS PUNTOS CLAVES

- Las sensibilidades operacionales para los reefers y los almacenes, es decir, los costos de energía y el tiempo de vida de los equipos dependen de las temperaturas.
- Se observó una relación significativa entre las temperaturas promedio y los costos promedio de energía mensuales para una terminal de referencia. Se considera un incremento de aproximadamente 5% en el costo medio de energía anual para refrigeración en MARFRIGO por cada incremento de 1oC en la temperatura media.
- Las proyecciones climáticas indican que la temperatura media durante la temporada de lluvias sufriría un incremento de 1.8˚C para la década de 2040 (3.4˚C para la de 2070), con un rango de incrementos que van desde 1.1˚C hasta 2.9˚C para la década de 2040 (y de 1.8˚C a 4.8˚C para la de 2070).
- Esto resulta en incrementos significativos en costos para las terminales especializadas en congelados.
- Las medidas de adaptación a ser consideradas incluyen un incremento en la eficiencia de los equipos de enfriamiento, uso de fuentes de energía alternativas, evitar la pérdida de suministro de energía para los reefers, incorporar el aumento de las temperaturas en las auditorías de energía y explorar opciones para transferir los costos de energía directamente a los consumidores.

3.1.1. Resumen de riesgos y oportunidades por cambio climático

Un resumen de información sobre los riesgos clave relacionados al clima en el almacenamiento de bienes se proporciona en la Tabla 3.1. Un desglose de riesgos clave para cada terminal se proporciona en la sección 3.1.2.

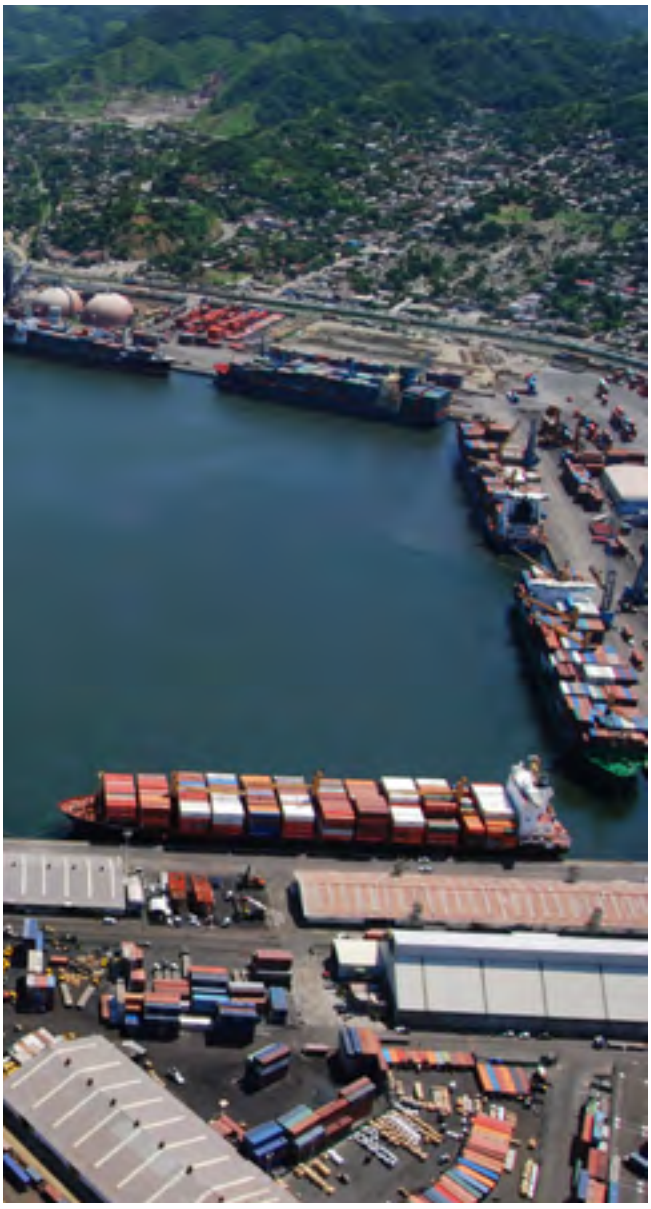


TABLA 3.1

Riesgos para el almacenamiento de bienes

Riesgo	Umbrales y Sensibilidades	Variabilidad y cambio oceanográfico y climática tanto presente como futuro	Descripción del Riesgo
Incremento en el promedio de la temperatura así como incremento en las temperaturas máximas causan un incremento en los costos de refrigeración y de congelación	• Sensibilidades operativas para refrigeradores y almacenes, por ejemplo costos de energía y la vida útil del equipo son dependientes de la temperatura. • Se requiere mayor cantidad de energía para enfriar a temperaturas más altas. • El polvo y la lluvia pueden causar problemas con las conexiones eléctricas de los refrigeradores, que conlleva a pérdidas de electricidad y costos adicionales para refrigerar y recongelar a las temperaturas necesarias.	• La temperatura media mensual se halla entre los 24˚C (enero a marzo) y los 27˚C entre junio y agosto. • Información recabada muestra una tendencia significativa al alza de 0.4 a 0.5˚C por año. • El calentamiento a lo largo de la costa cerca de Manzanillo alcanzará los 2˚C en la temporada de secas para la década de los 2040s para el escenario RCP 8.5 (1.2˚C para el escenario RCP 4.5) y de 3˚C para la década de los 2070s para el escenario RCP 8.5 (1.8˚C para el escenario RCP 4.5). • La temperatura en la época de lluvias se incrementa de forma similar a la experimentada en la temporada de secas pero ligeramente menor para cada trayectoria de RCP.	• Incrementos en temperatura tendrán como resultado incrementos en costos de refrigeración y de congelación. • Incrementos de 1°C en temperaturas corresponde a un incremento del 5% en costos energéticos para una terminal de referencia. • El grado de impacto se verá mitigado por las mejoras tecnológicas con el tiempo, incrementando la eficiencia del equipo de refrigeración. • Terminales especializadas en refrigeración y congelamiento tienen un riesgo mayor: MARFRIGO y FRIMAN. • Otras terminales que manejan reefers que pueden ser afectadas son: CONTECON, OCUPA, TIMSA, MULTIMODAL y SSA.

Fuente: Autores de este reporte

3.1.2. Terminales

El puerto de Manzanillo incluye terminales dedicadas al almacenamiento y manejo de productos congelados y refrigerados, como pescado y productos agrícolas. La terminal especializada más grande ofrece un espacio de almacenamiento para congelación de más de 100,000 m3. Los costes de congelación para mantener una baja temperatura de almacenamiento son significativos, contribuyendo al 5% del precio final del producto.

A partir de información provista por una terminal de referencia, puede observarse una tendencia entre las temperaturas estacionales y los costos de energía referentes a la congelación (Figura 3.1).

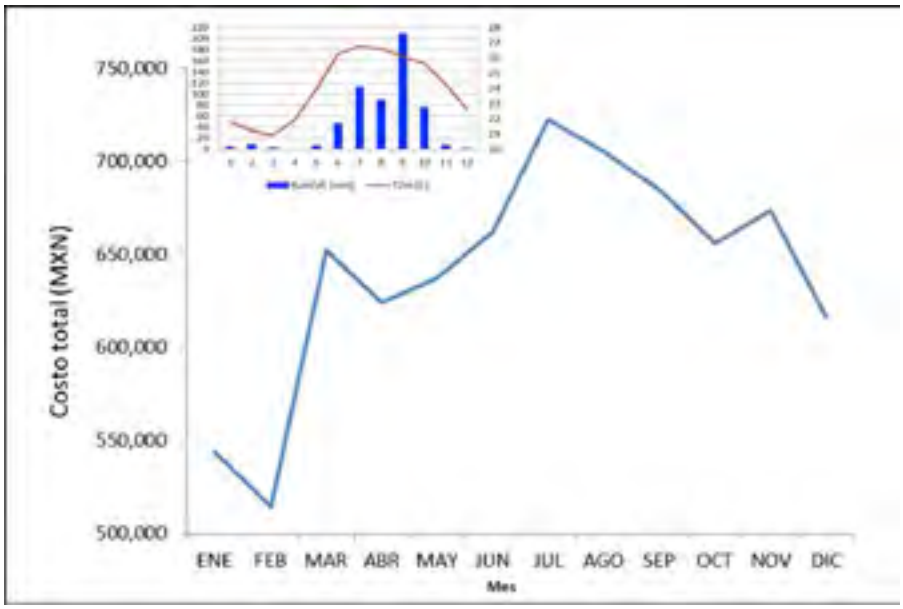
Temperaturas ambiente más cálidas junto a un incremento de los productos almacenados durante la temporada de cosecha y de pesca conllevarán a un aumento de consumo energético para mantener las temperatura deseada.

Los costos promedio mensuales entre 2010 y 2014 fueron más bajos en los meses más frescos de enero y febrero, y más altos en los meses más calurosos de julio y agosto. La temporada entre junio y septiembre resulta ser la más cálida del año (véase la Figura 3.1).

Las Terminales con contenedores de refrigeración observaran costos addicionales, sin embargo estos costos serán menos significativos comparados a aquellos de terminales especializadas que almacenan productos refrigerados o congelados en instalaciones de almacenaje. Por ejemplo, una terminal registró durante los meses mas calurosos un incremento del consumo de

FIGURA 3.1

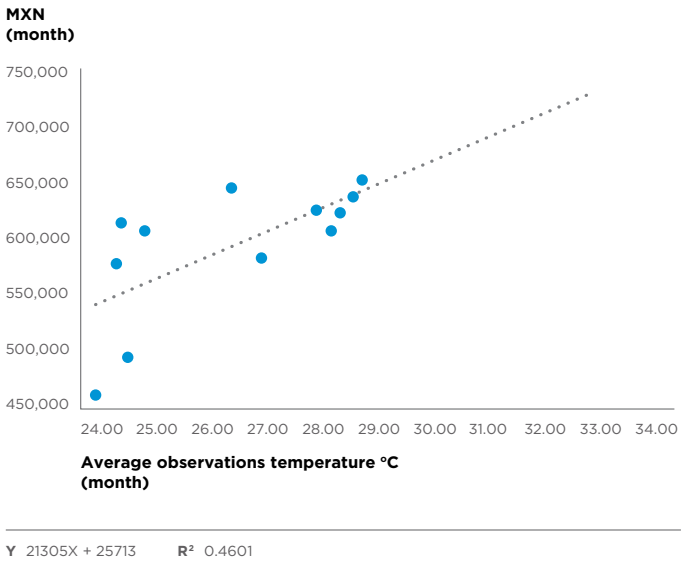
Costos medios de energía mensual (MXN) para congelación, para una terminalde referencia(promedio de los datos entre el 2010 y el 2014). Incluye al costado superior izquierdo la gráfica de temperatura y precipitación promedio para Manzanillo entre 1979 y 2012.



Fuente: Autores de este reporte

FIGURA 3.2

Relación entre la temperatura media mensual observada y los costos de energía mensuales para congelación (MXN), terminal de referencia, 2009 a 2013.



Fuente: Autores de este reporte

TABLA 3.2

Incremento medio de la temperatura en Manzanillo (trayectoria RCP 8.5)

Escenario	Incremento de la temperatura ESTACIÓN SECA (°C)			Incremento de la temperatura ESTACIÓN DE LLUVIAS (°C)		
	Decada 2020	Decada 2040	Decada 2070	Decada 2020	Decada 2040	Decada 2070
Baja (percentil 2.5)	0.5	0.7	2.0	0.5	1.1	1.8
Media	1.0	1.7	3.0	1.1	1.8	3.4
Alta (percentil 97.5)	1.6	2.6	4.7	1.6	2.9	4.8

Fuente: Autores de este reporte

energía por contenedores de refrigeración, con valores que variaron desde 8 kW-hour en los meses de enero/febrero a 12 kW-hour en el mes de agosto.

Datos sobre costos promedio de congelación mensuales fueron entonces comparados con los datos de temperatura observados disponibles durante el período de enero 2009 a mayo de 2013, con respeto a esta terminal. Estos datos muestran una relación positiva significativa ($P < 0.05$) entre la temperatura media mensual durante el período de cinco años y la media mensual de costos energéticos (Figura 3.2). Sin embargo no se observó una relación significativa ($P > 0.05$) al comparar las temperaturas mensuales individuales a los costos de energía de meses individuales.

Estos datos son particularmente útiles ya que el espacio total de congelación de esta terminal se mantiene constante a lo largo de este período. Sus necesidades anuales de energía (aunque no sus costos de energía por unidad) por lo tanto, pueden ser vistas como consistentes cuando se comparan con la de otras terminales, en las que se presentan fluctuaciones en el número de contenedores reefers refrigerados dependiendo de variaciones en la demanda de los clientes.

Se estima que incrementos en la temperatura debido a tendencias generadas por el cambio climático conlleven a incrementos en los costos energéticos.

Los incrementos estimado en la temperatura con base en la trayectoria RCP 8.5 fueron presentados en la Sección 2.1.2, y se resumen más adelante en la Tabla 3.2 para la estación seca y la de lluvias. Se incluyen en este resumen el percentil 2.5, la media y el percentil 97.5 para el rango de valores de incrementos de la temperatura, para evaluar los escenarios bajo, medio y alto.

Con referencia a la relación observada entre la temperatura ambiente y los costos de energía ilustrados en la Figura 3.2, se ha estimado un incremento medio en costos energéticos anuales para las terminales del puerto potencialmente afectadas (véase Tabla 3.3). Esta estimación se ha obtenido calculando los valores promedio a partir de los datos de tres terminales; para considerar el conjunto de los costos para el puerto, se han tenido en cuenta ambos almacenes especializados en congelación y también otras terminales de contenedores con consumo energético significativamente menor.

TABLA 3.3

Incremento potencial en costos energeticos medio estacionales para las terminales potencialmente afectados (siguiendo la trayectoria de RCP 8.5).

Escenario	Incremento costos ESTACIÓN SECA (MXN por año)			Incremento costos ESTACIÓN DE LLUVIAS (MXN por año)		
	Década 2020	Década 2040	Década 2070	Década 2020	Década 2040	Década 2070
Baja (percentil 2.5)	-	-	314,644	-	-	283,179
Media	-	267,447	471,965	-	283,179	589,216
Alta (percentil 97.5)	251,715	409,037	814,505	251,715	456,233	831,835

Fuente: Autores de este reporte

TABLA 3.4

Incrementos potenciales en los costos de energía medio anual para las terminales potencialmente afectadas (RCP 8.5).

Escenario	Incremento de costo TOTAL ANUAL (MXN por año)		
	Década 2020	Década 2040	Década 2070
Bajo (2.5 percentil)	-	283,179	658,536
Medio	330,376	606,547	1,109,113
Alto (97.5 percentil)	554,557	953,145	1,646,341

Fuente: Autores de este reporte

Para el calculo de estos costos, se han tenido en cuenta la importancia del impacto y la priorización. Cualquier incremento en los costos por debajo de 150,000 MXN se ha considerado 'no significativo' y se ha descartado; este valor fue elegido como una cifra promedio significativa, con respecto al EBITDA anual de todas las terminales.

Los costos de la temporada de secas y de lluvia están combinados para presentar el incremento anual total en la Tabla 3.4.

Ademas de la relación entre temperatura ambiente y consumo energético, las terminales registraron un incremento de uso energético asociado con la interrupción de suministro de energía, ya que se requiere mucha màs energía para enfriar los contenedores de refrigeración que se han calentado debido a cortes energéticos, en comparación a aquellos que han mantenido la temperatura de refrigeración constante..

El polvo y la humedad pueden afectar la transmisión eléctrica entre el suministro de energía y los contenedores de refrigeración, lo cual resulta en una pérdida de energía hasta que se soluciona el problema. Adicionalmente, se registraron cortes de energía en el puerto alrededor de dos veces al año de hasta dos horas cada una. Estos eventos representan un riesgo para esas terminales que no cuentan con una fuente alternativa de energía dedicada a los contenedores de refrigeración.

3.1.3. Adaptación

Aumentar la eficiencia de los equipos de refrigeración

La sensibilidad a incrementos en la temperatura y los costos de energía para refrigeración y congelación varía entre las terminales. El EBITDA de las terminales especializadas de almacenamiento en frío depende en gran medida del porcentaje de los gastos de funcionamiento relacionados con los costos de energía. Las terminales de contenedores especializadas son menos sensibles (del 1% al 5% de los contenedores son contenedores refrigerados), pero los costos de energía siguen siendo significativos.

Actualmente hay 1,000,000 contenedores frigoríficos instalados alrededor del mundo. El mercado de reefer está creciendo a una tasa de crecimiento anual del 5% anual[85]. En vista del aumento de los precios de combustibles fósiles y la creciente preocupación por las emisiones de gases de efecto invernadero y una flota en constante crecimiento, el sector de transportes se encuentra bajo presión para aumentar la eficiencia de su uso de combustibles. Por tanto, existe un fuerte énfasis en la mejora de la eficiencia energética de unidades de refrigeración, principalmente con uso de soluciones de software y mejoras de hardware.[86,87]

Hay una diferencia significativa en el consumo de energía entre las unidades más nuevas y unidades más viejas y con poca manutención. Por tanto, el principal método de reducción del consumo energético en reefers es asegurar que las unidades son modernas y ejecutar sistemas de hardware y software de gestión estén actualizados.

Frigoríficos modernos poseen muchas funciones adicionales que incluyen: sistemas de control de calidad del aire, control de la atmósfera, control de humedad y controles de temperatura muy finas. Por ejemplo, el reefer Maersk QUEST II adaptado puede reducir la energía hasta en un 65%, y emisiones de CO_2 relacionadas con la generación de energía[88]. Se estima que la implementación de QUEST II ha ahorrado 350.000 toneladas métricas de emisiones equivalentes de CO_2 al año por Maersk. Debido a los costos de energía reducidos, los buques pueden ahora llevar más containers reefers a bordo en un viaje.

La selección de los reefers no depende de API Manzanillo o de las terminales. Sin embargo, podría ser de interés para el puerto reflejar los aumentos en costos de energía en sus tarifas de cesión para el almacenamiento de contenedores refrigerados.

El ciclo de vida y de actualización de los contenedores puede ser un proceso lento. Por ejemplo, las compañías navieras normalmente pueden operar reefer de 15 a 17 años[89]. Mientras que ciertos modelos de frigoríficos se pueden convertir al uso eficiente de la energía mediante una simple actualización de software, otros modelos tendrán que terminar su ciclo de vida operativa y ser reemplazados antes de que se vean ahorros en uso energético.

Para el almacenamiento de refrigerados y congelados de las terminales MARFRIGO y FRIMAN, existen nuevas tecnologías disponibles para reducir los costos de enfriamiento, tales como variadores de frecuencia (VFDs, dispositivos electrónicos que se utilizan para cambiar la velocidad de los motores) y controles de evaporadores[90]. Estudios han demostrado que las ganancias de eficiencia de hasta un 30% pueden ser realizadas en áreas grandes de almacenamiento en fríos a través de la implementación de nuevas tecnologías.[91]

La inversión en nuevas tecnologías y equipos de almacenamiento modernos estaría a cargo de MARFRIGO y FRIMAN. Sin embargo, la rentabilidad de la inversión puede ser más rápida en otros lugares. Por ejemplo, casos de estudio han demostrado que las inversiones en VFD pueden tener un rendimiento sobre la inversión dentro de los 6 meses.[92] Del mismo modo, se ha de-

mostrado que la instalación de alumbramiento eficiente (LED) dentro de un almacén, al producir menos calor, tiene un rendimiento sobre la inversión de menos de dos años[93]. Subsidios para tecnologías nuevas podrían estar disponible como parte de los esfuerzos nacionales para mejorar la eficiencia energética[94].

Fuentes de Energía Alternativa

Un estudio de 2015 investigó la huella de carbono del puerto[95] e hizo algunas recomendaciones sobre cómo reducir las emisiones de CO_2 y los costos de energía asociados. Se determinó que es viable el uso de fuentes alternativas de energía renovable en el puerto. Para promover la participación privada en la generación de electricidad a partir de fuentes renovables, instituciones tales como la Secretaría de Energía de México (SENER) proporcionan algunos incentivos.

Para el puerto las fuentes más apropiadas de energía renovable recomendadas en el estudio de la huella de carbón fueron las energías solar y eólica.

La energía solar, que no resulta ser recomendable para ser instalada sobre terrenos valiosos dentro del puerto, puede ser configurada en los techos de los edificios, barcos u otras instalaciones pre-existentes que resulten apropiadas para tal fin. El estudio[96] calculó una inversión de 30,000 MXN por kilowatt instalado con un ROI de aproximadamente 10 años.

En la región costera de Manzanillo el viento es predominantemente proveniente del suroeste (Sección 2.1) con una velocidad promedio baja de 2.5 m/s. Sin embargo, el rendimiento sobre la inversión en base al poder del viento se considera viable en el estudio de la huella de carbón, y fue recomendada su evaluación.

Mantenimiento del Suministro de Energía

Cuando el suministro de electricidad para los reefers se pierde, se requiere energía adicional para el re-enfriamiento, una vez que el suministro de electricidad se restablece. La mayoría de las terminales cuentan con un suministro de energía de respaldo por lo que resulta ser un tema prioritario, sin embargo las conexiones eléctricas pueden aislarse para reducir su exposición al agua y al polvo y con ello evitar incidentes de pérdida de energía.

Revisión de la auditoría de energía

Se ha realizado una auditoría de energía del puerto para el estudio de la huella de carbón 2015[97] a fin de identificar áreas potenciales para reducir el consumo total de energía. Esta auditoría puede revisarse para que tome en cuenta los impactos del aumento de temperatura y puedan considerarse posibilidad nuevas oportunidades en base a estos resultados.

Transferir a los clientes los costos de electricidad

Una terminal comenta que aproximadamente el 5% del precio del producto final se debe atribuir a los costos de energía del almacén frío. Esto implica que otras terminales con altos costos de energía pudieran revisar sus modelos de precios con sus clientes, lo cual a su vez podría permitirles transferir el incremento en los costos asociados a temperaturas más altas.

3.2. Manejo de bienes

RESUMEN DE LOS PUNTOS CLAVES

- Para varias terminales, incluso una lluvia ligera puede suspender las operaciones de manejo de bienes, es decir, las compuertas de los buques se mantienen cerradas ya que la calidad del producto puede verse afectada.
- Las grúas de contenedores y las operaciones de montacargas deben parar durante lluvia intensa debido a que se reduce la visibilidad para los operadores de las grúas y de los montacargas
- Si las tendencias observadas continúan, el puerto va a experimentar una disminución del 6% en el número de eventos de lluvia diarios durante la temporada de lluvias (>1mm) para el 2020 y una disminución del 23% en el 2040.
- Si las tendencias observadas continúan, el puerto va a experimentar un aumento del 23% en el número de eventos de lluvia intensos diarios durante la temporada de lluvias (>20mm) para el 2020 y un aumento del 90% en el 2040.
- Condiciones más secas en general representan un impacto positivo para el puerto ya que eso incide en un menor número de veces que se requiere parar las acciones de carga/descarga.
- El porcentaje promedio de paro operacional mensual durante la época de lluvias para la terminal especializada en contenedores fue de 0.2% en el 2014. Esto se traduce en aproximadamente 33,000 MXN de EBITDA por mes. Se esperan pérdidas crecientes del orden de 7,500 MXN de EBITDA por mes para el 2020, y de 30,000 MXN de EBITDA por mes para el 2040.
- Las opciones de adaptación incluyen un mayor número de áreas de manejo de bienes con cobertizo y revisión de formas de manejar materiales en condiciones climáticas adversas, por ejemplo realizando operaciones de consolidación y carga en camiones y carros de ferrocarril.

3.2.1. Resumen de riesgos y oportunidades por cambio climático

Uno de los factores clave que determinan el número de barcos que pueden atracar en el puerto de Manzanillo y la tasa a la cual la carga puede ser transferida a través del puerto, es la eficiencia y operatividad de los equipos que manejan los bienes. Un resumen de los riesgos y oportunidades generados por el clima para el manejo de los bienes que se identificaron para el puerto en su totalidad se proporciona en la Tabla 3.5. Un desglose de riesgos clave para cada terminal igualmente se proporciona cuando resulta relevante. En casos en los que no se dan comentarios para terminales especificas quiere decir que no se identificó un riesgo específico significativo para el manejo de bienes en dichas terminales.

3.2.2. Interrupciones en operaciones de manejo de bienes debido a la lluvia

Análisis de riesgos

El tema relacionado a la interrupción en las operaciones debido a la lluvia posee dos dimensiones.

- Para algunas terminales, incluso una lluvia ligera puede suspender las operaciones de manejo de bienes ya que la calidad del producto puede verse mermada, así que por ejemplo las compuertas de los buques se deben cerrar; y
- Las operaciones de grúa para los contenedores se detienen durante lluvias fuertes debido a la reducción de visibilidad para los operadores de las grúas y de los montacargas.

Lluvia ligera que suspende las operaciones de carga / descarga

Para investigar los posibles cambios futuros en retrasos debidos a cualquier paro de operaciones de carga/descarga debido a la lluvia, se hizo una proyección a futuro a partir de un análisis de cambios históricos

significativos en precipitaciones tomando información de la base de datos diaria de ERA-1 y asumiendo que la misma tendencia lineal continúa en el futuro (Figura 3.3).

Esta dimensión resulta ser un factor para cualquier evento de lluvia que tome lugar, sin importar el grado de intensidad en la precipitación. Por tanto las tendencias significativas decrecientes en las veces que se excede el umbral de baja precipitación, de 1mm, se evaluaron para las décadas de 2020 y de 2040 para la temporada de lluvias (julio) y para la temporada seca (diciembre).

Si se asume que estas tendencias observadas van a continuar, el puerto va a experimentar una reducción del 6% en los eventos diarios de precipitación que se dan en julio para el 2020 y del 23% para el 2040 (ver Figura 3.4). Esto presenta un beneficio positivo al puerto por el hecho de contar con condiciones cada vez más secas y que por tanto reducen las interrupciones de carga/descarga. La Figura 3.4 muestra que resulta probable que los eventos de precipitación de la temporada de secas se hagan insignificantes para el 2040.

Lluvia intensa que obliga a parar las operaciones de manejo de contenedores

La lluvia intensa puede parar la operación de manejo de contenedores debido a una reducción en la visibilidad para los operadores de las grúas y de los montacargas. El parar su operación debido a la lluvia es una decisión cualitativa basada en la seguridad de la operación.

Para investigar los cambios potenciales futuros en las demoras debidas al paro de carga y descarga de contenedores por causa de lluvia intensa, se hizo una proyección a futuro a partir de un análisis de cambios históricos significativos en precipitaciones tomadas a partir de la base de datos diaria de ERA-1 y asumiendo que la misma tendencia lineal continúa en el futuro.

Este es un factor a eventos de lluvia intensa. Por tanto las tendencias significativas crecientes en las veces que se excede el umbral de alta precipitación, de 20mm, se evaluaron para las décadas de 2020 y de 2040. Junio fue el único mes que mostró un incremento significativo en los eventos de precipitación intenso a lo largo del tiempo (Figura 3.5).

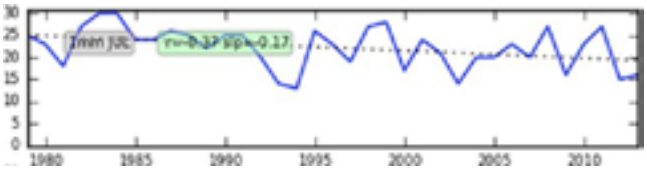
Si estas tendencias observadas perduran, el puerto va a experimentar un incremento de 23% en los eventos de precipitación diaria mayores a los 20mm para el 2020 durante junio así como un incremento del 90% para 2040. Esto representa un riesgo creciente para el puerto en cuanto al tiempo que el puerto interrumpe las acciones de manejo de contenedores.

Como ejemplo representativo de los riesgos actuales en el manejo de contenedores, una terminal de contenedores proporcionó información del porcentaje de tiempo de interrupción de operación de grúas, debido a las condiciones climáticas durante 2014 (Figura 3.6). Existe un marcado incremento en suspensiones durante los meses de la temporada de lluvias de julio a septiembre. El incremento estimado de 90% en el número de días con lluvia >20mm para el 2040 se ha aplicado a la información proporcionada para mostrar el incremento potencial en tiempo de paro para cada mes.

FIGURA 3.3

Tendencias en la frecuencia de ocurrencia de precipitación diaria observada (julio) que excedan 1 mm (1979-2014). (Ver Apéndice 4)

Se asume que la tendencia decreciente contínua

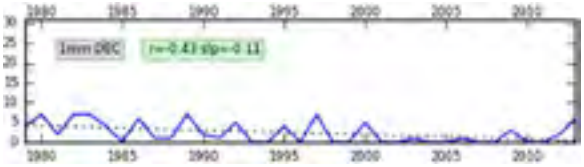


Fuente: Autores de este reporte

FIGURA 3.4

Tendencias en la frecuencia de ocurrencia de precipitación diaria observada (junio) que excedan 20 mm (1979-2014)

Precipitaciones en la temporada de lluvias probablemente sean insignificantes

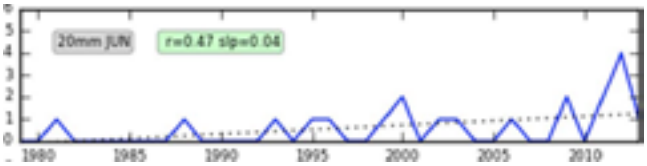


Fuente: Autores de este reporte

FIGURA 3.5

Tendencias en la frecuencia de ocurrencia de precipitación diaria observada (junio) que excedan 20 mm (1979-2014)

Se asume que la tendencia contínua



Fuente: Autores de este reporte

TABLA 3.5

Riesgo para el manejo de bienes

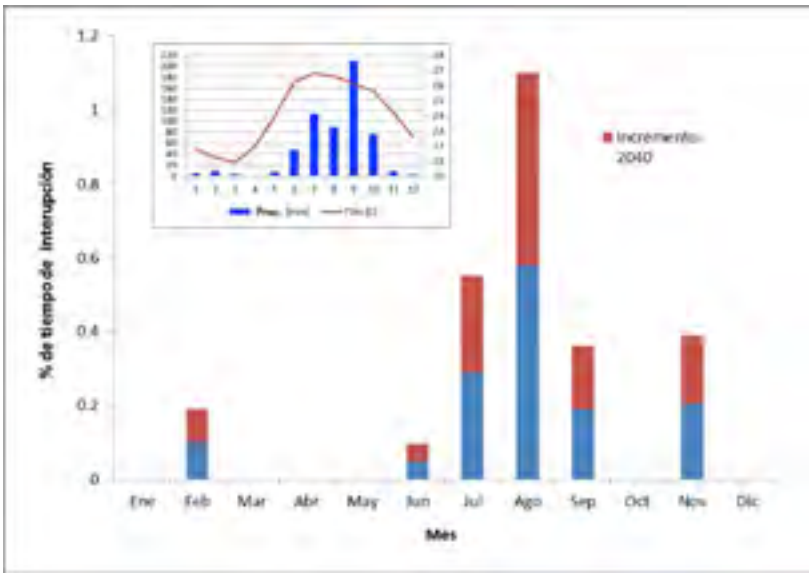
Riesgo	Umbrales y Sensibilidades	Variabilidad y cambio oceañográfico y de clima tanto presente como futuro	Descripción del Riesgo
Intensidad de las lluvias se ve incrementada y causa más paros en el manejo de equipo	• Puede pararse el manejo de grúas y montacargas para los contenedores debido a una lluvia intensa dados los problemas de visibilidad. Esto es un juicio cualitativo del operador de grúas/montacargas.	• La tendencia histórica crece de forma significativa para la información de ERA-I correspondiente a Manzanillo (de junio a julio) para excesos de lluvia por encima los umbrales más altos, por ejemplo de 10 mm y 20 mm. • Proyecciones de lluvias extremas para México indican que la cantidad de lluvia en un periodo de 24 horas y con un periodo de retorno de 20 años aumentará[98] • Incremento en la duración promedio de la intensidad máxima de las tormentas y de la tasa de precipitación en un radio de 200 km.	• Lluvias intensas que causan paros en el equipo usado para el manejo de bienes es un tema a resolver en el puerto. Como ejemplo, aumentos en pérdidas EBITDA de 7,500MXN al mes ara la década de 2040 para una de las terminales de carga contenerizada debido a fuertes lluvias. • Terminales que manejas containers tienen un riesgo mayor (por ej. SSA, CONTECON y OCUPA).
Reducción en número de días de lluvia decreciente reduce retrasos para la caga/descarga de buques cuando llueve	• Las operaciones de manejo de mineral y granos se suspenden siempre que esté lloviendo ya que el barco no puede ser abierto en tales circunstancias. • Alto contenido de humedad en el producto mineral puede afectar el flujo de materiales dentro de las bandas transportadoras. • El granel mineral también se prueba a para contenidos de humedad antes de su carga en el buque; si el umbral se excede entonces la carga se detiene. • Si se moja el producto de cemento durante el manejo en muelle puede resultar en un clinker que no pueda cargarse y requiera ser reciclado. Los buques cierran sus escotillas y paran las operaciones de carga del cemento bajo cualquier condición de lluvia.	• Temporada de secas entre los meses de enero y marzo. • Precipitaciones pluviales se incrementan a partir de junio, alcanzan su mayor intensidad en septiembre. • Información recabada muestra una disminución significativa de la temporada de secas de 2.7 mm por año. • Análisis en los cambios históricos en las lluvias a partir de la información del ERA-I diaria muestra tendencias decrecientes modestas en excesos bajos en los umbrales, por ejemplo. 1 mm a 4 mm.	• Condiciones más secas representan una oportunidad para el puerto. • Reducciones en los retrasos cuando los buques no pueden abrir sus escotillas debido a cualquier tipo de lluvia. • Para una de las terminales retrasos del 5% corresponden a pérdidas EBITDA de >1 millon M XN para la década • Impactos en el manejo de carga mineral y agrícola a granel y para terminales con multiples propósitos por ejemplo CEMEX, APASCO, FRIMAN, LA JUNTA, GRANELERA, USG, MARFRIGO, FRIMAN, HAZEZA, TIMSA, OCUPA, MULTIMODAL.

Riesgo	Umbrales y Sensibilidades	Variabilidad y cambio oceaño-gráfico y de clima tanto presente como futuro	Descripción del Riesgo
El aumento del nivel del mar combinado con marejadas causa inundación del puerto y paro de manejo de bienes	• Todas las alturas de los muelles son +3.1 m arriba del nivel medio del mar; a excepción del muelle de MARFRIGO (+2.1 m). • Los patios asociados y las áreas adyacentes son +4.1 m a excepción de CONTECON (+3.4 a 3.7m). • La altura mínima de seguridad de muelles para el manejo de bienes es de +2 m para buques Panamax, +2.5 m para los que son post Panamax. • Existen umbrales entre el nivel medio del mar y la altura del equipo de manejo de bienes. Para USG esto es 14m.	• Escenario de aumento del nivel del mar registrado = 0.17 m para el 2065 mm/año[60] • Bajo la trayectoria RCP 2.6 el aumento del nivel del mar para el 2065 es =0.16m. • Bajo la trayectoria RCP 8.5 el aumento del nivel del mar para el 2065 es =0.23m. • Contribución máxima combinada de marea\estaciónal\decenio = +0.70 m. • Para periodo de retorno actual de 1 en 250 años la altura de marejadas es +2.52m. • Para periodo de retorno actual de 1 en 500 años la altura de las marejadas es +2.85m.	• Escenarios de aumento máximo del nivel del mar combinados con marejada representan un riesgo potencial bajo de inundación costera en los próximos 50 años. • MARFRIGO tiene un riesgo mayor debido a la altura más baja de su muelle. Inundaciones severas (más de 30cm) pueden ocurrir para la década de 2040 con aumento del nivel del mar bajo una trayectoria de RCP 2.5 en combinación con marejadas con periodos de retorno de 1 en 250 años.
Incremento intensidad máxima y duración de intensidad máxima de los ciclones tropicales causa un incremento en el tiempo que hay interrupciones en el manejo de bienes	• Las grúas de la terminal de contenedores tienen umbrales de interrupción automáticos para velocidades elevadas del viento, por ejemplo, para CONTECON\SSA es a 25m/s. • El equipo de manejo de material y la cinta transportadora para carga mineral y agrícola a granel también tiene umbrales definidos para la velocidad del viento. Los fuertes vientos también pueden afectar operaciones ya que se incrementa la generación de polvo. Por ejemplo, el umbral para USG es de 22 a 28 m/s. • Los umbrales operativos en la terminal de PEMEX para descargas de velocidad del vientos de 17m/s y altura del oleaje de 1.8 m. • Es probable que la capitanía del puerto cierre el puerto antes de que los vientos se aproximen a los umbrales antes citados. El umbral que la capitanía de puerto ha establecido para cerrar el puerto es de 18m/s (35 nudos).	• Las tormentas tropicales se sabe que causan paros en el manejo de bienes en PEMEX. • Análisis muestran que cuando las tormentas se aproximan a Manzanillo esto representa un factor clave. Solo aquellas tormentas que pasan a unos cuantos kilómetros conducen a perturbaciones. • Se proyectan incrementos en la intensidad y en vida media de intensidades máximas de la tormenta.	• Considerada un riesgo para el manejo de bienes, principalmente debido a la severidad del impacto cuando el puerto se encuentra cerrado • No es una causa de paro que se reporte frecuentemente para terminales dentro de la bahía. • El costo por cerrar el puerto representa el 0.12% de los ingresos de API Manzanillo sobre un periodo de 24 horas • Incrementos del 50% en la vida media del máximo periodo de intensidad de las tormentas puede resultar en costos anuales de >2,500,000MXN para API Manzanillo. • Afecta a todas las terminales cuando se cierra el puerto • PEMEX tiene un mayor riesgo operacional debido a que está expuesto a condiciones de mar abierto.

Fuente: Autores de este reporte

FIGURA 3.6

Incrementos futuros estimados e incrementos observados (2014) en el tiempo de paro mensual para las operaciones de manejo de contenedores debido a lluvia intensa, terminal de contenedores de referencia. (Inserción: precipitación y temperatura media anual en Manzanillo de 1979 a 2012).



Fuente: Autores de este reporte

Análisis financiero

Para las terminales en las cuáles cualquier evento de lluvia puede suspender las operaciones de manejo de bienes no resulta claro cómo es que la reducción del pronóstico de la frecuencia de precipitaciones se traduzca en ingresos crecientes para API Manzanillo. Mientras que estas terminales pudieran ver un incremento marginal en movimiento total de carga, su operación representa una pequeña fracción (<10%) del valor total de bienes transportados a través del puerto. Más aún, no se sabe si las demoras por lluvia resultan ser un factor limitante en el movimiento total de bienes actual de estas terminales, y aunque lo fuera, las terminales bien podrían planear de forma conservadora para contemplar los retrasos por lluvia para el futuro.

Se considera que los incrementos estimados en el paro operacional para el manejo de carga de contenedores debido a lluvia intensa pasarán de ser del 0.11% el día de hoy al 0.22% para el 2040. El efecto de este incremento en las terminales será menor, asumiendo que los retrasos se correlacionan directamente con una pérdida de ingreso. Para API Manzanillo el efecto resulta insignificante, ya que las tarifas variables que reciben basadas en el total de carga de contenedores movilizada representan solo una pequeña fracción del ingreso que las terminales reciben. La pérdida financiera para API Manzanillo se calcula que sea de solo 0.045% de su ingreso anual en el 2040 (Figura 3.7).

Terminales

La reducción futura estimada de días de lluvia y el incremento en precipitaciones intensas pueden ser aplicados al impacto financiero actual que generan las interrupciones en el manejo de bienes que experimentan las terminales.

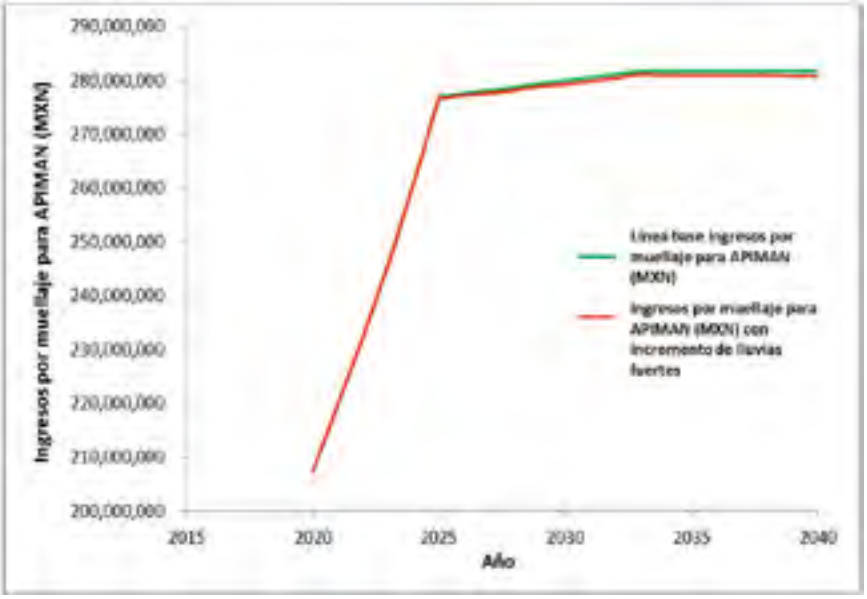
Para la reducción de días con lluvia, el departamento de estadística de API Manzanillo ha provisto información de los últimos 5 años sobre los retrasos mensuales en las operaciones de descarga debidos a la lluvia. que se tienen registrados para los buques que se encuentran descargando. Con referencia a estos datos, las terminales más afectadas son las de APASCO, CEMEX, FRIMAN, GRANALERA, MULTIMODAL, OCUPA, TIMSA y USG. LA JUNTA también proporcionó información pero ésta mostró resultados que exceden el máximo de horas posibles en un año. Esta información por obvias razones no fue tomada en cuenta.

En la Tabla 3.6 se presenta el retraso anual total debido a eventos de lluvia, calculado entre el 2010 y el 2014 para las terminales más afectadas. Los resultados indican un notable incremento desde el 2010 al 2014.

En la Figura 3.8 se presenta el retraso promedio debido a eventos de lluvia en las operaciones de descarga de las terminales más afectadas. El tiempo de cierre medio de operaciones para las terminales fue de 2.8%.

FIGURA 3.7

La pérdida de ingreso de API Manzanillo por concepto de derechos de muelle debido a un incremento de eventos de precipitación intensa, basado en la tendencia lineal del tiempo de paro desde 2015 y hasta el que se tiene previsto para 2040 (no descontado). La información es representativa de una tendencia en su totalidad, no en un pronóstico para cada año.



Fuente: Autores de este reporte

TABLA 3.6

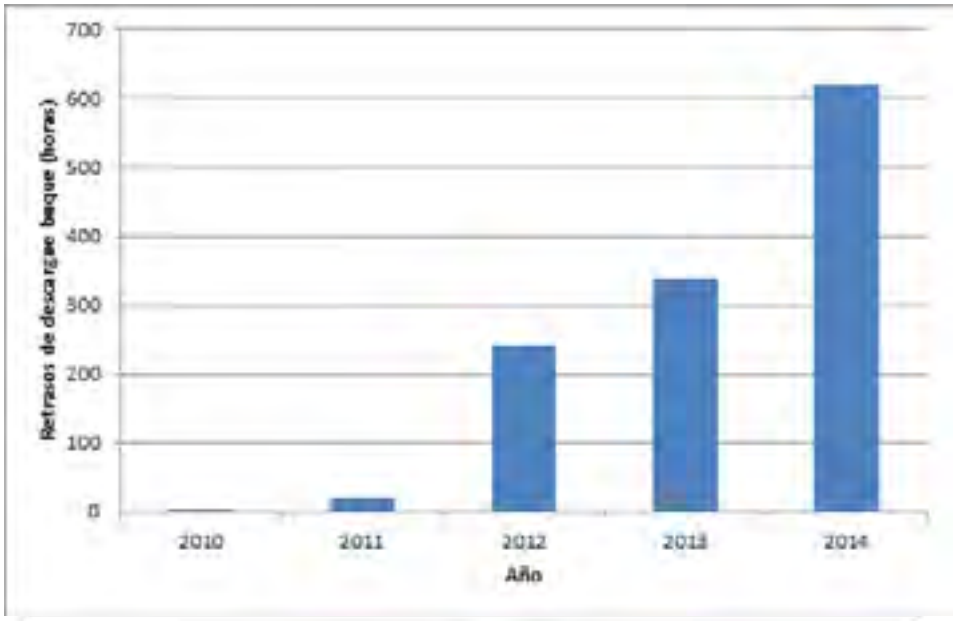
Horas anuales totales de retraso registradas en las operaciones de descarga de buques debido a la lluvia en las terminales más afectadas

AÑO	Retraso total (Horas)
2010	20
2011	166
2012	1938
2013	2704
2014	4953

Fuente: Autores de este reporte

FIGURA 3.8

Media anual de retrasos en las operaciones de descarga por los buques debidos a eventos de lluvia en las terminales afectadas significativamente.



Fuente: Autores de este reporte

A partir de la información financiera proporcionada por las terminales, se estimaron los impactos financieros benéficos futuros quese asocian con un menor número de días con lluvia (>1mm) (véanse la Tabla 3.7) a través de los valores medios de perdida estimada de EBITDA, y del rango de riesgo minimo e máximo del mismo indicador para cada terminal.

Para proporcionar un indicador del impacto representativo, se asume que el porcentaje de retraso es igual al porcentaje de pérdida de EBITDA.

Adaptación

Lluvia ligera que suspende las operaciones de carga / descarga

Las opciones para reducir el riesgo con medidas de adaptación son limitadas. Por ejemplo GRANELERA Y LA JUNTA comparten una banda transportadora del buque-al-silo que es abierta, ya que esto le permite a la banda ser más móvil. Las bandas transportadoras cerradas se encuentran disponibles en el mercado pero la mercancía se encuentra de todas formas expuestas al aire libre en algún momento durante la transferencia. Además, la transferencia de productos completamente sellados o áreas bien cubiertas de manejo de bienes no son viables o económicas para todas las terminales sujetas a este tipo de interrupciones.

La decisión de parar las acciones de carga/descarga también es a menudo tomada por el capitán del barco. Por ejemplo CEMEX mantiene operaciones de segunda maniobra por más tiempo en comparación con otras terminales durante los eventos de lluvia, debido a que tienen una extensa área de manejo de bienes con cobertizo. Sin embargo la compuerta de los buques no puede ser abierta durante ningún evento de lluvia por lo que la operación de todas formas para.

Ya que existe una tendencia observada hacia condiciones cada vez más secas, esto puede mercadearse como una oportunidad de negocios que puede resultar en un menor tiempo de paro a la hora de manejar granel mineral y agrícola.

Lluvia intensa que suspende las labores de manejo de bienes

Al haber un mayor número de áreas de manejo de bienes con cobertizo esto trae consigo un beneficio en algunos procesos de manejo de bienes que son más sensibles, como por ejemplo el humedecer del concreto, o la consolidación de contenedores y la carga hacia camiones, o sea, transporte como en el caso de MULTIMODAL.

Sin embargo, existen opciones limitadas como sustituto del manejo de contenedores usando grúas. Si la visibilidad se encuentra reducida hasta cierto punto entonces las operaciones deben parar. De cualquier manera pueden

TABLA 3.7

Reduccion estimada de las pérdidas anuales totales por retraso en las operaciones de descarga por buque debido a la lluvia en la actualidad, en el 2020 y en el 2040.

(MXN)			
Media anual de perdida por retraso (EBIDTA)	**Media (MXN)**	**Mínima**	**Máxima**
Actualidad	2,712,436	64,877	9,632,655
2020	2,549,690	60,984	9,054,696
2040	2,088,576	49,955	7,417,145

Fuente: Autores de este reporte

revisarse procedimientos para el manejo de materiales bajo condiciones climáticas adversas, por ejemplo la consolidación y la carga, a fin de investigar de qué manera se pueden mantener las operaciones el mayor tiempo posible.

3.2.3. Inundaciones costeras

Análisis de riesgos

Inundación costera es cuando las tierras bajas, normalmente secas, se ven inundadas de agua de mar. Esto es causado por varios elementos que se pueden conjugar para traer consigo un efecto incremental, tal como un aumento en el nivel medio del mar, marejada, oleaje alto, marea alta y tsunamis. El nivel de inundación costera es determinado por varios factores, tales como la existencia de protección natural como manglares o la topografía de la tierra expuesta a la inundación.

Para efectos de este estudio, se considera que una inundación es significativa si excede la altura de la infraestructura portuaria, por ejemplo cuando la altura de los muelles se excede en más de 30cm por cualquier espacio de tiempo. Si la inundación costera del puerto ocurre, esto tiene el potencial de parar el manejo de bienes, por ejemplo la operación de las grúas o de los montacargas.

El cambio climático va a incrementar los riesgos de inundación costera en Manzanillo debido a dos factores:

1. Aumento del nivel medio del mar a largo plazo
2. Niveles más altos de marejadas que se espera que ocurran durante tormentas tropicales más intensas.

Incrementos en la altura promedio de las olas debido al viento no se consideran un factor predominante para determinar el riesgo de inundación costera en Manzanillo. Análisis de la información ERA-I no muestra una tendencia histórica en la frecuencia de la velocidad de los vientos mayores a los 3m/s en ningún mes por lo que es probable que un incremento en la altura media de las olas sea menor con respecto a los puntos 1 y 2 mencionados anteriormente.

Aumento del Nivel Medio del Mar

Los siguientes tres escenarios de aumento del nivel del mar han sido seleccionados para análisis:

1. Tendencia 'observada' – asumiendo que el aumento del nivel del mar se mantiene a la tasa estimada actual de 3.3mm al año
2. Tendencia 'moderada' – usando una tasa de aumento

RESUMEN DE LOS PUNTOS CLAVES

- Si se da una inundación costera en el puerto, ésta tiene el potencial de parar el manejo de bienes, por ejemplo las operaciones de grúas y de montacargas.

- Escenarios bajos de aumento de nivel medio del mar (3.3 mm/año), moderados (PICC RCP 2.6) y 'peor caso' (RCP 8.5) en combinación con una variedad de marea máxima, estacional y ENSO no mostraron riesgo para el puerto par el 2100. Valores de aumento extremo de nivel del mar de 2.4m para el 2100 tal y como lo proponen algunos científicos[99] resultaría en inundaciones más a menudo de la terminal de MARFRIGO, pero esto se considera poco probable según la mayoría de los científicos al día de hoy.

- Sí existen riesgos cuando el aumento de nivel medio del mar cuando se combina con una marejada. Un riesgo significativo de inundación (profundidad de la inundación de más de 30cm) para MARFRIGO (+2.1m por encima del nivel medio del mar) podría ocurrir para el 2040 bajo el escenario RCP 2.6 de aumento del nivel del mar en combinación con un evento de marejada de 1 en 250 años.

- Una inundación costera de los muelles de las demás terminales (+3.1m por encima del nivel medio del mar) es un tema potencialmente importante para la década de los 2070s cuando el escenario de aumento de nivel del mar con trayectoria RCP 2.6 se combina con una marejada de 1 en 250 años. Una inundación general de todos los patios del puerto y de las áreas situadas en tierras altas ocurriría solo en el escenario de aumento de nivel del mar para el 'peor caso' en combinación con un evento de marejada de 1 en 500 años, con una profundidad promedio de la inundación de 0.11m para el 2100.

- Aunque el muelle de MARFRIGO pudiera experimentar inundaciones costeras para el 2040 bajo un escenario de aumento de nivel del mar con trayectoria de RCP 2.6 con un evento de marejada de 1 en 250 años, las cuotas de MARFRIGO representan una percentual relativamente baja del ingreso total de API Manzanillo por concepto de las terminales.

- Dado que el riesgo de inundación de todos los muelles de las terminales (con la excepción del de MARFRIGO) es prácticamente inexistente de aquí a 2070, siendo que incluso entonces el riesgo de sufrir un evento de inundación es limitado, la pérdida esperada de ingreso para API Manzanillo es cercana a cero.

- Las pérdidas y daños asociados con eventos extremos de inundación costera serán cubiertos con pólizas de seguros. Sin embargo, existen opciones de adaptación físicas y operacionales a ser consideradas. Las opciones físicas incluyen el aumento de la altura de los muelles (lo cual prueba ser muy costoso), implementando estrategias de manejo de inundaciones, mejorando infraestructura y equipos sensibles (por ejemplo aislando equipo eléctrico crítico y usando materiales resistentes al agua), así como manteniendo protección natural contra inundación costera la cual es provista por los manglares. Medidas operacionales incluyen mejoras a los sistemas de alerta temprana contra inundación y planes de respuesta de emergencia.

de nivel del mar que se basa en el escenario PICC de trayectoria de RCP 2.6

3. Tendencia en 'el peor caso' – tasa del aumento del nivel del mar basada en el escenario PICC de trayectoria de RCP 8.5

Las proyecciones de aumento del nivel del mar más extremas se discuten más adelante; sin embargo los escenarios seleccionados se consideran un rango razonable para informar las necesidades de adaptación con respecto al futuro a mediano plazo, por ejemplo la década de 2050. Para evaluar el máximo nivel del mar posible, un aumento medio del nivel del mar se combina con el +0.7m de componentes que no se encuentran afectados por el cambio climático, concretamente la marea astronómica (+0.3m), fluctuaciones del nivel del agua estacionales (+0.1m) y fluctuaciones de múltiples años (el efecto de El Niño (+0.3m).

La muestra la Tabla 3.8 extrapolación de estos datos hacia el 2100, para el escenario de aumento del nivel del mar observado, así como para los escenarios 'moderado' y el 'peor caso' tomados de los estimados PICC para trayectorias RCP 2.6 y RCP 8.5 (Sección 2.3.2, Figura 2.27).

La Figura 3.9 muestra estos escenarios graficados como una regresión no lineal para la trayectoria RCP 2.6 (y = 2E-05x2 - 0.0853x + 84.275) y RCP 8.5 (y = 7E-05x2 - 0.3x + 301.64). La proyección 'tendencia observada' es lineal.

TABLA 3.8

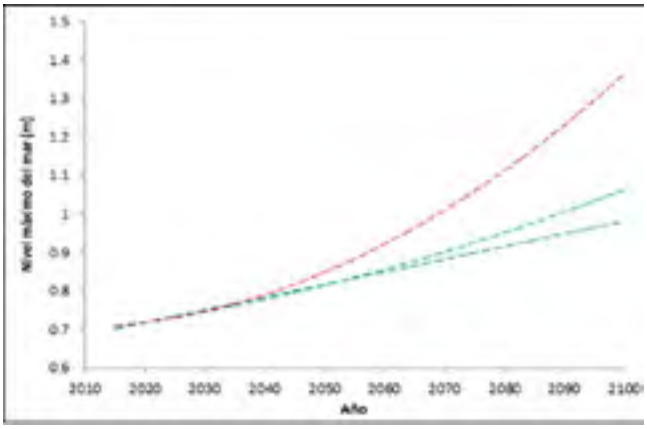
Escenarios de aumento del nivel del mar bajo, moderado y 'peor caso' (metros) en Manzanillo

Año	Observado	Moderado (RCP 2.6)	Peor caso (RCP 8.5)
2015	0.7	0.7	0.7
2040	0.78	0.79	0.82
2065	0.87	0.86	0.93
2085	0.93	0.99	1.19
2100	0.98	1.06	1.36

Fuente: Autores del reporte

FIGURA 3.9

Escenarios de nivel máximo del mar bajo, moderado y 'peor caso' (aumento nivel medio del nivel del mar, estacional, más fluctuaciones de ENSO) hasta el año 2100



Fuente: Autores de este reporte

Un modelo de elevación digital no se tuvo disponible para el estudio, pero para estar en condiciones de proporcionar una estimación del riesgo de inundación costera futura, usando información provista por API Manzanillo y otros estudios, se asume lo siguiente:

- La altura del muelle de MARFRIGO es +2,1m por arriba del nivel medio del mar presente
- El resto de las alturas de muelle son de +3.1m por arriba del nivel medio del mar presente
- Las áreas de manejo de bienes y el patio trasero se encuentran +4.1m por arriba del nivel medio del mar presente.

La información específica de elevación estuvo disponible para las áreas de manejo de bienes en el patio de la terminal de CONTECON (3.4 a 3.7m). Los componentes de nivel del agua para los escenarios bajo, moderado y 'peor caso' se resumen en la Tabla 3.9 incluyendo los componentes que no se ven afectados por el cambio climático.

Los datos muestran que para los tres escenarios de aumento del nivel del mar, las fluctuaciones en el aumento medio del nivel del mar más marejada, fluctuación estacional y de la ENSO no representan un riesgo de inundación para el puerto de aquí al 2100.

Escenarios potenciales de aumento del nivel del mar más extremos resultado de otros estudios, de +1.79 m[100] y +2.4 m[101] para el 2100 en combinación con marejada, estacional y ENSO proporcionarían niveles del mar máximos de +2.16 m y +2.77 m por arriba del nivel del mar medio para el 2100. Esto traería como resultado inundaciones cotidianas de la terminal de MARFRIGO para 2100, pero en ningún otro lugar del puerto. Estos escenarios más extremos no presentan un riesgo de inundación en ninguna terminal para el 2050 debido exclusivamente al aumento del nivel del mar.

TABLA 3.9

Aumento del nivel del mar medio, variación de las mareas y riesgo de inundación para el 2100 en Manzanillo.

Componente aumento nivel del mar	Escenario 1 Bajo	Escenario 2 Moderado	Escenario 3 Peor caso
Aumento medio nivel del mar para el 2100 (m)	0.28	0.36	0.66
Marea alta relativa a nivel medio del mar (m)	0.30	0.30	0.30
Fluctuación Estacional (m)	0.10	0.10	0.10
ENSO (m)	0.30	0.30	0.30
Total para el 2100 (m)	0.98	1.06	1.36
Inundación de MARFRIGO (+2.1m medio del mar)	Ninguna	Ninguna	Ninguna
Inundación de Muelles (+3.1m medio del mar)	Ninguna	Ninguna	Ninguna
Inundación de patios/tierras altas (+4.1 medio del mar)	Ninguna	Ninguna	Ninguna

Fuente: Autores de este reporte

Marejadas

Para investigar la influencia de incrementos en la altura de marejadas y combinado esto con el aumento del nivel del mar, tres escenarios de inundación costera han sido seleccionados de aquí al 2100:

- **Caso 1 –** tasa observada de aumento del nivel del mar + marejada con periodo de retorno de 100-años
- **Caso 2 –** Aumento del nivel del mar bajo trayectoria RCP2.6 + marejada con periodo de retorno de 1-en-250-años
- **Caso 3 –** Aumento de nivel del mar RCP8.5 + marejada con periodo de retorno de 1-en-500-años

Tal y como se discutió en la Sección 2.3.2, apartado "Marejada", basado en el potencial de aumento de la intensidad de tormentas puede asumirse que la probabilidad de que ocurran eventos de marejada más grandes se va incrementando con el tiempo. Por ejemplo, la altura de la marejada de 1-en-250-años es más probable que ocurra en el 2100 que en el 2015; con la probabilidad de 1 evento en 250 creciendo continuamente conforme nos vamos acercando al 2100.

Es importante capturar este incremento continuo de altura en una posible marejada debido al cambio climático. La Tabla 3.10 muestra la estrategia seguida para reflejar esto. Dicha tabla muestra el evento de 1 en 100 años (+1.47 m[51]) como el escenario de referencia esperado para 2015. Este valor de +1.47 m por tanto se incrementa de forma continua hasta llegar al más esperado evento de 1 en 250 años en el 2100 (+2.52m). Este incremento continuo también se muestra para un evento de 1 en 500 años hasta llegar a +2.85m.

Estos valores fueron entonces combinados con el aumento medio del nivel del mar y componentes de mareas, fluctuaciones estacionales y de ENSO (Tabla 3.9) para mostrar el nivel del mar potencial máximo con el paso del tiempo (Tabla 3.10 y Tabla 3.11). Se asume que los niveles de inundación dentro del puerto será el mismo a los que ocurren en mar abierto (aparte de los efectos de configuración de las olas locales). Hay una conexión hidráulica libre entre el océano y el puerto interior, y por lo tanto cualquier nivel de marea y marejada ocurra en la entrada también tendrá lugar dentro del puerto. Este último previene la entrada de olas de viento y oleaje, pero no ocurre lo mismo con olas de largo periodo como las que surgen de mareas, marejadas y tsunamis de corto periodo.

Los niveles de inundación actuales dentro del puerto pueden ser de alguna manera diferentes (ya sea más altos o más bajos) que los niveles de las aguas costeras, pero estudios de modelado hidrodinámico detallado que se encuentran más allá del alcance del presente estudio serían

TABLA 3.10

Crecimiento gradual en la probabilidad de cierta altura para una marejada a con el paso del tiempo (2015 = probabilidad de evento de 1 en 100 años +1.47m, 2100 = eventos de 250 años y de 500 años +2.52 y +2.85m). PR= periodo de retorno.

Año	Probabilidad creciente de escenario PR de 250 años (m)	Probabilidad creciente de escenario PR de 500 años (m)
2015	1.47	1.47
2040	1.73	1.73
2065	1.94	1.95
2085	2.32	2.50
2100	2.52	2.85
y =	$6E\text{-}05x^2 - 0.2513x + 246.08$	$0.0001x^2 - 0.5991x + 600.22$

Fuente: Autores de este reporte

TABLA 3.11

Escenarios de máximo nivel potencial del mar y su correspondiente inundación para las áreas de patio y de muelle. PR= periodo de retorno.

Año	Observado + 1 en 100 años PR	RCP 2.6 + incremento de 1 en 250 años PR	RCP 8.5 + incremento de 1 en 500 años PR
2015	2.17	2.17	2.17
2040	2.25	2.52	2.54
2065	2.34	2.80	2.88
2085	2.40	3.31	3.69
2100	2.45	3.59	4.21
Clave	Inundación en MARFRIGO >30 cm	Inundación de todos los muelles sin importar su altura	Inundación de patios / tierras altas

Fuente: Autores de este reporte

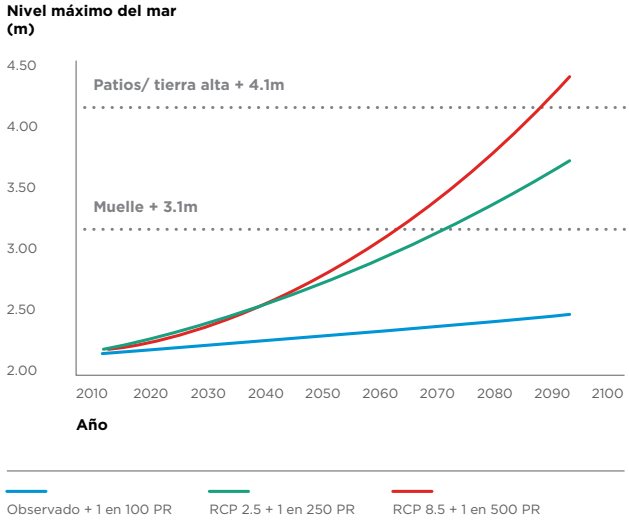
necesarios a fin de estimar estos efectos de manera más precisa. Desde un punto de vista práctico, el supuesto de que los niveles de agua son los mismos dentro y fuera del puerto parece razonable y quizá sea un tanto conservador.

Los resultados muestran que podrían ocurrir inundaciones leves en los muelles de +2.1m de MARFRIGO en el presente con un evento de marejada de 1 en 100 años (+1.47m) en combinación con niveles de mar marea máxima más los correspondientes a temporal más los correspondientes a El Niño (+0.7m). Un riesgo significativo de inundación para MARFRIGO, es decir por ejemplo >30cm, podría ocurrir para el 2040 bajo el escenario de aumento del nivel del mar con la trayectoria RCP 2.6 y con un evento de 1 en 250 años. Una inundación costera debida a marejadas en los demás muelles de las demás terminales (+3.1m) es un tema potencial para la década de 2070, bajo el escenario de aumento del nivel del mar para la trayectoria de RCP 2.6 con un evento de 1 en 250 años. Una inundación general de todas las tierras altas y los patios del puerto (+4.1m) ocurriría solo para el peor de los casos de aumento del nivel del mar en un escenario del PICC con trayectoria RCP 8.5 para el 2100 y en combinación con una marejada con un periodo de retorno de 1 en 500 años. Incluso en este caso la extensión de la inundación sería relativamente menor (el nivel promedio de la inundación sería de solo 0.11m para el 2100).

Estos resultados muestran que la inundación costera no representa un riesgo significativo inmediato para el puerto, pero resulta un tema importante para MARFRIGO para el 2040, con respecto a eventos extremos de marejada en combinación con aumento medio del nivel del mar y variación de las mareas (Figura 3.10). Las Figura 3.11 y Figura 3.12 muestran una representación gráfica de las áreas potenciales del puerto que se encuentran en riesgo en diferentes periodos de tiempo sobrepuestos con los tres escenarios de inundación por marejada. Se han he-

FIGURA 3.10

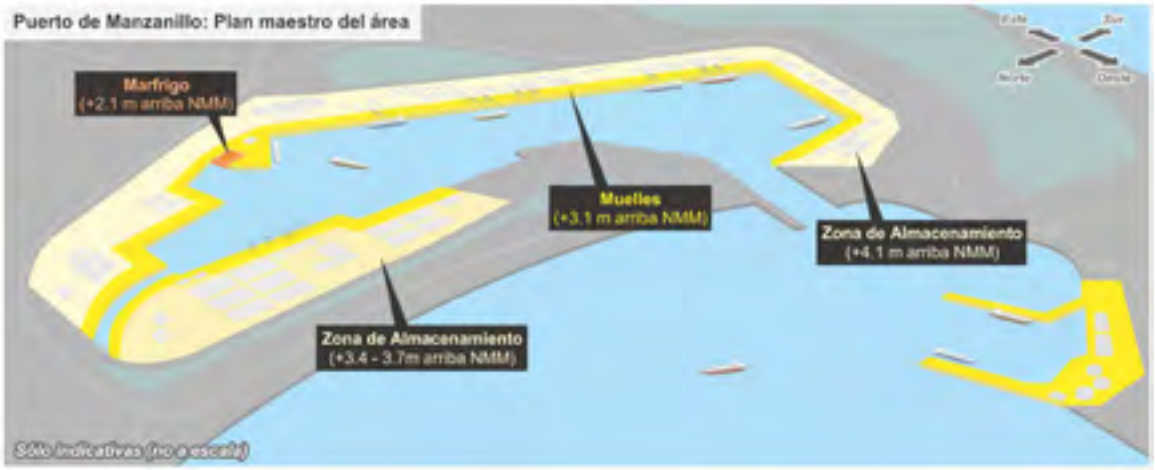
Máximo nivel del mar potencial de aquí a 2100 (aumento medio nivel del mar + marea\temporal\ El Niño + marejada) para escenarios de aumento del nivel del mar bajo, moderado y 'peor-caso' combinados con varios periodos de retorno para marejadas. PR = Periodo de retorno.



Fuente: Autores de este reporte

FIGURA 3.11

Alturas de elevación de áreas clave del puerto

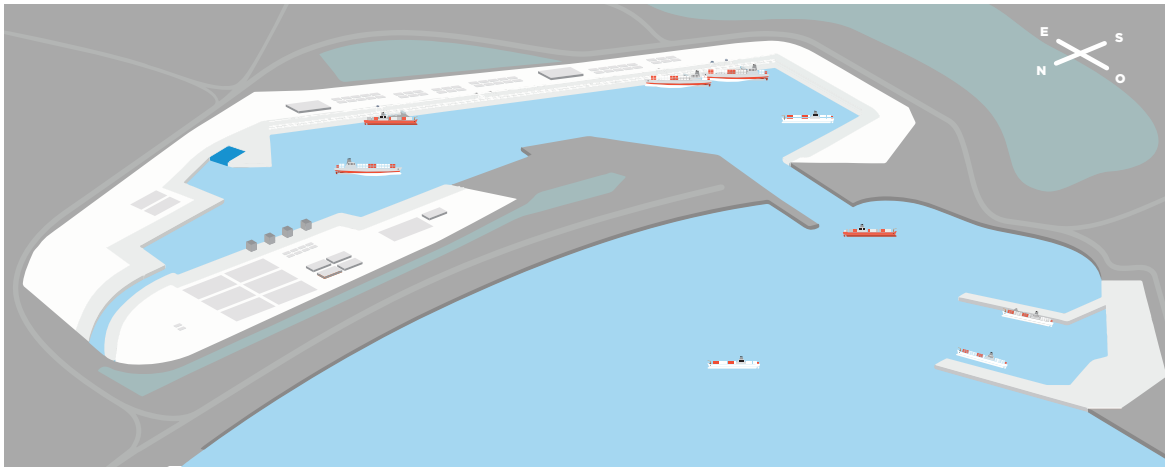


Fuente: Autores de este reporte

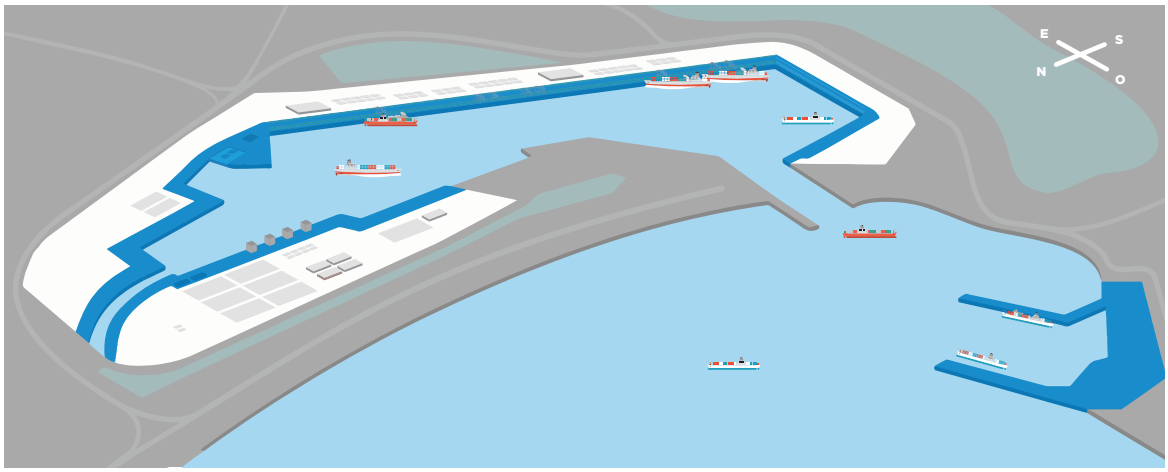
FIGURA 3.12

Escenarios de inundación por marejada para los 2040, 2070, y 2100. Las áreas que experimentarían inundación baja cada escenario se encuentran sombreadas en azul oscuro.

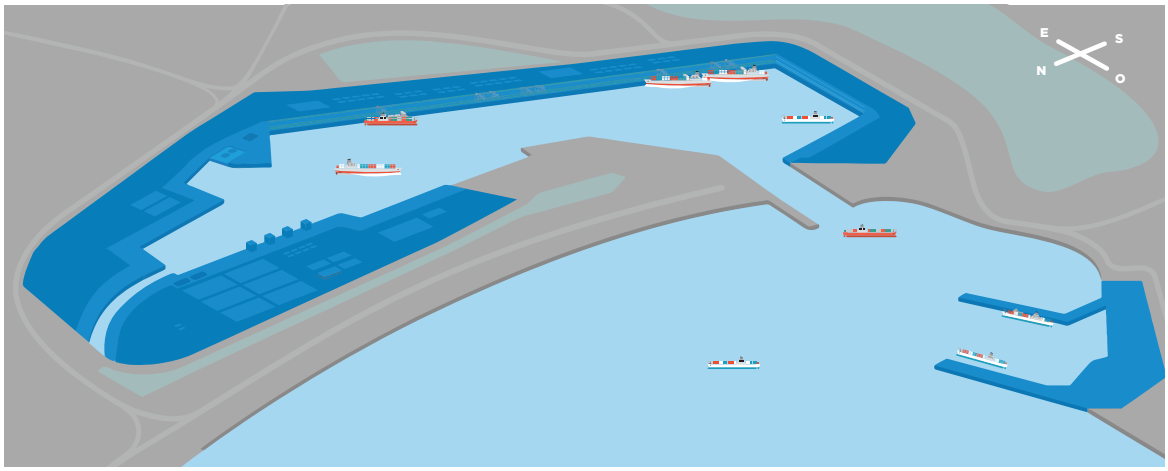
Ejemplo #1 - 2040
Observado ANM (3.3 mm/an) + 1 en 100 oleada de tempestad — Sólo indicativas - no a escala



Ejemplo #2 - 2070
RCP 2.6 + 1 en 250 oleada de tempestad — Sólo indicativas - no a escala



Ejemplo #3 - 2100
RCP 8.5 + 1 en 500 oleada de tempestad — Sólo indicativas - no a escala



Fuente: Autores de este reporte

cho suposiciones en cuestión de las alturas de elevación (m) de las distintas áreas del puerto. Estas figuras no son precisas técnicamente y solo son representativas.

Análisis financiero

Un incidente de inundación costera representaría el mismo costo para API Manzanillo que el de un cierre completo del puerto. Dependiendo de la severidad de la inundación, el puerto podría mantenerse cerrado de 1 a 7 días para limpiar y reparar los muelles. Sin embargo, el riesgo de inundación para todos los muelles de las terminales (con la excepción del de MARFRIGO) es virtualmente inexistente hasta el 2075, en cuyo caso la probabilidad de un evento de inundación es todavía muy pequeño y el costo esperado para API Manzanillo es cercano a cero. A pesar de que el muelle de MARFRIGO pudiera experimentar inundación costera para el 2040 bajo el escenario de aumento del nivel del mar para la trayectoria de RCP 2.6 con un evento de 1 en 250 años, las tarifas que paga MARFRIGO a API Manzanillo representan una parte relativamente menor del ingreso total para API Manzanillo proveniente de las terminales.

Adaptación

Aumentar altura de los muelles

Se ha mostrado que el único riesgo significativo que se desprende de una inundación costera es cuando el aumento medio del nivel del mar se combina con un evento extremo de marejada. Bajo estas circunstancias, los impactos financieros potenciales pueden mitigarse principalmente con una cobertura de seguro. Una inversión significativa en mejoras a la infraestructura no es por tanto una opción de adaptación primaria a menos que crezca el aumento medio del nivel del mar de forma significativa. Sin embargo dado que escenarios de aumento del nivel del mar extremos adicionales están siendo contemplados como posibles por los científicos[102;103], los costos asociados a incrementar la altura de los muelles se muestran como ejemplo más adelante (Tabla 3.12).

Los costos se consideran con una precisó de -20/+40 % y han sido preparado basados en los costos típicos para aumentar la altura de los muelles para infraestructura portuaria similar.[xxvii] Asimismo han sido tabulados para dos condiciones basados en dos escenarios relevantes de inundación: una para un aumento de 0.6m en la altura para responder al escenario de aumento del nivel del mar moderado para el 2100 (RCP 2.6) en combinación con una marejada de un periodo de retorno de 1 en 250 años, así como un aumento de 1.2m en la altura para atender el peor escenario de aumento del nivel del mar para el 2100 (RCP 8.5) en combinación con una marejada de un periodo de retorno de 1 en 500 años).

TABLA 3.12

Estimado de costos para aumentar la altura de los muelles para todas las terminales.

Costo de aumentar la altura de la plataforma para todas las terminales	Esquema 1 - pedestales de concreto				Esquema 2 - Concreto/Poly HD por encima			
	Aumentando 600mm		Aumentando 1200mm		Aumentando 600mm		Aumentando 1200mm	
Area (m^2)	Costo (2015 MXN, 000, 000's)	Costo (% del ingreso estimado de API Manzanillo para 2015)	Costo (2015 MXN, 000, 000's)	Costo (% del ingreso estimado de API Manzanillo para 2015)	Costo (2015 MXN, 000, 000's)	Costo (% del ingreso estimado de API Manzanillo para 2015)	Costo (2015 MXN, 000, 000's)	Costo (% del ingreso estimado de API Manzanillo para 2015)
1,470,337	1,729.5	138.3%	2,596.8	207.6%	6,054.0	484.1%	12,109.7	968.4%

Fuente: Autores de este reporte

Se consideraron dos esquemas de construcción: la construcción de pedestales por debajo de los contenedores; o bien aplicando un recubrimiento de concreto / Poly de alta densidad sobre todo el patio. Los valores para los pedestales incluyen partidas para pistas y carriles para camiones de las RTGC (Rubber Tyred Gantry Crane). Los costos indirectos incluyendo contingencia e impuesto al valor agregado (IVA) también se incluyen en ambos esquemas como se considera apropiado al hacer un estimado de costos de una asociación de avances de ingeniería de alto nivel para costos Clase 4 (Advancement of Cost Engineering o ACE por sus siglas en inglés).

Los costos estimados para aumentar los muelles de las terminales son significativos. Para el Esquema 1, aumentar los muelles 60mm cuesta más que todo el ingreso de API Manzanillo durante 2015, y para el Esquema 2 los costos son de alrededor 5 veces el ingreso de API Manzanillo durante 2015. Sin embargo, un modelo detallado de elevación no estuvo disponible para el puerto. Algunas de las áreas de la terminal pudieran estar a elevaciones más altas, reduciendo los costos totales.

La terminal de MARFRIGO, que se encuentra en la elevación más baja (+2.1m AMSL), seria la primera en tener que considerar un aumento en la altura de su muelle a un costo de por lo menos 2.6 millón MXN.

Adicionalmente pueden tomarse en cuenta diseños de ingeniería más pequeños y mejoras adaptadas a las sensibilidades de cada terminal. USG ya cuenta con un plan en desarrollo para protegerse de las inundaciones con agua superficial, por ejemplo, haciendo uso de un análisis topográfico específico de sus zonas bajas. El desarrollo de tales opciones de adaptación individuales debieran coordinarse entre todas las terminales y API Manzanillo para lograr la mayor rentabilidad posible.

Revisión de planes de respuesta a inundaciones

Operativamente, los planes de respuesta de emergencia en caso de inundación pueden revisarse y con ello identificar áreas de mejora de cara a un aumento en el riesgo de lo que ocurra debido al cambio climático. Los planes deberían direccionar equipo y recursos para reducir la duración y la severidad de la inundación, así como minimizar tiempo de paro operacional en el puerto.

Mejoras a equipos

En adición a la reducción de la probabilidad de una inundación costera, la severidad de su impacto puede reducirse. Esto puede lograrse al hacer mejoras a infraestructura, activos o equipos sensibles que pudieran ser vulnerables a la inundación, por ejemplo, aislando equipo eléctrico crítico y usando materiales resistentes al agua.

Protección contra inundación costera

El principal motor del riesgo de inundación costera en el puerto ha mostrado ser las marejadas extremas. Está demostrado que los manglares actúan como protección costera en contra de inundaciones debidas a olas de tormenta, marejadas y tsunamis[104]. Los manglares protegen principalmente contra eventos de corto plazo al absorber la energía de las olas y actuando para reducir su altura[105]. Incluso, los manglares también proporcionan protección contra el aumento del nivel medio del mar al estabilizar ciertas características morfológicas tales como barreras de arena que actúan como barreras de protección contra inundaciones.

El hábitat de manglares que queda en el perímetro oeste del puerto, y al norte y sur en la Laguna de las Garzas y en la Laguna de Cuyutlán pueden actuar como protección costera en contra de las inundaciones costeras. El programa de administración de manglares de API Manzanillo que se encuentra en curso debe asegurar la distribución, diversidad y salud de las especies que los habitan, reconociendo el efecto de la sucesión de especies debido a los cambios de salinidad. Esto se discute a mayor detalle en la Sección 3.7.

3.2.4. Velocidades del viento extremos que resultan en cierre del puerto

Análisis de riesgos

Las terminales proporcionaron un número de umbrales operativos para el manejo de bienes en relación a la velocidad del viento. Por ejemplo para grúas que manejan contenedores el set automático es de 25m/s. Sin embargo todas las terminales reportaron que la capitanía del puerto (CP) cierra el puerto antes de que los umbrales para las velocidades del viento sean alcanzados. Por lo tanto el problema de extremos en la velocidad del viento es discutido en este estudio en lo que respecta la clausura del puerto entero y no en relación a los equipos de terminales especificas.

Todas las operaciones de maniobra realizadas por las terminales deben interrumpirse cuando la decisión de cerrar el puerto es tomada por la capitanía del puerto, por tanto las condiciones climáticas que informan esta decisión son muy importantes.

A partir de la discusión con el CP durante la visita en campo, el puerto se cierra de 8 a 12 horas antes de que un huracán cause que se excedan los umbrales acordados para una operación segura, y típicamente por 3 o 4 días después del evento. Incidentes recientes incluyen

RESUMEN DE LOS PUNTOS CLAVES

- Umbrales operacionales para el manejo de bienes en relación a velocidades de vientos fueron provistos por las terminales. Sin embargo todas las terminales reportaron que la capitanía de puerto cerraría el puerto antes de que dichos umbrales se alcancen.

- La capitanía de puerto posee un protocolo definido para cerrar el puerto. Se cierra de 8 a 12 horas antes de que un huracán exceda los umbrales de seguridad operacional acordados, y típicamente por espacio de 3 a 4 días después del evento.

- El impacto financiero operacional en API Manzanillo derivado del cierre del puerto no es significativo (0.12% de su ingreso anual por cada 24 horas de cierre), ya que la mayoría de los costos son absorbidos por las terminales.

- La adaptación del manejo de bienes sujeta a vientos extremos no resulta ser una prioridad ya que el puerto cerraría antes de que se alcancen dichos umbrales. Las mejoras a los umbrales de los equipos deben enfocarse en la velocidad de los vientos que causan daños a los equipos (ver Sección 3.3).

- SI el umbral actual para el cierre del puerto (18km/hr) se ajustara por la capitanía de puerto entonces se requeriría una revisión de los umbrales operacionales para el equipo crítico de manejo de bienes.

FIGURA 3.13

Trayectoria e intensidad del huracán Jova en 2011

Fuente: Wunderground, 2015 [106]

el cierre en 2011 debido al huracán Jova (Figura 3.13) y en 2014 como una medida preventiva debido al paso del huracán Bud, el cual trajo consigo ráfagas de viento de hasta 25m/s en Manzanillo.

El proceso en la toma de decisiones es el siguiente:

- La CP es la primera en ser notificada sobre la ocurrencia de tormentas potencialmente severas a partir de información meteorológica que le proporciona la SCT. Una vez que se ha identificado como un riesgo potencial, la tormenta comienza a ser rastreada por la CP y la API y es entonces que se les informa a las terminales
- Cuando la tormenta se llega a localizar a una distancia de 900 km del puerto, se toman las primeras acciones dependiendo de su dirección prevista y usando datos recopilados localmente de la condición de las olas y de los vientos, por ejemplo de la que hayan capturado los pilotos de los buques. Si se rastrea y se ve que se dirige en dirección al puerto, la CP participa en reuniones regulares con API Manzanillo, las cuales se torna más frecuente a medida que se va acercando la tormenta. La información de rastreo se obtiene de diferentes fuentes por ejemplo de NOAA, SEMAR y CONAGUA
- Cuando se encuentra a 500 km del puerto se hace sonar una 'alerta general', todo el puerto comienza a consolidar las áreas de riesgo, por ejemplo se reduce la altura de las pilas de contenedores. Si la tormenta continúa su trayectoria hacia el puerto y tiene buenas probabilidades de tocar tierra en el área, los buques se envían fuera del puerto para que encuentren refugio fuera de la costa. El umbral de velocidad del viento establecido para determinar el cierre del puerto es de 18m/s (35 nudos). La decisión de cerrar el puerto se el contexto de la revisión de todas las condiciones locales
- La fuerza de la tormenta junto con su trayectoria determinan la decisión o no de cerrar. Por ejemplo el huracán Odile en 2014 se encontraba a 150 km de las costas en su punto más cercano, pero tenía la suficiente fuerza de una u otra manera como para causar la clausura y daños al puerto.

Análisis financiero

El impacto financiero operacional para API Manzanillo si hay un cierre de puerto no es significativo, dado que la mayoría de los costos son absorbidos por las terminales. Las cuotas variables debidas al movimiento de carga se reducirían, por ejemplo los TEUs de CONTECON, y el resto del ingreso de API Manzanillo por concepto de atracamiento, uso de muelles y otros servicios; sin embargo, estos costos no son grandes si se les compara con el EBITDA total de API Manzanillo.

TABLA 3.13

Pruebas de sensibilidad para la pérdida de ingreso para API Manzanillo debido a potenciales cambios futuros en tormentas tropicales que provocan cierres del puerto parciales o totales.

Pérdida de ingreso para API Manzanillo debido a cierre del puerto como resultado de tormentas tropicales	2015 (Esperado basado en promedio histórico)	25% disminución en frecuencia	50% disminución en frecuencia	25% incremento en vida media de intensidad máxima	50% incremento en vida media de intensidad máxima
Tiempo de Paro (Todos los buques)	1.4 días / 0.4%	1.1 días / 0.3%	0.7 días / 0.2%	1.8 días / 0.5%	2.1 días / 0.6%
Tiempo de Paro (Buques <500UAB)	13.4 días / 3.7%	10.0 días / 2.7%	6.7 días / 1.8%	16.7 días / 4.6%	20.1 días / 5.5%
Pérdida de Ingreso Anual Estimada (MXN)	5,241,752	3,931,314	2,620,876	6,552,190	7,862,628

Fuente: Autores de este reporte

TABLA 3.14

Resumen de las bienes que manejan riesgo climático para cada terminal

Terminal	Riesgos climáticos
OCUPA	Lluvias intensas que detienen las operaciones de manejo debido a la reducción en la visibilidad para los operadores de grúas y montacargas. Lluvias que causan demoras en la carga/descarga de buques por la posibilidad de mojar los productos.
CEMEX	Lluvias que causan demoras en la carga/descarga de buques por la posibilidad de mojar los productos.
FRIMAN	Las operaciones de montacargas se detienen durante lluvias intensas. Lluvias que causan demoras en la carga/descarga de buques por la posibilidad de mojar los productos.
TIMSA	Las operaciones de consolidación de contenedores se detienen durante lluvias intensas. Lluvias que causan demoras en la carga/descarga de buques por la posibilidad de mojar los productos.
CONTECON	Lluvias intensas que detienen las operaciones de manejo debido a la reducción en la visibilidad para los operadores de grúas y montacargas.
PEMEX	Inactividad en el manejo debido a la disminución de disponibilidad de amarre a causa de los vientos y olas.
APASCO	Lluvias que causan demoras en la carga/descarga de buques por la posibilidad de mojar los productos.
MULTIMODAL	Lluvias intensas que detienen las operaciones de manejo debido a la reducción en la visibilidad para los operadores de grúas y montacargas. Lluvias que causan demoras en la carga/descarga de buques por la posibilidad de mojar los productos.
LA JUNTA	Lluvias que causan demoras en la carga/descarga de buques por la posibilidad de mojar los productos.
GRANELERA	Lluvias que causan demoras en la carga/descarga de buques por la posibilidad de mojar los productos.
SSA	Lluvias intensas que detienen las operaciones de manejo debido a la reducción en la visibilidad para los operadores de grúas y montacargas.
USG	Lluvias que causan demoras en la carga/descarga de buques por la posibilidad de mojar los productos.
MARFRIGO	Lluvias que causan demoras en la carga/descarga de buques por la posibilidad de mojar los productos.
HAZESA	Lluvias que causan demoras en la carga/descarga de buques por la posibilidad de mojar los productos.

Fuente: Autores de este reporte

El análisis financiero estima que el costo de mantener cerrado el puerto para API Manzanillo es de 0.12% del ingreso anual por cada 24 horas de cierre. Un estimado de 15% del tráfico de buques (en términos de valor de carga) a través del puerto se compone de buques de menos de 500 UAB[xxviii] unidades de tonelaje bruto); por tanto el costo de un cierre parcial (para buques de este calado únicamente) sería de 0.018% del ingreso anual de API Manzanillo por cada día de cierre.

Es importante notar que estas cifras representan solo la pérdida de ingreso y no consideran el mantenimiento adicional o los costos de reparación que API Manzanillo pudiera incurrir debido a la presencia de tormentas tropicales. Estos costos se encuentran contemplados en la Sección 3.4. El siguiente análisis de sensibilidad ha sido aplicado para mostrar la pérdida potencial de ingreso para API Manzanillo debido a cierres del puerto ocasionados por tormentas Tabla 3.13.

Adaptación

El puerto se cierra y las operaciones de manejo de bienes paran antes de que se alcancen ciertos umbrales de operación para los diferentes equipos. La adaptación de manejo de bienes cuando se presentan velocidades de viento extremas no es por tanto una prioridad. Mejoras en los umbrales de los equipos deben enfocarse en velocidades del viento que pudieran causar daños a los equipos (ver Sección 3.3).

Si el umbral actual para el cierre del puerto (18m/s) lo ajustara la capitanía del puerto, entonces se requeriría revisar los umbrales operacionales para el equipo crítico de manejo de bienes. Cualquier mejora requerida a los equipos puede ser incorporada en el calendario de renovación y mantenimiento.

3.2.5. Terminales

En conversaciones, las terminales reportaron diversos riesgos en el manejo de la mercancías, dependientes del tipo del equipo de manejo usado y de los productos manipulados. Se presenta un resumen en la Tabla 3.14. Se proporcionan detalles adicionales de los riesgos de cada terminal en las Secciones 3.2.6 a 3.2.19.

3.2.6. OCUPA

El cuello de botella crítico para las operaciones de manejo de bienes para OCUPA es la lenta entrada y salida de camiones provenientes de la entrada norte del puerto (ver Sección 3.1). Los riesgos climáticos en el manejo de mercancías incluyen interrupciones en las operaciones de grúas causada por vientos fuertes y lluvias torrenciales así como retraso en buques debido a la lluvia. El viento no se estableció como un factor para el manejo de bienes ya que la capitanía de puerto (CP) cerraría el puerto antes de que la velocidad de los vientos alcanzaran dichos niveles.

Si la tendencia actual se mantiene, se estima que el puerto y OCUPA observeran un incremento del 23% en días de lluvia intensa (>20mm) en temporadas húmedas antes del 2020, y un incremento del 90% antes del 2040.

3.2.7. CEMEX

CEMEX es una terminal especializada en importación y manejo de cemento, que maneja cemento a granel y por lo tanto puede verse afectada por eventos climáticos como lluvias y niveles de humedad en el ambiente (el cemento es un producto hidroscopico que es sensible condiciones de humedad y lluvia). Si el producto se moja se genera un Clinker compacto que requiere tratamiento especial y reciclaje antes de ser usado. El 100% del producto puede ser recuperado, pero con un costo adicional para la terminal.

CEMEX tiene la mayor cantidad de áreas de manejo de cubiertas en el puerto, y por lo tanto pueden mantener las operaciones de segunda maniobra por periodos más largos que otras terminales. Sin embargo la descarga de los buques se suspende durante lluvias (fuertes o débiles) ya que el buque no se puede abrir. Esta decisión es tomada por el comandante del barco.

Si la tendencia actual se mantiene, se estima que el puerto y CEMEX observeran una reducción del 6% en días de lluvia (<1mm) en temporadas humedas antes del 2020, y una reducción del 23% antes del 2040.

3.2.8. FRIMAN

El cuello de botella crítico para las operaciones de manejo de bienes para FRIMAN es la lenta entrada y salida de camiones de la puerta de entrada norte. Los riesgos clave producto del manejo de bienes y relacionado al

clima son las operaciones con montacargas que se ven paradas durante eventos de lluvia intensa y retrasos en la descarga de buques durante dichos eventos.

Si la tendencia actual se mantiene, se estima que el Puerto y FRIMAN observerán un incremento del 23% en días de lluvia intensa (>20mm) en temporadas húmedas antes del 2020, y un incremento del 90% antes del 2040.

3.2.9. TIMSA

Los riesgos clave producto del manejo de bienes y relacionado al clima son las precipitaciones. Por ejemplo incluso bajo una lluvia ligera la descarga de carga general se para, y en lluvia intensa los contenedores no pueden ser abiertos para labores de consolidación.

Extrapolando los datos de lluvia observados en los meses de junio, se estima que TIMSA tendrá una reducción del 6% de retraso en operaciones de descarga antes del 2020, y una reducción del 23% antes del 2040.

3.2.10. CONTECON

El principal riesgo relacionado al clima respecto al manejo de bienes para CONTECON proviene de los eventos de lluvia intensos que paran las operaciones de manejo de bienes debido a la reducción en la visibilidad para los operadores de grúas y de montacargas.

Si la tendencia actual se mantiene, se estima que el puerto y CONTECON observeran un incremento del 23% en días de lluvia intensa (>20mm) en temporadas húmedas antes del 2020, y un incremento del 90% antes del 2040.

3.2.11. PEMEX

La terminal de PEMEX afuera de la entrada del puerto principal está sujeta a downtime operacional debido al viento y a la actividad de las olas. Esto se considera un riesgo principalmente para la disponibilidad para el atraque y se discute más ampliamente en la Sección 3.5.

3.2.12. APASCO

APASCO tiene una terminal especializada en manejo de cemento importado, y maneja cemento a granel y por tanto dicha terminal está sujeta a riesgos relacionados al clima respecto al manejo de bienes como lluvia y/o humedad. (El cemento es un producto hidroscópico, sensible a entornos húmedos). Si el producto se moja, se puede desarrollar un clinker compactado el cual luego requiere tratamiento y reciclado antes de ser usado. Puede recuperarse el 100%, pero a un costo financiero que se le carga a la terminal.

El riesgo clave relacionado al clima para APASCO respecto al manejo de bienes es la lluvia y/o humedad. APASCO es una terminal solo de exportación, y los capitanes de los buques paran las operaciones de carga en cualquier condición de lluvia.

Extrapolando los datos de lluvia observados en los meses de junio, se estima que APASCO tendrá una reducción del 6% de retraso en operaciones de descarga antes del 2020, y una reducción del 23% antes del 2040."

3.2.13. MULTIMODAL

El riesgo climático clave para el manejo de bienes para MULTIMODAL es la lluvia. La terminal no puede cargar mercancía en camiones cuando llueve ya que se arriesga a dañar el producto. Las operaciones con grúa y con los montacargas también se paran cuando se tienen lluvias torrenciales ya que se da una reducción en la visibilidad para los operadores. El parar operaciones debido a la lluvia es una decisión cualitativa basada en la seguridad operativa y en la visibilidad.

Durante lluvias torrenciales, el agua se estanca en áreas abajo de las plataformas alzadas de carga del almacén. Esto obliga a bombear dicha agua para secar dichas áreas y obliga a parar operaciones de dos a cuatro horas. Esto ocurre entre 2 y 3 veces al año.

Si la tendencia actual se mantiene, se estima que el puerto y MULTIMODAL observerán un incremento del 23% en días de lluvia intensa (>20mm) en temporadas húmedas antes del 2020, y un incremento del 90% antes del 2040.

3.2.14. LA JUNTA

La oferta y eficiencia del transporte por tren se identificó como el cuello de botella crítico para las operaciones de manejo de bienes para LA JUNTA.

Se reportó que el riesgo climático clave para manejo de bienes para LA JUNTA también es la lluvia. Las operaciones de descarga de granos de los buques hacia la terminal se suspenden en caso de lluvia por ligera que ésta sea ya que el barco no puede ser abierto. La carga de granos de las terminales a los trenes no se ve afectada por la lluvia ya que las bandas transportadoras se encuentran bajo techo.

Extrapolando los datos de lluvia observados en los meses de junio, se estima que LA JUNTA tendrá una reducción del 6% de retraso en operaciones de carga antes del 2020, y una reducción del 23% antes del 2040.

3.2.15. GRANELERA

La oferta y eficiencia del transporte por tren se identificaron como el cuello de botella crítico para las operaciones de manejo de bienes para GRANELERA. Aproximadamente 14,000 toneladas por día pueden ser descargadas de los buques, pero solo 5,000 toneladas por día pueden ser transferidas fuera de los silos por medio del tren. Esto puede traer consigo retrasos con los buques que necesitan esperar fuera del puerto para ser descargados.

La descarga de granos de los buques hacia la terminal se suspende por lluvia por ligera que ésta sea ya que la banda transportadora que va del buque al silo no está bajo techo. Las perturbaciones debidas a la lluvia pueden durar desde 15 minutos hasta incluso un día entero. La decisión de parar la descarga la toma el capitán del buque. La lluvia también puede parar la carga de los silos hacia los trenes dado que los carros de ferrocarril con una carga de 300 toneladas pierden tracción y no se mueven. Extrapolando los datos de lluvia observados en los meses de junio, se estima que GRANELERA tendrá una reducción del 6% de retraso en operaciones de carga antes del 2020, y una reducción del 23% antes del 2040.

3.2.16. SSA

Se identificó la entrada y salida de camiones de la entrada norte al puerto como el cuello de botella crítico para las operaciones de manejo de bienes para SSA. Un riesgo climático potencial en el manejo de bienes para SSA es el tiempo fuera de operación de las grúas. Esto es causado primordialmente por las lluvias torrenciales que obligan a parar operaciones debido a la reducción de visibilidad de los operadores de las grúas. Parar las operaciones de las grúas debido a la lluvia es una decisión cualitativa que se basa en la seguridad operativa.

Si la tendencia actual se mantiene, se estima que el puerto y SSA observerán un incremento del 23% en días de lluvia intensa (>20mm) en temporadas húmedas antes del 2020, y un incremento del 90% antes del 2040.

3.2.17. USG

USG es la única terminal especializada en el manejo de granel mineral en el puerto. Es capaz de recibir buques de hasta 100,000 toneladas de granel mineral, con una capacidad operativa reportada de máximo 2,000 toneladas por hora por operación de embarque.[107] USG reportaron haber logrado un aproximado de 850 toneladas por hora durante las consultas en el puerto.

La lluvia puede afectar las operaciones de manejo de bienes en USG de dos formas:

- Un alto contenido de humedad en el producto mineral también puede afectar el flujo de materiales dentro de las bandas transportadoras, produciendo obstrucciones en las tolvas entre las transportadoras; y,
- Operaciones para el manejo de mineral a granel se ven suspendidas en caso de cualquier nivel de lluvia ya que los buques no pueden abrirse.

Existen múltiples fuentes de humedad entrando al granel mineral durante la cadena de suministro, empezando por el nivel del campo freático en la fuente de la operación minera. Debido a la complejidad para entender cómo las condiciones del cambio climático podrían afectar toda la cadena de suministro, no ha sido posible cuantificar los riesgos futuros relacionados al clima dentro del marco de este estudio.

Debido a su localización cerca de la entrada principal al puerto y a la descarga de drenaje principal que entra al puerto, USG también está sujeta a inundaciones dentro de la terminal durante las lluvias torrenciales, lo cual puede afectar las operaciones de manejo de material. Ya han empezado a tomar medidas para protegerse contra futuras inundaciones: Reportaron llevar a cabo un análisis de riesgo topográfico y se encuentran desarrollando un plan para proteger las áreas de baja altitud. Se considera que este estudio de adaptación pueda informar y guiar acciones para mitigar riesgos climáticos que vayan a ser implementadas por terminales específicas, como en el caso del manejo de inundaciones de USG. Además un esfuerzo colaborativo y coordinado entre terminales, con el apoyo de API Manzanillo, puede ser el más costo efectivo.

USG asimismo estableció una altura máxima de seguridad de 14m entre el nivel del mar y el equipo usado para el manejo del material. El análisis de inundación costera (Sección 2.2) muestra que el nivel máximo de aumento del nivel proyectado para el 2050 (en una trayectoria de RCP de 8.5) y usada en este estudio es de +0.16m. Este cambio no conllevará a que se exceda la altura de seguridad de 14m establecida por USG.

3.2.18. MARFRIGO

La lluvia representa el riesgo clave de manejo de productos para MARFRIGO. La terminal no puede sacar el pescado de los botes en caso de lluvia por más ligera que sea ésta ya que puede afectar al producto.

A partir de la extrapolación de los datos de precipitación diaria observados para el mes de julio se puede esperar una reducción aproximada del 6% en los retrasos de descarga para el año 2020 y una disminución del 23% en 2040.

3.2.19. HAZESA

La terminal HAZESA está todavía por abrir así que no tiene manera de proporcionar información histórica respecto al manejo de material en relación con el clima. Pero lo que sí reportaron es que no pretenden operar bajo la lluvia a la hora de manejar granel mineral. Esto debido a que el potencial de que se moje el producto cuando es cargado en los buques. Demasiada agua en el producto trae consigo un producto que se mueve más estando en el buque cuando se está en tránsito.

Existen múltiples fuentes de humedad entrando al granel mineral durante la cadena de suministro, empezando por el nivel del campo freático en la fuente de la operación minera. Debido a la complejidad para entender cómo las condiciones del cambio climático podrían afectar toda la cadena de suministro, no ha sido posible cuantificar los riesgos futuros relacionados al clima.

Cuando esté operando HAZESA puede contar con una reducción de aproximadamente el 6% de retrasos en sus descargas para el 2020 y 23% para el 2040 en comparación al 2015 debido a reducciones en precipitación.

3.3. Daños al equipo del puerto

RESUMEN DE LOS PUNTOS CLAVES

- Pueden ocurrir daños a los equipos del puerto y a la infraestructura en Manzanillo principalmente debido a inundaciones generadas por lluvias, por ejemplo a los caminos internos. Esto se toma en cuenta en la sección de mantenimiento.

- Debido a su altura (50 m aprox), las grúas para manejo de contenedores de CONTECON, SSA y OCUPA tienen el potencial de estar sujetas a daños debido a la velocidad de los vientos extremos. CONTECON proporcionó umbrales específicos de diseño para sus grúas de 200 km/hr.

- Los daños debidos a las velocidades del viento más allá de estos límites van desde la elasticidad local de sus arriostramientos, hasta la pérdida catastrófica de integridad estructural y colapso de la estructura de la grúa.

- Se espera un menor número de tormentas en Manzanillo para el futuro, pero el potencial de experimentar un ciclón tropical de categoría 4 (225 a 279 km/hr) o categoría 5 (>280 km/hr) tiene probabilidades de aumentar.

- El costo de reemplazar arriostramientos y de reparar conexiones es relativamente modesto, pero el colapso de una grúa probablemente vaya más allá de los costos de su reparación, lo cual resulta en costos financieros relevantes cuando se requieren reemplazar.

- Las opciones de adaptación incluyen mejoras a los sistemas de anclaje para las grúas, que se estima sean de entre 750,000 MXN y 2,250,000 MXN dependiendo del diseño y edad de las grúas así como de qué tan adecuado sea el sistema de anclaje existente. También se incluyen mejoras a los sistemas de frenado de las grúas y a los sistemas de predicción de la velocidad de los vientos.

- La inundación costera tiene el potencial de dañar edificios, equipos e infraestructura debido a los daños que causa el agua y al aumento de la corrosión.

- El riesgo es bajo y por consecuencia no se considera prioritario cuando el aumento medio del nivel del mar se combina con máximos de marea, estacional y ENSO junto con marejadas. Los riesgos actuales son más altos para la terminal de MARFRIGO cuya altura de muelle es de +2.1m por encima del nivel medio del mar (riesgo de inundación para la década de 2040s con una marejada de 1 en 250 años).

- Las opciones de adaptación para la inundación costera son, tal como se discute en la sección 3.2.3, mejoras físicas a la altura de los muelles y de las áreas de manejo de bienes, y el mantenimiento de las defensas costeras suaves provistas por el hábitat del manglar, y acondicionando equipo crítico /infraestructura que resulta vulnerable al riesgo creciente de inundación, por ejemplo el equipo eléctrico.

- Medidas adicionales tanto informativas como operacionales incluyen: actualizar los estándares de diseño para el equipo y la infraestructura, tomar en cuenta la actualización de estándares de diseño para los equipos y la infraestructura, asimismo tomar en cuenta su vida útil y el potencial impacto del cambio climático futuro.

- Tomar en cuenta el aumento del nivel del mar cuando se realizan inventarios para reemplazo y adecuación de equipos e infraestructura.

TABLA 3.15

Riesgos para los equipos portuarios

Riesgo	Umbrales y Sensibilidades	Variabilidad y cambio oceanográfico y de clima tanto presente como futuro	Severidad del Riesgo
Incremento en la frecuencia de eventos de lluvia intensa causa daños a la infraestruc-tura y a los equipos a causa de la inundaciones que ésta genera	• Inundaciones y sedimentos residuales del camino de acceso principal para entrar y salir del puerto ocurre de forma anual, y las inundaciones alcanzan los 30cm de altura. • Daños generados por las inundaciones en los edificios de los alrededores han generado durante estos eventos, por ej. el área de la aduana. • El equipo de escaneo automático de la aduana fue reemplazado debido a los daños que sufrió por inundaciones en el 2011.	• Actualmente, las inundaciones anuales ocurren durante la temporada de lluvias cuando se desborda el arroyo Jalipa que es la ruta de desfogue que va hacia el puerto. • Cambios en las precipitaciones extremas en México muestran que la cantidad de lluvia en un periodo de 24 horas con un periodo de retorno de 20 años se ha incrementado[60]. • Se ha observado una tendencia incremental para umbrales más altos, por ejemplo de 20 mm (información ERA-I) (junio).	• Lluvias intensas que causan saturación en el sistema de desagüe hacia el puerto resultan ser un riesgo para los equipos del puerto y para su infraestructura, tales como el camino de acceso interno y el área de aduanas. • Por ejemplo eventos de inundación ocurrieron en 2011, 2012 y 2014. • Los costos son principalmente absorbidos por API Manzanillo dentro de su presupuesto de mantenimiento. • Las terminales más cercanas al desfogue del Drene 3 son los que tienen el mayor riesgo, por ejemplo USG .
La velocidad del viento durante tormentas dañan el equipo de manejo de bienes	• Las grúas de contenedores tienen un umbral máximo de diseño para evitar que la velocidad del viento cause daños al equipo. • Por ejemplo las grúas de CONTECON tienen un umbral de velocidad máxima del viento de 56 m/s. • Cuando la velocidad del viento alcanza los 22m/s las grúas se sujetan a tornillos de anclaje para aumentar su estabilidad. • No se proporcionaron umbrales para otro equipo de manejo de bienes tales como las bandas transportadoras. Velocidades del viento de entre 42 y 56m/s tienen la probabilidad de causar daños.	• Manzanillo experimenta huracanes y fuertes vientos de altas velocidades, por ejemplo el Huracán Jova de 2011. • Incrementos futuros en velocidades del viento máximas e incrementos en la vida media de máxima intensidad en una tormenta resultan probables.	• Incrementos en la velocidad extrema del viento podrían traer consigo mayores daños al equipo del puerto y a su infraestructura. • La probabilidad de ciclones tropicales de categoría 4 (63 a 78m/s) y 5 (>78m/s) aumenta en el futuro. • La probabilidad de que estos eventos afecten los equipos se reduce gracias a las alertas tempranas ofrecidas por la capitanía de puerto que permiten preparar la consolidación del equipo portuario. • Grúas operadas por terminals de contenedores tienen un riesgo mayor, por ej. SSA, CONTECON.

El aumento del nivel del mar en combinación con las marejadas causa la inundación del puerto lo cual resulta en daños a los equipos del puerto y a su infraes-tructura.	• La altura de todos los muelles es de +3.1m sobre el nivel medio del mar; excepto por MARFRIGO (+2.1m). • Los patios asociados y áreas adyacentes tienen +4.1m. Las alturas en CONTECON son entre 3.4 y 3.7m.	• Escenario de aumento del nivel del mar observado = 0.17 m para el 2065[64]. • Bajo el escenario RCP 2.6, de aumento del nivel del mar para el 2065 = 0.16 m. • Bajo el escenario RCP 8.5, de aumento del nivel del mar para el 2065 = 0.23 m. • Combinando la máxima contribución de marea/estacional/deca-dal = +0.70 m. • La altura actual de la marejada con periodo de retorno de 1 en 250 años = +2.52 m. • La altura actual de la marejada con periodo de retorno de 1 en 500 años = +2.85 m.	• Los escenarios de máximo aumento del nivel del mar en combinación con marejada presenta un riesgo limitado de inundación costera dentro de los próximos 50 años. • El riesgo para MARFRIGO aumenta debido a que la altura de sus muelles es menor. Las inundaciones significativas (con profundidad de más de 30cm) podrían ocurrir para el 2040 bajo el escenario de aumento del nivel del mar con RCP 2.6 en combinación con un evento de marejada de 1 en 250 años.

Fuente: Autores de este reporte

3.3.1. Resumen de riesgos por cambio climático

Un resumen de información de riesgos y oportunidades clave con respecto al clima para el equipo del puerto se proporciona en la Tabla 3.15. Un desglose de riesgos clave para cada terminal se proporciona donde es necesario. Si no se comenta nada respecto a una determinada terminal, significa que no se identificó ningún riesgo relevante.

3.3.2. Inundaciones que traen consigo daños a los equipos y a la infraestructura

Tal y como se discutió en la Sección 3.6.1, apartado "Inundaciones", la inundación de la entrada principal del puerto y del camino interno de entrada y salida ocurre casi cada año. Las terminales más cercanas a la entrada principal y a la ruta de desfogue también se encuentran sujetas a este tipo de inundación dentro de los perímetros de las terminales durante las lluvias intensas.

El nivel de agua y sedimento que se deposita durante este tipo de inundaciones pueden afectar los equipos del puerto y la infraestructura. Se reportó que la infraestructura del área de aduanas y los equipos de escaneo fueron reparados después del evento de inundación del 2011. Inundaciones repetidas al final resultarán en una degradación del pavimento del camino, e implica reparaciones más a menudo. Estos se consideran dentro de los temas de mantenimiento para API Manzanillo, y sus impactos financieros se revisan en la Sección 3.6.1, apartado "Inundaciones". Las medidas de adaptación recomendada para prevenir inundaciones incluyen:

- Mejorar al sistema de desagüe para incrementar la capacidad máxima y poder manejar el flujo incremental;
- Crear Sistemas de Drenaje Sostenibles, tomando en cuenta el potencial de cambios en el nivel de precipitación;
- Llevar a cabo una revisión y un ajuste el programa de mantenimiento para asegurar que se logre la capacidad máxima del sistema existente, por ejemplo, la

frecuencia con que se limpia la trampa de sedimento
- Contemplar la planeación para mitigar riesgos de inundaciones a nivel de cuencas y opciones de adaptación basadas en ecosistemas a fin de reducir el riesgo de saturación del desagüe;
- Revisión de los sistemas de alerta temprana de inundación y la identificación de áreas de mejora, a la luz del riesgo creciente de inundaciones.

3.3.3. Velocidad extrema del viento que daña los equipos de manejo de bienes

Debido a su altura (50m aprox.), las grúas para manejo de contenedores de CONTECON, SSA y OCUPA tienen el potencial de estar sujetas a daños debido a las velocidades extremas del viento. CONTECON proporcionó umbrales de diseño específicos de 56 m/s antes de que pueda ocurrir el daño. Aunque no hubo disponibilidad de datos, otras grúas más viejas en el puerto propiedad de otras terminales podrían tener umbrales de diseño potencialmente más bajos y tener un menor desempeño durante condiciones de viento extremo. Hoy en día con un mayor conocimiento se pone mayor atención al diseño de las grúas y de los amarres para el viento que en el pasado.

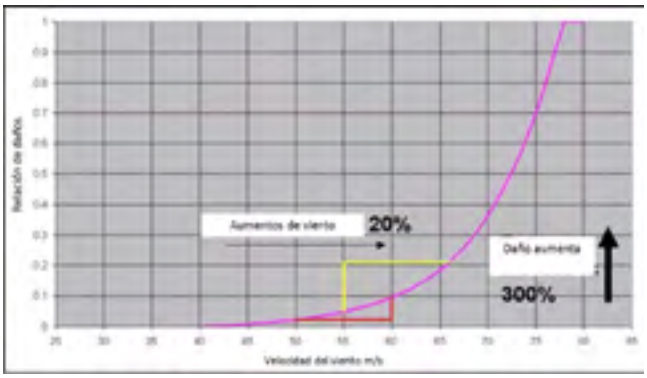
Debido a la ubicación de Manzanillo, así como a posibles cambios futuros en la vida media de la máxima intensidad de los ciclones tropicales[108], el puerto podrá ser sujeto a velocidades del viento de más de 56m/s.

Cuantificando de forma precisa los cambios futuros en las tormentas va, por el momento, más allá del alcance de los métodos científicos existentes. Sin embargo, se tiene la predicción que haya un menor número de tormentas, aunque es probable que se incremente la probabilidad de experimentar un ciclón tropical de categoría 4 o 5. Estos ciclones de categoría 4 como por ejemplo el huracán Daniel, que ocurrió en el Pacífico del Este en el 2006 se caracterizan por velocidades de vientos sostenidos de entre 63 y 78m/s. Los ciclones tropicales de categoría 5 exceden los 78m/s.

El nivel de incremento en daños generados a causa de mayores velocidades del viento no es lineal. En la medida que la velocidad del viento aumenta, se incrementa el poder del mismo para hacer daños de forma exponencial (Figura 3.14). Por tanto un huracán categoría 5 tiene el potencial de causar 250 veces más daño que uno de categoría 3 (con rachas de viento de 46m/s). Incrementos potenciales en las tormentas de categoría 4 o 5 tienen el potencial de aumentar significativamente el daño a los equipos de manejo de bienes.

FIGURA 3.14

Representación gráfica de la variación del daño debido al viento al aumentar su velocidad.



Fuente: Australian Government of Meteorology, 2015 [109]

Ninguna terminal proporcionó información que indicara que sus grúas, bandas transportadoras y otros equipos hayan sido sujetos a daños en el pasado debido a los vientos extremos. Los umbrales para la velocidad del viento fueron provistos, pero la capitanía del puerto cierra el puerto antes de que dichos umbrales sean alcanzados, parando todas las operaciones y ayudando a proteger dichos equipos. Dado que no se cuenta con información histórica para evaluar los riesgos, no se ha llevado a cabo un análisis detallado para la situación actual y futura del puerto como un todo. Más adelante se proporciona información de muestra con antecedentes con respecto a los riesgos para las grúas.

CONTECON

Información proporcionada por terminal de CONTECON muestra que sus grúas tienen un umbral operacional graduado al haber incrementos en la velocidad del viento:

- A 19 m/s suena una alarma pero las operaciones normales continúan
- A 22 m/s una grúa reduce su velocidad, se mueve hacia su posición de estacionamiento y se sujeta a sus tornillos de anclaje. Esta sujeción y paro de operaciones ayuda a prevenir daños a la grúa
- A las grúas paran su operación de forma automática

Aunque la información no se encontraba disponible para otras grúas más viejas en el puerto, se toma en cuenta que por ejemplo SSA potencialmente tendrá umbrales más bajos antes de que las operaciones se

vean afectadas. Las velocidades de viento de ejemplo estipuladas para las operaciones del puerto[110] indican que las operaciones de las grúas cesan cuando se encuentran entre 11.5 y 14.0 m/s en vez de la velocidad más alta de 22 m/s que se le dio a CONTECON.

El comportamiento de las grúas en condiciones severas de tormenta o huracán dependen de la habilidad del diseñador y de lo adecuada que sea la sujeción de los anclajes. En general se espera que las grúas más modernas tengan mejor desempeño en condiciones de viento al compararlas con las más viejas, pero esto es no es siempre el caso.

Las grúas están típicamente diseñadas con factores de carga y factores de reducción de resistencia de materiales para permitir incertidumbre en el diseño de cargas, variaciones en la resistencia de materiales y deficiencias de construcción. Típicamente la estructura de una grúa está diseñada para soportar cargas de viento de entre 35 a 50% por arriba de su máximo especificado, lo cual equivale a velocidades de viento de 15 a 22% por encima del máximo. El daño debido a cargas de viento que se incrementan más allá de estos límites va desde la elasticidad local de sus arrostramientos, hasta la pérdida catastrófica de integridad estructural y colapso de la estructura de la grúa.

Proporcionar costos de reparación definitivos para cuando se dan daños a las grúas debido a vientos por arriba de los máximos para las que fueron diseñadas resulta difícil. El costo de reemplazar los arrostramientos y de reparar las conexiones es relativamente modesto, pero el colapso de una grúa probablemente vaya más allá de los costos de su reparación, lo cual resulta en costos financieros relevantes cuando se requiere reemplazo. Por lo general, un colapso ocurre en condiciones extremas de huracanes cuando falla uno o más de uno de los tornillos de anclaje en la estructura del muelle.

Las opciones de adaptación para prevenir daño a las grúas debido a las velocidades extremas del viento incluyen:

- Mejoras a los sistemas de anclaje para las grúas. Un sistema de enlace dúctil asistiría en un mejoramiento de la distribución de la carga hacia los diferentes componentes del sistema de anclaje y con ello prevenir la falla de uno o varios de los tornillos de anclaje. Los costos aproximados para esta mejora serían de alrededor de 750,000 MXN a 2,250,000 MXN dependiendo del diseño y de la edad de la grúa y de qué tan adecuado sea el sistema de anclaje existente
- Mejoras a los sistemas de frenado de las grúas y a los sistemas de predicción de la velocidad de los vientos. Estos sistemas aseguran que conforme la velocidad de los vientos se acerca a los límites operacionales, existe suficiente capacidad de frenado para prevenir que se escape la grúa y se vaya hacia las vías, y existe suficiente tiempo para ponerla en una posición segura para instalarle los anclajes.

3.3.4. Aumento del nivel del mar en combinación con una marejada provoca una inundación en el puerto lo cual trae consigo daños a los equipos del puerto y a su infraestructura

Tal y como se discutió en la sección 3.2.3, la probabilidad de inundación costera por encima de las alturas actuales de los muelles es bajo y no se considera un riesgo prioritario. Solo se considera posible cuando el aumento del nivel medio del mar se combina con los máximos de marea, estacional y El Niño junto con una marejada. Los riesgos actuales son más altos para la terminal de MARFRIGO cuya altura de muelle es de +2.1m por arriba del nivel medio del mar.

La inundación costera tiene el potencial de dañar edificios, equipos e infraestructura debido a los daños que causa el agua y al aumento de la corrosión. Estos se consideran principalmente un tema de mantenimiento para API Manzanillo y se discuten en la Sección 3.4.

Las opciones de adaptación para la mitigación y prevención tanto física como basada en ecosistemas para la inundación costera son, tal y como se discutió en la sección 3.2.3, la mejora física de la altura de los muelles y de las áreas de manejo de bienes así como el mantenimiento de las defensas costeras suaves que proporciona el hábitat de los manglares. Mejorar la altura de los muelles, como se discutió en su momento, resulta muy caro, y API Manzanillo y las terminales cuentan con cobertura de seguro para daños causados por eventos extremos.

Medidas adicionales informativas y operativas a fin de prevenir incrementos en daños futuros a los equipos y a la infraestructura incluyen:

- Actualización de las guías de manejo y diseño para los equipos y la infraestructura, tomando en cuenta su vida útil y el potencial impacto del cambio climático futuro
- Tomar en cuenta el aumento del nivel del mar cuando se realizan inventarios para reemplazo y adecuación de equipos e infraestructura.

3.4. Implicaciones de los impactos de cambio climático en los costos de mantenimiento

RESUMEN DE LOS PUNTOS CLAVES

- Los costos de mantenimiento en el puerto son principalmente absorbidos por API Manzanillo. Los temas clave de mantenimiento que se ven afectados por el cambio climático son:
  - Dragado de mantenimiento
  - Mantenimiento del sistema de drenado y de las trampas de sedimento
  - Limpieza y reparación de infraestructura, por ejemplo los caminos después de un evento de inundación.
- Se asume que el incremento estimado en carga de sedimento hacia la cuenca del puerto por causa del cambio climático es directamente proporcional al incremento del 8% en la tasa de precipitación máxima en 24 horas para un periodo de retorno de 20 años para la década de 2050 (10% para el 2080). Un incremento de 8% en el asentamiento de sedimento requeriría la remoción de 8,000m^3 de material por año para la década de 2050, a un costo adicional de 864,000 MXN por año.
- Sin embargo, el aumento del nivel del mar incrementará el calado de alguna manera, reduciendo estos costos adicionales entre 86,400 y 108,000 MXN por año (escenarios de aumento del nivel del mar con trayectoria de de RCP 2.6 a 8.5).
- Los costos anuales totales en 2014 para limpieza de drenaje fueron del orden de 19,489,444 MXN (4.5% del gasto total operativo de API Manzanillo). Los costos asociados con la limpieza de sedimento y desperdicio del sistema de drenaje podrían incrementarse, en línea con los incrementos en la frecuencia de eventos hidrológicos intensos así como cambios en la actividad de las tormentas. Un 8% de incremento en la sedimentación para el 2050 resultará en costos anuales adicionales de 1,559,155 MXN por año (0.4% gasto operacional). Un 50% de incremento en la intensidad de las tormentas tropicales pudiera traer consigo costos anuales totales para el mantenimiento del drenaje del orden de 6.75% de gasto operacional.
- Se asume que aumentos en costos de mantenimiento para vialidades internas y para el área de aduanas se asume que sean directamente proporcionales al incremento en intensidad de las precipitaciones que provocan eventos de inundación por lluvias. Un incremento de 8% en lluvias intensas para la década de 2050s traerá consigo un incremento en estos costos de aproximadamente 3 millones MXN.

3.4.1. Resumen de riesgos por cambios climáticos

Un resumen con los riesgos clave debidos a los impactos del cambio climático en los costos de mantenimiento que el puerto ha definido se encuentra en la Tabla 3.16.

Tanto API Manzanillo como las terminales son responsables en el puerto de diferentes actividades de mantenimiento y sus costos asociados. La información que se ha recibido sobre estos costos está resumida más adelante, con respecto a cómo serán afectados con el cambio climático.

3.4.2. API Manzanillo

La mayoría de los costos de mantenimiento significativos del Puerto de Manzanillo recaen en API Manzanillo. Los costos significativos afectados por el cambio climático incluyen:

- Mantenimiento de dragado;
- Mantenimiento sistema de drenaje;
- Limpieza y reparaciones de infraestructura después de eventos de inundación (por ejemplo en las vías de acceso).

TABLA 3.16

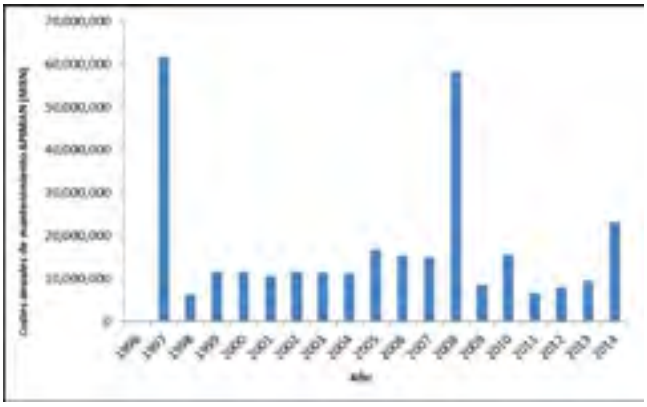
Riesgos asociados a los costos de mantenimiento

Riesgo	Umbrales y Sensibilidades	Variabilidad y cambio climático / oceanográfico actual y futuro	Descripción del Riesgo
Incremento en la intensidad de las precipitaciones que causan aumento de sedimentación en la parte baja de la cuenca del puerto, reduciendo el calado de los buques y el consecuente acceso a la terminal.	• La sedimentación en el puerto actualmente causa una reducción en el calado e interrumpe el acceso de los buques. • El riesgo es mayor para las terminales más cercanas al desfogue del drenaje, es decir USG. • Los costos de dragado de mantenimiento en 2014 fueron de 54 millones MXN a 108 MXN por m^3. • El efecto secundario lo genera la presencia del buque de dragado lo cual limita el acceso a la terminal.	• Se espera que aumente la intensidad de las precipitaciones. 8% en la tasa de precipitación máxima en 24 horas para un periodo de retorno de 20 años para 2050. • Se asume que el incremento en la sedimentación es proporcional al incremento en el flujo hidrológico total. • El análisis hidrológico muestra que casi se duplicó la frecuencia de la saturación del desagüe para 2050.	• El incremento en la carga de sedimento requerirá de 8,000m^3 adicionales de remoción por año para la década de 2050, a un costo adicional de 864,000 MXN por año. • El aumento medio del nivel del mar tendrá un efecto de mitigación moderado. • Los costos por mantenimiento de dragado de los cubre API Manzanillo. • El aumento en mantenimiento de dragado de traerá consigo mayor tiempo de paro operacional para todas las terminales debido a la presencia del buque que hace dicha labor.
Incremento en la intensidad de las precipi-taciones hacen necesario mayor mantenimiento del sistema de drenaje del puerto.	• Actualmente ocurre sedimentación y asentamiento de material dentro del sistema de drenaje del puerto. Esto es un factor que contribuye a la saturación del sistema de drenaje. • Los costos totales anuales en 2014 fueron de 19,489,444 MXN. • Representó el 4.5% del gasto operativo de API Manzanillo durante 2014.		• Un incremento proporcional de 8% en asentamiento de sedimento trae consigo costos adicionales del orden de 1,559,155 MXN por año. Esto es equiparable a un incremento del 0.4% en costos operacionales totales para API Manzanillo. • Los costos son cubiertos por API Manzanillo
El incremento en la frecuencia de las precipita-ciones intensas causa daños a la infraestructura y a los equipos, por ejemplo a los caminos internos debido a la inundación por lluvias	• Debido a las inundaciones, el mantenimiento y reparación de los caminos internos y del área de aduanas es el componente más grande de los costos anuales de mantenimiento de API Manzanillo (fuera del dragado). • En el Plan Maestro de Desarrollo Portuario se estima en 6 millones MXN durante 2015.		• El Plan Maestro de Desarrollo Portuario incluye un en el pronóstico de incremento para costos de mantenimiento de caminos de 5% por año. • Si se asume que un incremento de 8% se aplicara por encima del que se tiene en el pronóstico que es de 5%, entonces habrá costos adicionales por 3 millones MXN por año para el 2050. • Costos cubiertos por API Manzanillo

Fuente: Autores de este reporte

FIGURA 3.15

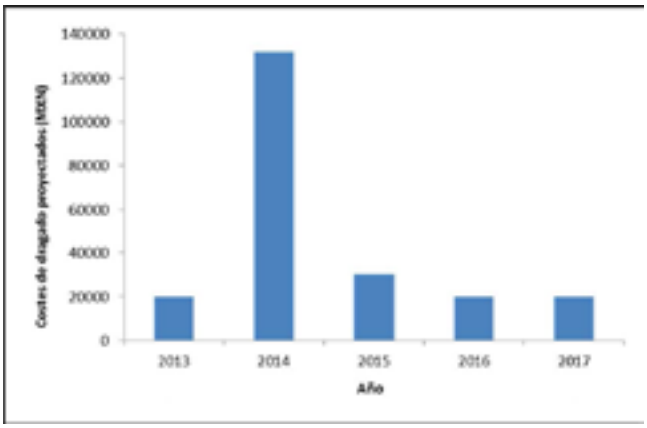
Costos anuales de mantenimiento (MXN) para API Manzanillo en el periodo de 1996 a 2014.



Fuente: Autores de este reporte

FIGURA 3.16

Costos estimados de dragado annual API Manzanillo. Los costos se indican en miles de MXN.



Fuente: Autores de este reporte

El departamento de Finanzas de API Manzanillo reporta que su sistema de registro de costos de mantenimiento ha cambiado, de tal manera que todo el registro está fragmentado. Sin embargo de las cifras obtenidas, aparte de los gastos significativos en 1997 y 2008, los costos de mantenimiento para API Manzanillo se muestran consistentes, con un monto promedio anual de 11,300,000 MXN (Figura 3.15).

Un pronóstico del programa de mantenimiento y costos relacionados para el periodo 2012 a 2017 también se incluye en la Sección 5.3 del Plan Maestro del Puerto (PMDP) (Tabla 3.17). Este expresa los diferentes aspectos de mantenimiento de los cuales es responsable API Manzanillo. No hay una tendencia clara en el tiempo que se pueda observar en estas proyecciones. Sin embargo, la Tabla 3.17 muestra un incremento en 2013 y 2014, relacionados con los caminos internos y el sistema de drenaje. Es posible que esto se deba a la construcción planeada para el canal de navegación, para trabajos de la terminal CONTECON y otros trabajos asociados.

Las problemáticas más afectadas por el cambio climático mostradas en la Tabla 3.17 son las ocasionadas por inundaciones, como efectos en las vialidades, zona de aduanas y sistema de drenaje. Impactos de los costos proyectados con el cambio climático se discuten a continuación.

Incremento en el dragado de mantenimiento

La Sección 5.4 del Plan Maestro del Puerto incluye un pronóstico de inversión para API Manzanillo de 2013 al 2017. Se proporciona información respecto a costos futuros del dragado que cubren tanto la construcción como el mantenimiento (Figura 3.16). Los costos son consistentes si se excluye el incremento significativo de 2014. Este incremento en 2014 es probablemente debido a incremento ya esperado en el dragado para la construcción del canal de conexión para la Laguna de Las Garzas así como para otros trabajos planeados. Los costos anuales promedio estimados sin incluir 2014 son de 22.5 millones MXN.

El programa de dragado estándar de mantenimiento ocurre una vez al año, empezando en noviembre cuando la temporada de lluvias finaliza. El departamento de ingeniería de API Manzanillo comenta que el volumen actual del dragado de mantenimiento es de 0.5 millones de m^3 por año. Sin embargo API Manzanillo notifica una reducción a 0.1 millón de m^3 por año después del 2017, debido a la remoción de sedimentación histórica.

API Manzanillo notificó que los costos de dragado de mantenimiento totales "en la actualidad" en 2014 fueron de 54 millones MXN. Para 0.5 millones de m^3 esto se traduce en aproximadamente 108 MXN por metro cúbico. Los costos de dragado constructivo en 2014 fueron de 96 millones MXN. Los 0.5 millones de m^3 de dragado de mantenimiento representaron 12% del gasto operativo total de API Manzanillo durante 2014.

TABLA 3.17

Proyecciones de costos de mantenimiento 2012 a 2017 (miles de pesos). Problemáticas en gris pueden ser las más afectadas por el cambio climático.

Mantenimiento responsabilidad de API Manzanillo	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Caminos internos	3,792	2,886	5,000	3,859	4,052	4,254
Instalaciones genersales de API	4,030	4,714	6,000	4,410	4,631	4,862
Instalaciones aduaneras	2,317	0	1,000	2,205	2,315	2,431
Ayudas de navegación	302	1,000	1,500	1,654	1,736	1,823
Equipo eléctrico	572	1,600	2,000	1,103	1,158	1,216
Bardado	458	1,400	2,000	551	579	608
Redes de drenaje y agua potable	495	7,150	8,000	551	579	608
Sistema de señalamiento horizontal y vertical (caminos)	302	1,100	3,000	551	579	608
Areas temporales de maniobras	1,154	0	0	1,103	1,158	1,216
Muelles	1,493	5,150	1,500	1,654	1,736	1,823
Total	14,915	25,000	30,000	17,641	18,523	19,449

Fuente: Plan Maestro de Desarrollo Portuario, 2012 [111] / Autores de este reporte

Análisis de Riesgo

A pesar de que Manzanillo está por experimentar condiciones más secas en general, se espera que aumente la frecuencia de los eventos de lluvia intensa. Estos periodos de lluvia intensa son la causa principal de que se incremente la acumulación de sedimento en la cuenca del puerto. Esto por tanto tendrá como consecuencia un aumento de requerimientos para realizar dragado de mantenimiento.

Para efectos de análisis, se asume que el incremento potencial en la cantidad de sedimento con respecto al cambio climático resulta proporcional al incremento en el flujo hidrológico total. Con información adicional y un enfoque en este asunto en particular, se podría generar trabajo futuro fuera de este estudio pudiera refinar estos estimados, tomando en cuenta que la descarga de sedimento varía de forma desproporcional con el flujo.

El incremento potencial en carga de sedimento hacia la cuenca del puerto con respecto al cambio climático está por tanto relacionado al incremento de 8% en la tasa de precipitación máxima en 24 horas para un periodo de retorno de 20 años para la década de 2050s (10% para la de 2080).

Tomando la cifra de 0.1 millones de m^3 por año para dragado de mantenimiento para después de 2017, un incremento proporcional de 8% en asentamiento de sedimento requeriría de 8,000m^3 adicionales de ma-

terial a ser removido por año para la década de 2050, a un costo adicional de 864,000 MXN por año. Esto es equivalente a un incremento de 1% en el gasto operacional total para API Manzanillo.

Dragado de emergencia después de eventos de tormenta

Los eventos de tormentas tropicales son sin duda el principal factor que causa eventos hidrológicos extremos y por ende un drenado significativo hacia el puerto son sin duda. Estos eventos de tormenta pueden traer consigo un incremento significativo en la cantidad de sedimento que se deposita en el puerto, y puede requerir de una respuesta inmediata por parte de API Manzanillo fuera del programa estándar de mantenimiento para mantener libre el acceso a las terminales.

Para ilustrar los riesgos potenciales, la Tabla 3.18 proporciona un análisis de sensibilidad que muestra los efectos potenciales de una disminución en la frecuencia de las tormentas y un incremento en la vida media de máxima intensidad (duración). Se usa como figura representativa la cifra de 10,000 m^3 de material (10% del programa anual) para ilustrar un requerimiento de volumen de dragado inmediato posterior a una tormenta en el presente.

Aumento en el calado debido al aumento del nivel del mar

Tal y como se mencionó en la sección anterior, se espera que los requerimientos de dragado cambien debido al aumento de la intensidad de las precipitaciones y a cambios en las tormentas tropicales. Sin embargo, el asunto del calado se verá de alguna manera mitigado por el aumento del nivel del mar, aunque se espera que el efecto sea más bien limitado. El aumento medio del nivel del mar para 2050 bajo un escenario moderado (RCP 2.6) es de 0.13m; y para el escenario alto (RCP 8.5) 0.17 m. Esto incrementaría el calado de la cuenca del puerto (cuya profundidad actual es de 16 m) de un 0.8% a un 1%.

El dragado de mantenimiento (de acuerdo con estimaciones de API Manzanillo de 0.1 millones de m^3 por año en 2017) serían por tanto reducido en unos 800 a 1,000m^3 (asumiendo que la reducción en la profundidad del dragado requerido es igual al aumento en el nivel del mar proyectado). Los ahorros serían del orden de 86,400 a 108,000 MXN por año (trayectoria RCP 2.6 a 8.5).

Resumen de los impactos del cambio climático en el dragado de mantenimiento

El impacto en general del cambio climático es por tanto un incremento en el dragado de mantenimiento conforme pase el tiempo, debido a un incremento en la intensidad

TABLA 3.18

Pruebas de sensibilidad para cambios en las tormentas tropicales que afectan los requerimientos de dragado inmediato.

Dragado Inmediato	Dragado inmediato (m^3)	Disminución de 25% en frecuencia de tormentas	Disminución de 50% en frecuencia de tormentas	Incremento de 25% en vida media de máxima intensidad	Incremento de 50% en vida media de máxima intensidad
Cantidad de material (m^3/año)	10,000	7,500	5,000	12,500	15,000
Costos Promedio Totales Anuales (MXN)	1,080,000	810,000	540,000	1,350,000	1,620,000
% de gasto operativo	0.24	-0.18	-0.12	0.30	0.36

Fuente: Autores de este reporte

de las precipitaciones (y posibles incrementos en impactos de ciclones tropicales) que se contrapone de alguna manera con un incremento en el nivel medio del mar.

Los buques que pueden actualmente atracar en Manzanillo tienen un calado máximo de 14 m. Para acoger buques New Panamax de sexta generación el puerto tendrá que incrementar su calado aun más, lo cual incrementará el compromiso con el dragado de mantenimiento todavía más, junto con los costos respectivos en general.

Mantenimiento de drenaje

Los datos financieros respecto a los costos por mantenimiento y limpieza del drenaje en el puerto solo se tuvieron disponibles para 2014. Se trabajó en datos de cuatro meses: marzo, agosto, septiembre y diciembre. La Figura 3.17 muestra que los costos más altos se dan en diciembre después de que termina la temporada de lluvias. La cifra anual total para 2014 fue de 19,489,444 MXN. El mantenimiento al drenaje representó aproximadamente el 4.5% del gasto total de operación para API Manzanillo durante 2014.

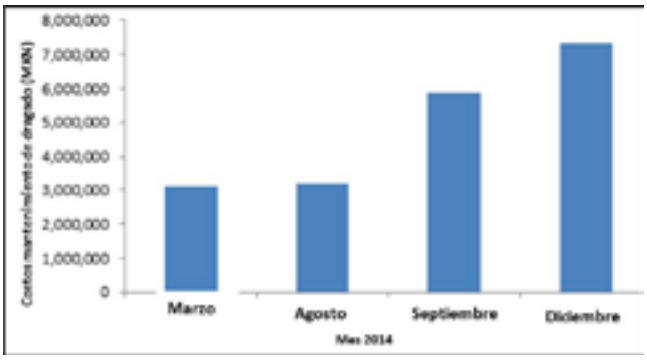
Como en el caso del mantenimiento del dragado, el nivel de costos asociados con la limpieza de sedimento, desperdicio y otros materiales que paran en el sistema de drenaje pueden relacionarse a incrementos en la frecuencia de eventos hidrológicos intensos así como cambios en la actividad de las tormentas (Tabla 3.19).

El incremento potencial en la carga de sedimento hacia el sistema de drenaje con respecto al cambio climático puede relacionarse con el incremento de 8% en la tasa de precipitación máxima en 24 horas para un periodo de retorno de 20 años para la década de 2050s (10% para la década de los 2080s).

Tomando la cifra del total anual para 2014 de 19,489,444 MXN, un incremento proporcional de 8% en el asentamiento de sedimento resultaría en costos adicionales de 1,559,155 MXN por año. Esto es equivalente a un incremento de 0.4% en el gasto operacional para API Manzanillo.

FIGURA 3.17

Año 2014 Costos de API Manzanillo para mantenimiento del sistema de drenaje del puerto



Fuente: Autores de este reporte

TABLA 3.19

Pruebas de sensibilidad para cambios en las tormentas tropicales que afectan los requerimientos de mantenimiento del sistena de drenaje del puerto.

Mantenimiento del Drenaje del Puerto	2014	Disminución de 25% en la frecuencia de tormentas	Disminución de 50% en la frecuencia de tormentas	Incremento de 25% en la vida media de la máxima intensidad	Incremento de 50% en la vida media de la máxima intensidad
Costos promedio totales anuales (MXN)	19,489,444	14,617,083	9,744,722	24,361,805	29,234,166
% del gasto de operación	4.50	3.38	2.25	5.63	6.75

Fuente: Autores de este reporte

Un análisis de sensibilidad muestra el efecto potencial del cambio en los escenarios de tormenta en los costos de mantenimiento del drenaje, ya que se incrementa el sedimento y desperdicio que entra al sistema de drenaje del puerto.

Adaptación

Los costos de adaptación para mejorar físicamente el sistema de drenaje, incluyendo las mejoras en prevención para que no entre sedimento y otros materiales, se proporcionan más adelante. Posteriormente se discute la rentabilidad en general de estas medidas.

El raciocinio usado para el diseño del incremento de la capacidad máxima del Drene 3 y para la mejora de las trampas de sedimento se proporciona en el Apéndice 7.

Costos

Se estimaron los costos de mejorar el Drenaje 3 e instalar trampas de sedimento adicionales en todos los drenajes usando cantidades y procedimientos proporcionados por los especialistas de ingeniería de WorleyParsons, en base a diseños conceptuales. La determinación de precios se basa en tarifas unitarias para trabajo de tierra, concreto y otras actividades de construcción provenientes de otros proyectos en la región, que fueron modificados usando factores de productividad aplicables al trabajo en el puerto. Los costos indirectos incluyendo gastos de contingencia también se incluyen como es apropiado para estimados de costo de alto nivel (AACE Class 4). Los costos totales usados en el análisis financiero incluyen el impuesto (IVA) y se encuentran en MXN de 2015. Un resumen de cada estimado se presenta en la Tabla 3.20 y Tabla 3.21 abajo.

El costo de instalar trampas adicionales fue primero estimado para el principal colector, y subsecuentemente para el resto de los colectores usando costos unitarios, basados en el área del cárcamo del drenaje.

Efectividad

Estas dos medidas de adaptación de ingeniería combinadas pueden proveer un alto nivel de efectividad contra las inundaciones y también contra la sedimentación de la cuenca del puerto. Al incrementar la capacidad de drenaje y al mejorar las trampas se reduce el riesgo de inundaciones ya que se habilita la capacidad máxima durante los picos de flujos crecientes, pero también al prevenir que ciertos materiales entren al drenaje se mantiene la capacidad máxima en el tiempo. Al mejorar las trampas de sedimento también se reduce en la cuenca del puerto. Esto ayuda a mantener el calado y por ende la accesibilidad al puerto, reduciendo la necesidad de labores de dragado de mantenimiento.

Los ahorros para API Manzanillo que podrían generarse a partir de estos proyectos se compararon entonces con los costos totales de tener cerrado el puerto por causa de la inundación por lluvias (cierre del puerto), las labores de dragado de mantenimiento y el mantenimiento del desagüe combinados. Al cuantificar los cambios exactos en los patrones del flujo en el drenaje debido a estas medidas se encuentra más allá del alcance de este estudio, por lo que se asume que las mejoras podrían eliminar el 75% del incremento en estos costos.

Tomando en cuenta que la instalación de trampas de sedimento es substancialmente una medida menos costosa y que infiere menos con las actividades del puerto que las mejoras al desagüe, se recomienda que la instalación de las trampas de sedimento se complete primero. Dado que no se sabe con exactitud qué tan efectivo resultan ser las trampas de desperdicio/arena para prevenir la obstrucción de los canales de drenaje, el proyecto de mejora del drenaje puede ser revisado, retrasado o empezado más rápido dependiendo de los resultados. Se espera que cada proyecto pueda ser llevado a cabo en fases, con el trabajo requerido llevándose a cabo durante varios años.

El objetivo de este análisis es el de determinar el valor presente neto (VPN) de estas dos medidas de adaptación en un periodo de 25 años (2016-2040). Cuatro diferentes escenarios para la implementación de estas medidas de adaptación se estudiaron para explorar cómo se afecta la economía al completar los proyectos en fases o retrasando los proyectos. Los escenarios se describen en la Tabla 3.22 adelante.

Los resultados del análisis se presentan en las tablas y cifras abajo. Para el escenario caso base, La Figura 3.18 presenta los efectos del cambio y adaptación climáticos en el EBIDTA proyectado anual de API Manzanillo. Puede verse que llevar a cabo las mejoras del drenaje conduce a una notable reducción en el EBIDTA de API Manzanillo de 2019 a 2023 (línea verde). De 2023 en adelante, el EBIDTA con las medidas existentes es mayor que el EBIDTA sin adaptación (línea roja), ya que los impactos del cambio climático se reducen. El leve declive en EBIDTA más allá de 2033 con medidas de adaptación existentes (línea verde) se basa en el supuesto de que las medidas van a eliminar el 75% de los costos del cambio climático, pero no el 100%.

La Figura 3.19 compara el VPN del caso base con el escenario de gestión adaptativa. A una tasa de descuento de 10% de API Manzanillo, el VNP es prácticamente igual en ambos escenarios, mientras que las tasas de descuento más bajas favorecen el caso base, y tasas de descuento más altas favorecen la gestión adaptativa.

TABLA 3.20

Estimado de costo para mejorar el Drene 3

MEJORA DEL DRENE 3				
Actividad	**Cantidad**	**Unidades**	**Precio Unitario (MXN)**	**Valor (MXN)**
Demoliciones				
Demolición del pavimento	1,696.80	m^3	122.00	207,010
Movimiento de Tierras				
Excavación sin drenado de manto freático	18,835.20	m^3	161.00	3,032,467
Excavación con drenado de manto freático	4,708.80	m^3	280.00	1,318,464
Rellenado	12,092.50	m^3	83.00	1,003,678
Transportación de cascajo al vertedero	11,451.50	m^3	12.00	137,418
Estructura				
Encofrado vertical (losa del fondo & pare-des)	5,101.20	m^2	1,575.00	8,034,390
Encofrado Horizontal (losa del tope)	3,270.00	m^2	2,205.00	7,210,350
Concreto magro	559.20	m^3	2,335.00	1,305,732
Concreto(fck=30MPa)	3,341.90	m^3	3,951.00	13,203,847
Reenforzamiento	267,352.00	kg	24.00	6,416,448
Impermeabilización				
Junta de PVC de retén de agua	1,308.00	m	311.00	406,788
Recubrimiento bituminoso	3,008.40	m^2	178.00	535,495
Pavimentos				
Reconstrucción de Pavimento	1,696.80	w	593.00	1,006,202
Costos Directos				43,818,289
Gastos Generales	25%			10,954,572
Rentabilidad	10%			4,381,829
Contingencia	35%			20,704,142
TOTAL				79,858,832
IVA	16%			12,777,413
TOTAL + IVA				92,636,245

Fuente: Autores de este reporte

TABLA 3.21

Costo aproximativo para mejoras de trampas (para protección contra sedimentación y residuos sólidos).

MODERNIZACIÓN DE TRAMPAS				
Actividad	**Cantidad**	**Unidades**	**Precio por unidad (MXN)**	**Valor (MXN)**
COLECTOR PRINCIPAL				
Excavación sin drenado de manto freático	337.50	m^3	174.85	59,011.90
Excavación con drenado de manto freático	337.50	m^3	227.50	76,781.30
Transportación de cascajo al vertedero	675.00	m^3	12.61	8,511.80
Vertido de Concreto	11.25	m^3	143.65	1,616.10
Rejillas	1,080.00	kg	78.00	84,240.00
Acero estructural (galvanizado)	7,536.00	kg	85.41	643,649.80
Costo Directo				873,811
Gastos Generales	25%			218,453
Rentabilidad	10%			87,381
Contingencia	35%			412,876
TOTAL				1,592,521
IVA	16%			254,803
TOTAL + IVA				1,847,324
Tamaño del Cárcamo Principal del Drenaje	54.00	m^2		
COSTO UNITARIO TOTAL INCL. IVA/M^2				34,210
COLECTORES ADICIONALES				
Colector 1	9.00	m^2		307,887
Colector 2	9.00	m^2		307,887
Colector 3	9.00	m^2		307,887
Colector 4	9.00	m^2		307,887
Colector 5	9.00	m^2		307,887
Colector de Laguna “I” (2 Celdas)	18.00	m^2		615,775
Colector de Laguna 2 (3 Celdas)	27.00	m^2		923,662
Colector de Laguna 3 (3 Celdas)	27.00	m^2		923,662
Colector Secundario	15.00	m^2		513,146
Colector Adicional Drain	13.50	m^2		461,831
Colector G	16.25	m^2		555,908
TOTAL DE TODOS LOS COLECTORES INCL. IVA				7,380,745

Fuente: Autores de este reporte

TABLA 3.22

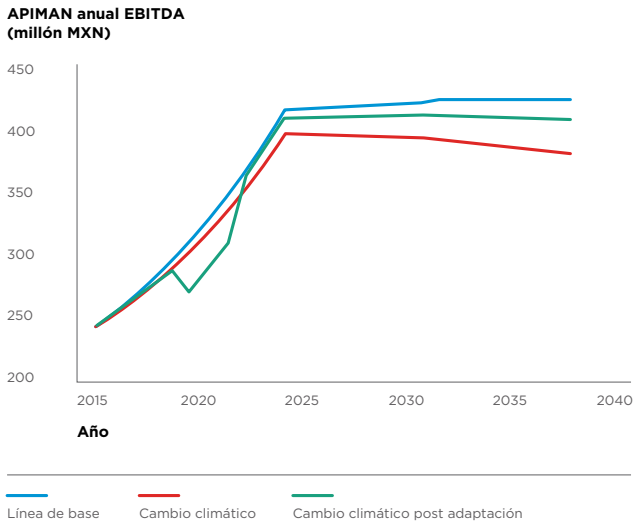
Escenarios estudiados para el análisis financiero de las mejoras del drenaje y de la instalación de las trampas de sedimento.

Escenario	Descripción	Instalación de trampas de arena	Mejoras al drenaje
Caso Base	Un escenario base en donde las trampas están instaladas empezando en 2016 y las mejoras al drenaje empiezan 4 años más tarde en el 2020.	Se lleva a cabo en tres años del 2016 al 2018	Se lleva a cabo en tres años del 2020 al 2022
Gestión Adaptativa	Los proyectos se extienden en un periodo más largo	Se lleva a cabo en tres fases, en 2016, 2018 y 2020	Se lleva a cabo en tres fases, en 2021, 2025 y 2029
Retraso de 5 Años	Igual que en el caso base, excepto que todos los proyectos se retrasan 5 años	Se lleva a cabo en tres años del 2021 al 2023	Se lleva a cabo en tres años del 2025 al 2027
Retraso de 10 Años	Igual que el caso base, excepto que todos los proyectos se retrasan 10 años	Se lleva a cabo en tres años, del 2026 al 2028	Se lleva a cabo en tres años, del 2030 al 2032

Fuente: Autores de este reporte

FIGURA 3.18

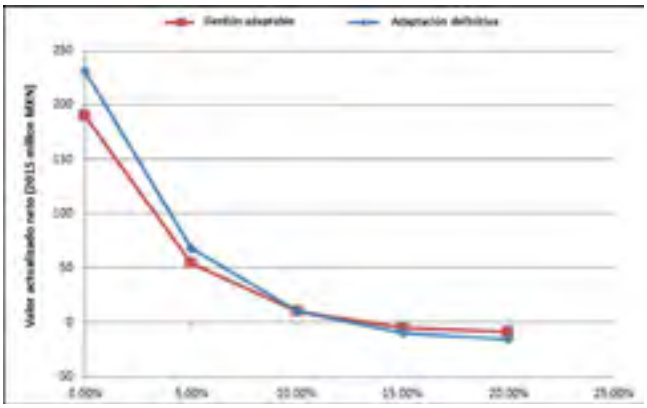
Efectos de los impactos del cambio climático y las medidas de adaptación en el EBITDA anual de API Manzanillo (2015 MXN) (Nota: 'EBITDA base de referencia – se refiere a las proyecciones futuras para el EBIDTA de API Manzanillo ignorando los efectos del cambio climático).



Fuente: Autores de este reporte

FIGURA 3.19

VPN de las medidas de adaptación usando varias tasas de descuento (2015 MXN).



Fuente: Autores de este reporte

La Tabla 3.23 compara el desempeño financiero de los cuatro escenarios estudiados. Retrasando los proyectos, ya sea esperando para implementarlos o bien implementándolas en fases (gestión adaptativa) baja el flujo de caja neto (esto porque deja al puerto expuesto a los impactos del cambio climático por más tiempo) pero mejora la tasa de retorno sobre la inversión (tal y como se evaluó por "tasa interna de retorno" [IRR], la tasa de descuento para la cual VPN = 0).

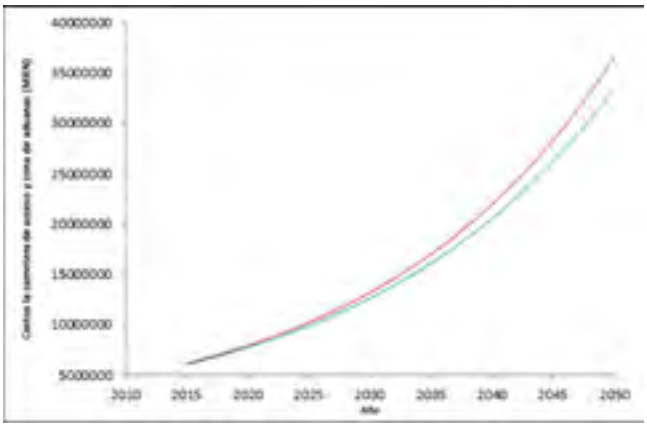
Caminos internos \ área de aduanas

Debido a las inundaciones, el mantenimiento y reparación de los caminos internos y del área de aduanas es el componente más grande de los costos de mantenimiento anual de API Manzanillo. Dado que Manzanillo se espera que experimente eventos de lluvia más intensos, el mantenimiento requerido de estas áreas podría incrementarse.

El Plan Maestro de Desarrollo Portuario incluye un incremento pronosticado en todos los costos de mantenimiento del 5% anual desde 2015 a 2017. Los impactos del cambio climático serán superpuestos sobre éste. Se asume que el incremento de 8% en la tasa de precipitación máxima en 24 horas para un periodo de retorno de 20 años para la década de 2050 se va a traducir en un incremento equivalente (8%) en costos de mantenimiento del área de aduanas y caminos internos para la década de 2050, sobre el pronóstico de incremento anual del 5% hecho por API Manzanillo (Figura 3.20). Por tanto, en vez del incremento anual de 5% pronosticado, el incremento andará en alrededor de 5.5% al año.

FIGURA 3.20

Efecto potencial del incremento en la intensidad anual de las precipitaciones en los costos de mantenimiento de los caminos internos y del área de aduanas
(costos de referencia (es decir, ignorando los efectos del cambio climático) en verde; Los costos del aumento de la intensidad de las lluvias debido al cambio climático en rojo).



Fuente: Autores de este reporte

TABLA 3.23

Resultados financieros de los escenarios estudiados para las medidas de adaptación (2015 MXN).

Escenario	Flujo de caja neto	VPN a 10%	IRR
Caso Base	230,836,553	10,578,466	11.98%
Gestión Adaptativa	189,723,889	10,311,169	12.89%
Retraso de 5 años	182,400,249	12,447,622	14.89%
Retraso de 10 años	105,656,579	5,770,751	15.38%

Fuente: Autores de este reporte

3.4.3.
Terminales

En las discusiones, las terminales generalmente reportaron que el clima no era un factor determinante en sus necesidades de mantenimiento. Reportaron varios requerimientos de mantenimiento, tales como:

- Patios y muelles
- Equipo eléctrico
- Grúas
- Equipo de transporte
- Edificios y silos
- Correas y balanzas y
- Vías férreas y caminos internos

Comparado con los requerimientos de mantenimiento de API Manzanillo, estos son costos menores. No obstante también se ha pedido a las terminales que entreguen costos para el mantenimiento del equipo, edificios y áreas operacionales. La Tabla 3.24 proporciona un resumen de información disponible sobre el coste de mantenimiento medio y total para seis terminales que proporcionaron sus datos del 2009 hasta el 2014. Para cada terminal, los costes de mantenimiento como porcentaje del costo operacional varía entre una media del 1% al 7%.

Los costos más altos son típicamente absorbidos por las terminales especializadas de contenedores, muy probablemente debido a que sus áreas de trabajo, movimiento de carga e infraestructura, por ejemplo grúas, patios de maniobras, edificios son mayores. La influencia del clima en los costos de mantenimiento en las terminales es limitada. Algunos temas menores de mantenimiento relacionados al clima fuero de todas formas identificados, incluyendo:

- Polvo en el aire que incrementa los requerimientos de mantenimiento para filtro de equipo (OCUPA);

- Alta humedad en el producto de granel mineral causando un incremento en el uso de vertederos (USG);

- Polvo y lluvia ocasionando un aumento en mantenimiento de las conexiones eléctricas a los reefers (MULTIMODAL).

Es probable que el cambio climático traiga consigo un incremento en costos de mantenimiento para las terminales, pero necesita realizarse la recolección de información adicional a fin de estimar de forma precisa estos efectos terminal por terminal, lo cual se encuentra más allá del alcance del presente estudio.

TABLA 3.24

Historial de costos de mantenimiento para las terminales (MXN).

Terminales	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Total	44,864,955	71,313,287	85,772,211	94,723,421	117,549,994	168,546,210
Medio	11,216,239	17,828,322	21,443,053	18,944,684	19,591,666	28,091,035

Fuente: Autores de este reporte

3.5. Servicios portuarios

RESUMEN DE LOS PUNTOS CLAVES

- Incremento en la intensidad de las precipitaciones trae consigo un incremento en la sedimentación en la cuenca del puerto, lo cual reduce el calado para los buques y requiere mayor actividad de dragado de mantenimiento.
- El incremento potencial en la carga de sedimento en la cuenca del puerto bajo el cambio climático se encuentra proporcionalmente relacionada al 8% en la tasa de precipitación máxima en 24 horas para un periodo de retorno de 20 años para la década de 2050 (10% para 2080). Esto está contemplado en la sección de mantenimiento.
- Dragado de mantenimiento adicional también afecta las operaciones de la terminal. Por ejemplo, un incremento en tiempo de 33% para la descarga de un embarque para una terminal de referencia. Esta terminal perdió 168 horas de tiempo operacional debido a las operaciones de dragado.
- Si el dragado requiere del cierre de las operaciones del puerto, entonces adicionalmente a los costos de API Manzanillo para operar el buque de dragado, se estima que su ingreso se reduce en aproximadamente 0.005% (67,000 MXN en 2015) por hora.
- La actividad del viento y de las olas afecta las operaciones de atraque fuera del puerto en la terminal de PEMEX. Los umbrales operacionales para desembarco de carga se establecieron con una velocidad máxima del viento de 16.7 m/s y una altura de las olas de 1.8m. La proximidad de una tormenta es un factor principal para determinar un paro.
- Debido a su ubicación fuera de la entrada principal del puerto, en la actualidad PEMEX resulta ser más expuesta al tiempo de inactividad operativa por tormentas. Sin embargo, la tendencia futura es incierta.
- Las medidas de adaptación para PEMEX incluyen una revisión de las condiciones de operación es decir, de las operaciones de cargo y tamaño de los buques para mantener la disponibilidad de atraque y estándares de desempeño.

3.5.1. Resumen de riesgos por cambio climático

El puerto proporciona 437 hectáreas de agua, muelles y almacenes[112]. La disponibilidad general del puerto natural de Manzanillo para los buques, y sus servicios base de navegación y de atraque resultan críticas para todas las operaciones del puerto. Un resumen de los riesgos críticos asociados a la navegación y atraque se proporciona en la Tabla 3.25. Un desglose de los riesgos clave para cada terminal en particular se proporciona cuando resulta relevante. Siempre que una terminal en particular no se menciona en el texto, eso significa que ningún riesgo específico para los servicios portuarios relacionados al acceso o al atraque de buques.

3.5.2. La sedimentación reduce la profundidad de calado e incrementa la necesidad de mantenimiento de dragado

Se cuenta con reportes de que durante la temporada de lluvias, la sedimentación que se acumula de las aguas que drenan hacia las dársenas trae como resultado una disminución en la profundidad para maniobras en partes específicas del puerto. Esto ha provocado un incremento en el dragado de mantenimiento y retrasos en atraque de buques.

Adicionalmente, la recolección de sedimentos y otros materiales dentro de los drenes es un tema importante que contribuye a la sobrecarga del Sistema de drenaje. En cuanto los drenes se bloquean, su capacidad disminuye y la probabilidad de inundaciones aumenta.

Adaptación

Para manejar de forma precisa los niveles crecientes de sedimentación, puede iniciarse un programa para monitorear más de cerca los niveles de sedimentación en el puerto a lo largo del año. Los resultados pueden

TABLA 3.25

Riesgos de los servicios portuarios.

Riesgo	Umbrales y Sensibilidades	Variabilidad y cambio oceanográfico y de clima tanto presente como futuro	Descripción del Riesgo
Lluvias torrenciales que causan sedimentación en la dárcena del puerto, lo cual reduce la profundidad para maniobras para los buques	• Durante periodos de lluvia torrencial se presenta sedimentación en las posiciones de atraque, en particular en las terminales 12 y 13. • Con la reducción de la profundidad para maniobras para los buques, se intensifica la necesidad de realizar dragado de mantenimiento. • Actualmente se realiza un dragado de 0.5 millones de m^3 de material por año. Estos resultan ser grandes volúmenes debido a la acumulación de sedimento con el paso del tiempo. Se estima se reduzca hasta llegar a aproximadamente 100,000 m^3 por año para el año 2017.[113]	• La carga de sedimento se relaciona a las tasas del flujo de las descargas ligadas a las lluvias. • La intensidad de las lluvias se espera que se intensifique en el futuro. • Incremento en la tasa de precipitación de las tormentas en un radio de 200 km • Se espera que las tasas de precipitación máxima en periodos de 24 horas se incrementen 8% para la década de los 2050s[114] • Puede que estos factores provoquen mayor volumen de sedimentación.	• Se considera que la sedimentación en la dársena del puerto representa un importante riesgo climático el cual tiene probabilidades de empeorar debido al cambio climático. • Influye en la necesidad de realizar labores de dragado de mantenimiento, en la disponibilidad de la terminal y se suma a los daños en la reputación del puerto. • 8% incremento de acumulación de sedimentos para la década de 2050.
Aumento intensidad de lluvias resulta en incremento de operaciones de manteni-miento para el sistema de drenaje	• Acumulación de sedimentos y otros materiales dentro del puerto pueden contribuir de manera significativa a las sobrecargas del sistema de drenaje.		• Se requiere la remoción de 8,000m^{3v} de materiales adicionales anualmente, correspondiente a un costo de 864,000 MXN anuales. • Limpieza de drenes en 2014 representó el 4.5% de los gastos operacionales de API Manzanillo. • Aunque API Manzanillo cubre los costos por dragado, todas las terminales son sujetas a interrupciones en sus operaciones ya que el buque de dragado impide el paso de otras embarcaciones. • Las terminales más cercanas al punto de descarga de sedimentos tienen un riesgo mayor en reducciones de calado y retrasos en atraques, por ej. USG y HAZESA.
La actividad de las olas y de los vientos afectan las operaciones de atraque	• La terminal de PEMEX afuera de la entrada del puerto principal es sujeta tiempos fuera de operación debido a los vientos, al oleaje y a las marejadas las cuales afectan la disponibilidad de atraque. • En 2014, PEMEX reportó seis eventos de interrupción de operaciones del terminal debido a condiciones meteorológicas adversas.	• Posible disminución futura en la frecuencia anual de tormentas tropicales. • Posible aumento en la intensidad máxima y vida media de la intensidad máxima de las tormentas.	• Proximidad de las tormentas a Manzanillo es un factor clave que afecta operaciones de atraque en PEMENX. • El tiempo fuera de operación ocasionado por las tormentas podría aumentar en el futuro. • Contemplado como un riesgo climático importante para PEMEX, y un riesgo reducido para las terminales que se encuentran dentro del puerto.

Fuente: Autores de este reporte

ser revisados para evaluar la frecuencia del programa de dragado de mantenimiento actual. Como una medida operacional de bajo costo, el impacto financiero a API Manzanillo no está considerado aquí.

Si se dan fallas de acceso de los buques de forma regular a lo largo del año, entonces en la medida de lo posible el programa de dragado puede ser ajustado para ser proactivo a la hora de prevenir un decremento en el calado. Adicionalmente, las trampas que previenen que el sedimento entre al puerto pueden ser mejoradas y limpiadas más frecuentemente para tener certeza de que siempre se encuentren operando al máximo de su eficiencia.

Se asume que el incremento potencial en la carga de sedimento que va hacia la cuenca del puerto producto del cambio climático está relacionada de manera proporcional al incremento de 8% en la tasa de precipitación máxima en 24 horas para un periodo de retorno de 20 años para la década de 2050 (10 % para la de 2080). Estos supuestos se discuten a mayor detalle en la Sección 2.2.2, apartado "Sedimentación". La sedimentación en la cuenca del puerto y el sistema de drenaje se consideran un tema de mantenimiento para API Manzanillo. Una evaluación más detallada que incluye un análisis financiero se proporcionó en la Sección 3.4.

3.5.3. Paro de terminal debido a movimiento del buque de dragado

Además de la reducción en el calado debido a la sedimentación, los movimientos de los buques que realizan las labores de dragado de mantenimiento también pueden impedir el acceso de buques a todas las terminales, lo que efectivamente para las operaciones en todo el puerto.

API Manzanillo distribuye el programa de dragado por adelantado, lo que le permite a las terminales planear sus operaciones alrededor de ello. Sin embargo esto puede causar demoras y parar el acceso de los buques. Por ejemplo, una terminal de manera rutinaria opera desde la Banda B. Cuando las operaciones de dragado ocurren se les solicita que se muevan a la banda A, la cual se encuentra más lejos de su centro de manejo de bienes. Esto trae consigo un incremento de 10 a 15 horas para hacer la descarga de un buque de carga (aumento del 50%).

Solo se pudo obtener información de una sola terminal respecto al paro debido a las operaciones del buque de dragado. Una terminal informó que en 2011, 168 horas de tiempo operacional se perdió debido a operaciones de dragado a un costo de 2,806,650 MXN (16,706 MXN por hora). Este valor representa menos del 1% del EBITDA medio anual para la terminal. No se reportó el tiempo de paro para otros años, lo cual sugiere que este único registro representa un evento notable de sedimentación relacionado a una tormenta tropical.

El nivel de los costos asociados con el paro de la terminal debido a los movimientos del buque de dragado se pueden relacionar al nivel de dragado de mantenimiento que ocurre. El incremento potencial en carga de sedimento en la cuenca del puerto debido al cambio climático puede relacionarse al incremento de 8% en la tasa de precipitación máxima en 24 horas para un periodo de retorno de 20 años la década de 2050 (10% para la de 2080).

Si 16,706 MXN por hora se toma como una cifra representativa promedio para una terminal en el puerto, entonces los costos totales para todas las terminales (16,706 x 14) es del orden de 233,884 MXN por hora. Se estima que un incremento del 8% en demoras y costos asociados para la década de los 2050s. Un análisis de sensibilidad muestra el efecto potencial de los escenarios de tormenta y sedimentación en relación a los requerimientos de dragado y paro de terminal debido al movimiento de los buques.

Adaptación

La adaptación debe enfocarse en maneras de reducir la frecuencia del dragado de mantenimiento requerido. Esto puede lograrse a través de la prevención de la sedimentación por medio de una mejora física de las trampas y una aumento en la frecuencia de la limpieza de dichas trampas. Esto se discute en mayor detalle en la Sección 3.4.2, apartado "Mantenimiento de drenaje".

3.5.4. Actividad del viento y de las olas afectando las operaciones de atraque

Incrementos en la actividad del viento y de las olas producto de una tormenta puede impactar de manera adversa las operaciones del puerto, principalmente en la terminal de PEMEX.

En general, velocidades del viento mayores pueden causar mayor tiempo de paro operacional para el atraque en los puertos. La extensión del impacto depende del umbral operacional para la velocidad del viento y del incremento en la ocurrencia de vientos que exceden tal umbral. Para una terminal de contenedores el límite para operar es típicamente entre 13 y 15 m/s.

TABLA 3.26

Pruebas de sensibilidad para cambios en las tormentas tropicales que afectan la pérdida de acceso a la terminal debido a las operaciones del buque de dragado, todas las terminales.

Pérdida de acceso a la terminal debido al buque de dragado	Tiempo de paro actual	Reducción de 25% en la frecuencia de las tormentas	Reducción de 50% en la frecuencia de las tormentas	Incremento de 25% en la vida media de la intensidad máxima	Incremento de 50% en la vida media de la intensidad máxima
Costos actuales por hora para todas las terminales (MXN por hora)	233,884	175,413	116,942	292,355	350,826

Fuente: Autores de este reporte

TABLA 3.27

2014 tiempo de interrupcion operacional de PEMEX debido a la imposibildad de atraque por eventos del clima.

Cerrado	Abierto	Causa	Horas Cerrado	Altura Promedio de las olas (m)	Altura mayor de las olas (m)
07-May	09-May	Perturbación Tropical en el Pacifico	40	1.4	1.8
10-Jun	13-Jun	Cristina	72	1.9	2.5
30-Jun	03-Jul	Elida	83	1.7	2.3
02-Sep	05-Sep	Norbert	66	2.5	3.3
10-Sep	15-Sep	Odile	114	2.5	5.5
17-Sep	20-Sep	Polo	99	2.7	4.4

Fuente: Autores de este reporte

Un mayor tiempo de paro para la entrada al puerto asistida por piloto también puede incrementarse bajo condiciones de olas y vientos más fuertes. Para una entrada al puerto asistida por remolcador, los límites en la altura de las olas para una operación segura se encuentra típicamente entre 2.0 y 2.5 m. Con respecto a la exposición a olas en Manzanillo, el puerto principal se encuentra altamente resguardado, con la posible excepción de la penetración de olas de un muy largo periodo de "infragravedad" durante periodos ocasionales sostenidos de muy alto oleaje.

Problemas de atraque debido a la actividad del viento y de las olas no fueron reportados como un tema por las terminales en el puerto interior. Sin embargo, la terminal de PEMEX se sitúa fuera de la entrada al puerto principal y se encuentra sujeta a un mayor impacto del viento y de las olas.

PEMEX

En 2014, condiciones de clima adversas implicaron seis interrupciones de operaciones del terminal. Umbrales operacionales para la descarga se establecieron tales como una velocidad máxima del viento de 60 km/hr (16.7 m/s) y una altura de las olas de 1.8 m. Cada periodo de paro se puede ligar directamente a un evento regional de tormenta (Tabla 3.27).

Viento y olas

Para entender este efecto del viento y de las olas en PEMEX, se condujo una revisión de las condiciones durante el periodo de interrupciones en 2014. La información revisada incluía información de viento y olas proporcionada por el IMT, información del hindcast de olas regional[xxix] e información meteorológica regional[xxx].

La información de olas y viento IMT no incluía registros para el periodo de paro que va de mayo a septiembre de 2014. La información de hindcast sin embargo mostró condiciones de olas altas durante los eventos de paro, con la altura de las olas promedio excediendo el umbral de 1.8m de PEMEX para todos los eventos excepto uno.

La velocidad del viento resultó no ser un factor realmente; por ejemplo en septiembre de 2014, la velocidad del viento más alta medida en el aeropuerto fue de16 m/s (18 de sept) la cual es ligeramente menor al umbral de velocidad del viento de 17 m/s para parar las labores de atraque en PEMEX.

Ciertos estudios indican que la altura promedio y máxima de las olas es sujeta probablemente a incrementos moderados en el futuro en el Este del Pacífico Tropical[76]. Un incremento en la altura máxima de las olas de aproximadamente 0.12m se espera para el 2100 bajo una trayectoria de RCP 8.5 (0.6 m para RCP 4.5). Un incremento en la altura de las olas promedio de 0.08 m se espera para 2100 bajo una trayectoria de RCP 8.5 (0.04 m para RCP 4.5). Estos incrementos no presentarán un riesgo incremental significativo para PEMEX.

Tormentas Tropicales

El registro de PEMEX (Tabla 3.27) claramente demuestra que las tormentas tropicales son el factor principal que provoca el paro operacional. Las características de las tormentas que llevan a estas interrupciones en PEMEX se analizaron en la sección 2.1. La característica más importante resultó ser la ubicación, más que la intensidad o la duración. Solo las tormentas que pasan muy cerca de Manzanillo (y normalmente dentro de unas cuantas decenas de kilómetros) conducen a interrupciones.

Estimando de forma precisa de cómo es que la trayectoria de las tormentas tropicales pudieran cambiar en el futuro está por el momento más allá del método científico. El análisis de la información histórica de las tormentas[115] revela que en las últimas tres décadas un cambio significativo ocurrió hacia los polos en la latitud promedio en la cual los ciclones tropicales alcanzan su máxima intensidad. En general para Manzanillo, los ciclones tropicales se espera que disminuyan en frecuencia de ocurrencia pero se espera que sean más intensos.

Cambios en el paro operacional en la terminal de PEMEX son por tanto una posibilidad.

Inundación

Las elevaciones del sitio en donde se encuentra la terminal de PEMEX son similares a los del puerto principal, por lo que los riesgos de inundación costera son también similares. Sin embargo, el potencial para inundación costera es ligeramente superior a lo largo del lado oeste de la terminal dado que se sitúa a lo largo de la costa abierta y por tanto es susceptible a efectos de configuración de olas producto del rompimiento de olas altas (Figura 3.21). Adicionalmente, la calzada/estructura rompeolas a lo largo del lado oeste de la terminal de PEMEX estará más susceptible a eventos de rebosamiento de las olas en el futuro debido a los efectos del aumento del nivel medio del mar.

Adaptación

Un estudio del IMT[116] hizo un análisis detallado de las olas fuera del puerto, con un enfoque en la terminal de PEMEX que resulta ser la más expuesta. De ahí salieron un número de recomendaciones para medidas físicas que pudieran reducir la reflexión de las olas alrededor de los embarcaderos, y mejorar con ello la disponibilidad de atraque. Estos incluyen:

FIGURA 3.21

Sensibilidades a las condiciones climatológicas y oceanográficas en la terminal de PEMEX

Fuente: Autores de este reporte

- Construcción de un dique relleno de piedra 2:1;
- Cajones de concreto en áreas expuestas a olas altas.

Incluso siguiendo la implementación de tales medidas, un incremento del 50% en las tormentas que afectan a PEMEX pudiera requerir que se realicen ajustes a los objetivos operacionales. Las condiciones de operación potenciales, por ejemplo cargamentos y tamaño del buque (<> 500 UAB) pudiera tener que ser cambiados para mantener el desempeño de disponibilidad de atraque. Las respuestas de los clientes a cambios futuros en las restricciones de atraque tendrían que estar monitoreadas y reconocidas.

En vista de posibles incrementos en interrupciones operacionales, se recomienda que PEMEX considere una evaluación de operatividad para entender los umbrales de atraque y descarga en caso de cambios en las tormentas tropicales. Sin embargo, dadas las incertidumbres significativas acerca de los cambios futuros, se recomienda que PEMEX no actúe más allá de dicha evaluación. A PEMEX se le sugiere monitorear de cerca el progreso en el conocimiento científico acerca de cómo el cambio climático pudiera afectar las tormentas tropicales en el Pacífico Noreste, y continúe su registro en curso de darle seguimiento a los eventos que han afectado las operaciones.

3.5.5. Efectos de los cambios en el nivel del mar en las maniobras y en el atraque

Un atraque seguro de los buques implica que las defensas estén en contacto con la parte recta del casco del buque. Una altura mínima de 0.5m entre el nivel del mar y el muelle es por tanto propuesto conservadoramente como un requerimiento mínimo para todas las terminales[xxxi].

En el puerto, todas las alturas de los muelles de las terminales son actualmente +3.1 m arriba del nivel del mar, con la excepción de MARFRIGO (+2.1m). Un nivel medio del mar combinado de +2.6 m (por ejemplo aumento del nivel medio del mar, más marejada, estacional y El Niño) pueden por tanto ser consideradas un umbral superior del cual un atraque seguro de los buques puede verse afectado. Para MARFRIGO, el umbral sería una combinación nivel medio del mar de +1.6 m.

El análisis presentado sobre las inundaciones costeras (Sección 2.2) muestra que el aumento proyectado máximo en el nivel medio del mar usado en este estudio es de +0.66 m para el 2100 (relativo a 2015). Esto encaja dentro del rango de operación de las alturas de los muelles del puerto, incluso para MARFRIGO. Por tanto el aumento del nivel medio del mar no debe presentar un peligro para el atraque.

3.6. Rutas de comercio

3.6.1. Pérdida de la conectividad del puerto en las rutas de transporte terrestres

Resumen de riesgos por cambio climático

Las redes de transporte terrestres son esenciales para el puerto para el movimiento de bienes y hacia los principales centros económicos que atiende. La infraestructura ferroviaria y de carreteras dentro e inmediatamente alrededor del puerto representa por lo tanto una dimensión sensible para la operación del puerto.

La congestión en el área de acceso al puerto y del área de la aduana, junto con la calidad del servicio ferroviario ya se reconocen como las dos principales debilidades del puerto, y éstas afectan su reputación. Estas debilidades se observaron en el análisis FODA del actual Plan Maestro de Desarrollo Portuario (PMDP). Esto indica que hay un consenso entre los clientes y la comunidad del puerto en estos temas, y que como se muestra en un estudio de diagnóstico para la 'Marca de Calidad' donde se menciona un índice de baja satisfacción entre los usuarios del puerto para: la baja eficiencia en operaciones de maniobras de terceros, saturación del área de aduanas y una falta de acceso al puerto[117]. Cualquier impacto en la infraestructura de las carreteras o vías férreas relacionado con el clima puede actuar como un agente estresante en un sistema ya sobrecargado, y conducir a un mayor riesgo reputacional.

Un resumen de riesgos generados por el cambio climático para la conectividad de transporte por tierra se muestra en la Tabla 3.28.

Conexiones de vialidades internas

El puerto tiene 10.77 km de caminos internos y se encuentra a 2.4 km de la autopista hacia Guadalajara y la Cd. De México. Las carreteras y caminos principales externos que llevan a la entrada principal del puerto se encuentran congestionados regularmente. Esta situación se ha visto exacerbada por el aumento del tráfico proveniente de la expansión de la Zona Norte. Un programa significativo para aliviar la congestión está en estos momentos en proceso, con la construcción de un distribuidor vial elevado (Figura 3.22). El objetivo es mejorar el flujo del tráfico priorizando la seguridad de los usuarios, eliminar la interferencia del tren y segregar el tráfico de carga pesada del tráfico local urbano.

El ritmo de desarrollo del puerto ha traído consigo impactos notables al movimiento eficiente de bienes a lo largo de los caminos principales de ingreso y salida. Durante consultas realizadas como parte de este estudio, las terminales han citado el hecho de que dichos caminos representan un cuello de botella para el manejo de bienes debido al espacio tan limitado, el tráfico tan pesado y los retrasos debido a las aduanas.

Un estudio del 2008 de la Secretaria de Comunicaciones y Transportes (SCT)[120] investigó el acceso y movimiento de vehículos hacia y desde los muelles involucrados en maniobras primarias y secundarias. Sus hallazgos mostraron que en la demanda máxima, el diseño actual de los caminos del puerto afectaba significativamente el movimiento eficiente de las mercancías de entrada y salida del puerto. Varias situaciones delicadas se señalaron, tales como el acceso a CEMEX y OCUPA, y a los muelles 9 y 10 (SSA). Cuando ocurre una inundación en los caminos internos, problemas debidos a una congestión pre-existente inmediatamente aumenta, con limitadas opciones para re-enrutar el tráfico interno de y hacia las terminales.

Para empezar a abordar el tema del congestionamiento, el camino y el área de aduanas están por recibir una importante remodelación, incrementando de 4 a 9 los módulos de inspección con 10 carriles, y de 30 a 50 espacios de inspección[121].

FIGURA 3.22

Programa de construcción de un distribuidor vial elevado para el puerto de Manzanillo.

Fuente: SCT, 2008 [119]

Conexiones ferroviarias

El puerto tiene 29.51 km de vías internas[122] y se encuentra conectado por tren a Guadalajara, D.F., Irapuato, Silao, Querétaro, Aguascalientes, Chihuahua, Torreón, Sinaloa, Monterrey, Altamira, y Ciudad Victoria.

En general, Ferrocarril Mexicano (Ferromex) da servicio a todos los puertos y terminales; sin embargo las vías en el puerto de Manzanillo están sujetas a una complicada serie de regulaciones. Todas las vías que llevan al puerto pertenecen y son operadas por Ferromex; API posee vías de tren públicas dentro del puerto a las que Ferromex le da mantenimiento; y las terminales poseen vías de tren privadas a las que ellos mismos dan mantenimiento.

Algunas terminales reportaron problemas existentes con la disponibilidad de trenes, su frecuencia, la capacidad de ser despachados, y su confiabilidad. Algunas terminales en particular han proporcionado información del número de días y de su impacto financiero debido a los servicios ferroviarios. Esto está ligado a la congestión de las carreteras ya que tanto los caminos como las vías del ferrocarril comparten espacio a través de Manzanillo.

Una serie de proyectos están siendo considerados para mejorar las conexiones férreas hacia el puerto, lo cual incluye la relocalización de líneas férreas fuera del centro de Manzanillo, haciendo uso de un túnel a través de las montañas que se encuentran atrás de la ciudad. Esto conectaría las líneas férreas existentes por medio de la laguna de Cuyutlán.[123]

Inundaciones

Como se discutió en la Sección 2.2, un riesgo clave respecto al clima para el puerto son las inundaciones y el transporte de sedimento que ocurre afuera de la entrada principal del lado norte y sobre el acceso principal interno/camino de salida. Entre 1,000 y 1,500 vehículos usan el camino de acceso diariamente en la demanda pico.

Debido a la topografía circundante, el área noreste del puerto es un punto focal de la cuenca de drenaje circundante. Hasta 30 cms. de agua y sedimento pueden acumularse en la salida principal. Después del Huracán Bud en 2012, estos impactos llevaron a cerrar el camino de acceso por entre tres y cuatro días. En 2013 estuvo cerrado por dos días.

La mayoría de las vías ferroviarias se encuentran afuera del puerto y sobre elevaciones del terraplén, así que las inundaciones que pueden parar las operaciones de camiones no detienen a los trenes. Ciertos rieles por fuera del puerto cruzan, sin embargo, partes de la ciudad de Manzanillo y en esas áreas no se encuentran a altura mayor de las vialidades normales (Figura 3.23).

RESUMEN DE LOS PUNTOS CLAVES

- Las inundaciones de las carreteras de acceso interno y conexiones de trenes suceden casi anualmente en el puerto, principalmente debido a las lluvias torrenciales durante las tormentas tropicales que causan la sobrecarga del sistema de drenaje. Esto puede detener el movimiento de camiones y trenes hasta por tres días, debido a los más de 30 cm de agua y sedimento residual que llegan al sistema.

- Se espera que se incremente la intensidad máxima de las tormentas tropicales y la duración promedio de la intensidad máxima para la década de 2050.

- Los análisis de este estudio muestran que los periodos de retorno para los valores máximos actuales se reducen aproximadamente a la mitad para 2050 (Sección 2.2). Se estima un incremento del 8% en la tasa de precipitación máxima en 24 horas para un periodo de retorno de 20 años para 2050[124] conduciendo a una mayor frecuencia y magnitud de las inundaciones.

- El tiempo promedio de downtime para las terminales debido a las inundaciones es de 1 a 2 días por año, cada dos años. Si se asume que el porcentaje de downtime conduce a un porcentaje equivalente de pérdida de EBITDA, entonces los impactos actualmente son de <1% de EBITDA por año para todas las terminales.

- Los impactos financieros y reputacionales debidos a las inundaciones por lluvias son asumidos por API Manzanillo ya que el puerto efectivamente cierra. Los costos de reparación y mantenimiento de las carreteras internas y del área de aduanas que siguen a una inundación son del 1% del Gasto de Operación Total anual. Un incremento de 25%/50% en la duración promedio de la intensidad máxima de las tormentas podría incrementar esto entre 1 y 2 millones de pesos por año.

- Las opciones de adaptación disponibles incluyen la actualización física del sistema de drenaje, el desarrollo de sistemas sustentables de drenaje, la planeación de captación a nivel de cuenca, la gestión del tráfico interno y la mejora de los sistemas de alerta temprana.

TABLA 3.28

Riesgos por cambio climático en la conectividad de transporte terrestre.

Riesgo	Umbrales y Sensibilidades	Variabilidad y cambio oceanográfico y de clima tanto presente como futuro	Descripción del Riesgo
Incremento en la intensidad de las precipitaciones pluviales provoca inundaciones de las vialidades internas causando interrupciones en el puerto	• Anualmente ocurren inundaciones y sedimentación residual en el camino del acceso principal del puerto, las cuales llegan a ser de hasta 30 cm de profundidad. • Entre 1,000 y 1,500 vehículos por día en el camino de acceso y caminos urbanos circunvecinos durante las horas de mayor demanda. • Las operaciones de la terminal se vieron interrumpidas debido a inundaciones del camino de acceso en los años: 2011, 2012 y 2014.	• Meses de secas entre enero y marzo. • Precipitaciones pluviales se incrementan a partir de junio, alcanzan su mayor intensidad en septiembre. • Información recabada muestra una disminución significativa de la temporada de secas de 2.7 mm por año. • Cambios en las precipitaciones pluviales extremas en México muestran que la cantidad de precipitación pluvial en un período de 24 horas con un periodo de retorno esperado de 20 años se incrementa[118]. • La tendencia histórica crece de forma significativa según la información de ERA-I correspon-diente a Manzanillo (junio) por excesos más altos en los umbrales, por ejemplo 10 mm y 20 mm • Incremento en la vida media de la intensidad máxima de las tormentas y de la tasa de precipitación en un radio de 200 km en el futuro.	• Lluvias intensas causan sobrecarga del sistema de drenaje hacia el puerto, lo cual es ya un riesgo climático significativo para la entrada principal del puerto y en el camino de acceso interno. • Ejemplo de los costos promedios para una terminal es de 38,000MXN por hora. • Todas las terminales que usan las conexiones viales se ven afectadas
Incremento en intensidad de las lluvias provoca que el agua superficial inunde las vías ferroviarias internas del puerto y causa interrupciones en operaciones portuarias	• Ferromex experimenta perturbaciones ocasionales en la red ferroviaria debido a la lluvia, calor extremo, vientos o alguna combinación de las anteriores. • Las operaciones de la terminal han sido perturbadas debido a las inundaciones de las conexiones férreas del puerto en el 2011, 2012 y 2014. • Las locomotoras no pueden jalar cargas más pesadas durante la lluvia debido a la pérdida de tracción.		• Lluvias fuertes representan un riesgo para la conectividad ferroviaria, ya que se inundan las vías y se pierde tracción. • Riesgo reducido cuando se compara con las conexiones de vialidades y carreteras ya que las vías férreas están por encima de la altura media del terreno • Inundaciones fuera del puerto pueden afectar el movimiento de trenes para el traslado de bienes en las vías a nivel de calle dentro de Manzanillo. • Ejemplos de costos para una terminal son de 16,000 MXN por hora

Incremento en las tormentas que provocan inundaciones en las rutas principales tanto ferroviarias como carreteras y que conectan al puerto con sus áreas de influencia	• Ferromex ha experimentado interrupciones de hasta 17 días consecutivos en los años anteriores debido a inundaciones asociados a ciclones tropicales.		• Los ciclones tropicales y las inundaciones pueden causar interrupciones en las redes ferroviarias y carreteras que conectan al puerto y resultar en retrasos e interrupciones que afectan al puerto y sus usuarios. • Todas las terminales que usan los servicios de tren se ven afectadas.
Temperaturas más altas pueden reducir velocidad de los trenes	• Las temperaturas por arriba de los 42°C pueden causar retrasos en la red ferroviaria, ya que los trenes se ven forzados a reducir sus velocidades. Esto puede causas demoras en el transporte de mercancías de/hacia el puerto.	• Información recabada muestra incrementos en las temperaturas media, máxima y mínima a lo largo del país. • Proyecciones a futuro sugieren un incremento en la temperatura media de 1.0˚C para 2020 y de 2.0 para 2040 en la región norte occidental de México (comparado al periodo base de 1971 a 2000).	• Para rutas de Ferromex conectando D.F. con Guadalajara la probabilidad de que las temperaturas excedan los 42°C para mediados de siglo es baja.
Incremento en la interrupción del transporte marítimo regional e internacional por tormentas tropicales	• En 2014, 25% de los buques en Manzanillo venían del Sureste asiático. El puerto recibe 68% de su carga del Pacífico mexicano. • La actividad de tifones y tormentas tropicales es un factor determinante en el movimiento de los buques desde y hacia Manzanillo. • La pérdida promedio anual de accesos de grandes buques (>500 UAB) durante la temporada de tormentas tropicales a Manzanillo es 0.4%; para los buques menores (<500 UAB) es de 6.6%.	• El NE del Pacífico tiene la segunda frecuencia anual más alta de ciclones tropicales en el mundo después del Oeste del Pacífico. • Incrementos futuros en la vida media de la intensidad máxima de las tormentas y una tasa de precipitación dentro de los 200 km.	• Cuantificar exactamente los cambios futuros en las tormentas está actualmente más allá del método científico. • Sin embargo, se espera un menor número de tifones en el Sureste asiático y tormentas del este del Pacífico pero puede que tengan una mayor intensidad y máxima duración, y más cerca de Manzanillo. • Se esperan mayores impactos en el tráfico marítimo cuando ocurren las tormentas\tifones. • Afecta todas las operaciones del puerto.

Fuente: Autores de este reporte

Estas son áreas sensibles a interrupciones a causa de las inundaciones. También se registró durante las consultas que las locomotoras no pueden mover cargamentos muy pesados (como granel agrícola) durante las lluvias, debido a la falta de tracción.

Algunos rieles dentro del puerto, cercanos a las terminales 12 y 13, han sufrido interrupciones debido a inundaciones durante eventos extremos de lluvia.

El análisis hidrológico inicial ha sido conducido para investigar cambios en la intensidad de las lluvias y su efecto en picos de descarga en el sistema de drenaje. Aquí se presenta un resumen de como estos cambios puedan afectar la ocurrencia de inundaciones dentro de vialidades y rieles dentro del puerto.

Análisis de riesgos

Para establecer riesgo actuales a inundaciones se les pidió a las terminales, información sobre las fechas en específicas entre 2009 y 2014 en las cuales el camino de acceso y las vías ferroviarias se habían inundado lo suficiente como para interrumpir el movimiento de camiones y mercancías. Información recibida con las fechas y las horas de interrupción fue entregada por una terminale de referencia y se presenta a continuación en la Tabla 3.29.

No hay registros de lluvia en la estación meteorológica de Manzanillo antes o durante el 12 de marzo de 2011. Esta incompatibilidad entre los resultados sugiere inconsistencias en el récord de inundaciones o de la información de la estación meteorológica de Manzanillo El evento del 2011 por lo tanto no es referenciado en el resto del estudio.

FIGURA 3.23

Vías del tren que corren a través de Manzanillo

Fuente: LBJ 2009 [125]

En la estación meteorológica de Manzanillo se registran lluvias de 36 mm el 25 de mayo 2012 y de 23 mm el día 26, lo cual trajo consigo una inundación del camino de acceso (Figura 3.24). Cuando se compara a la media anual de mayo (gráfica insertada), este nivel de precipitación es extremo y puede atribuirse al paso del Huracán Bud, el cual se desarrolló entre el 20 y el 26 de mayo.

En cuanto a identificar un umbral de lluvia para la descarga del sistema de drenaje, los registros de precipitación de la estación meteorológica de Manzanillo muestran valores mayores a 36mm de lluvia en 24 horas los cuáles no trajeron consigo una inundación. Por ejemplo 93 mm cayeron el 18 de junio de 2012 y sin embargo no se reportó un evento de tormenta extrema en ese momento; y tampoco se reportó paro operacional del camino de acceso ya sea por API Manzanillo o por las terminales.

Se considera que los eventos de inundación son probablemente un factor de eventos meteorológicos extremos (tormentas tropicales) y poco probable de ocurrir bajo condiciones de lluvia convectiva estándar. Por ejemplo el evento de inundación de septiembre de 2014 en la Figura 3.24 se encuentra alineado con las fechas del huracán Polo.

Aumento pico de flujo

Este estudio ha mostrado que un incremento del 8% en la tasa de precipitación máxima en 24 horas para un periodo de retorno de 20 años genera un incremento importante en los flujos máximos descargados en el sistema de drenaje del puerto. Como se discutió en la Sección 2.2, en un evento de 1-en-100 años el flujo máximo histórico observado en el Drene 3 se estima que llegará a ser aproximadamente un evento de flujo máximo de 1-en-50 años para la década de 2050. Similarmente, la ocurrencia actual de flujo máximo de 1-en-50 años se estima que será de aproximadamente de 1-en-25 años para los 2050. La Figura 3.25 muestra la descarga del flujo máximo para tres periodos.

Es probable que estos incrementos en el flujo causados por las lluvias torrenciales casi se dupliquen en frecuencia de sobrecarga de la captación del Drenaje 3 para 2050.

TABLA 3.29

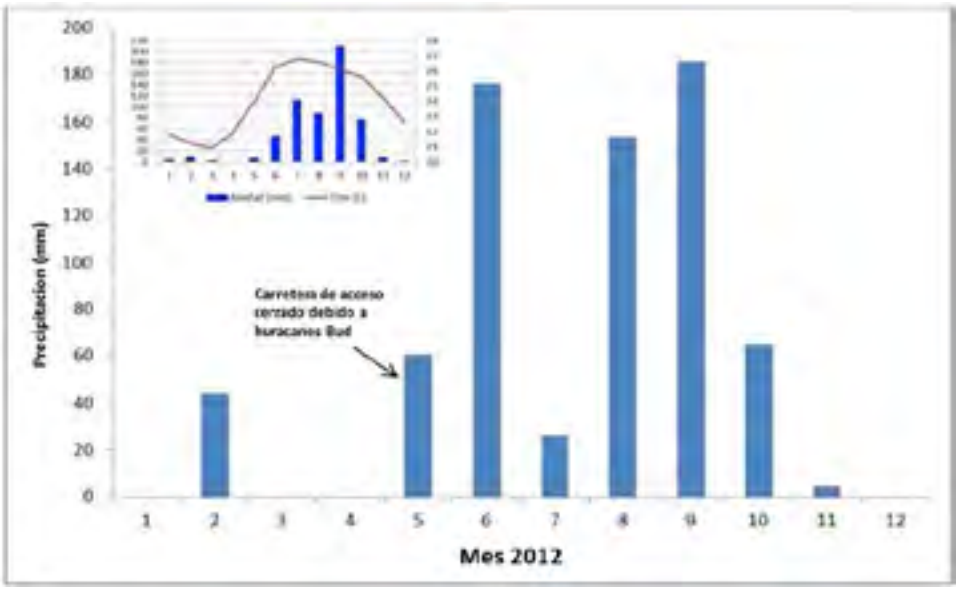
Registro de tiempo fuera de operación debido a inundaciones del camino de acceso interno y en las conexiones ferroviarias.

Terminal	2011	2012	2014
Número de horas de inoperativad -vialidades	36	22	22
Número de horas de inoperativad – vias ferroviarias	36	22	22
Fechas de interrupción	12 marzo 2011	25 mayo 2012	18 septiembre 2014

Fuente: Autores de este reporte

FIGURA 3.24

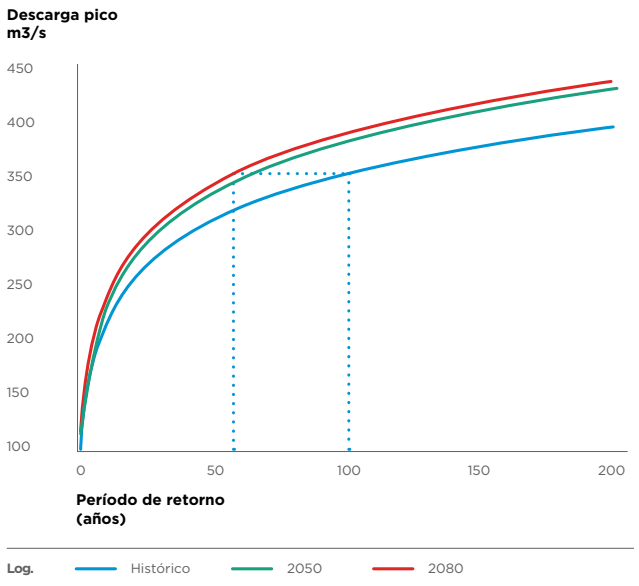
Precipitación registrada en la información dentro de la estación meteorológica de Manzanillo en 2012 (en el panel izquierdo superior se puede ver la precipitación y temperatura medias anuales en Manzanillo de 1979 a 2012).



Fuente: Autores de este reporte

FIGURA 3.25

Flujos máximos de descarga (m^3/s) para periodos de retorno hasta de 1 en 200 años, basados en datos históricos y el valor de retorno promedio del PICC de 20-años para 24 hrs de precipitación para los 2050 y 2080.



Fuente: Autores de este reporte

Análisis Financiero

Las inundaciones tienen un impacto importante para las terminales individuales. No obstante el impacto operacional financiero total para API Manzanillo sea limitado, estos eventos pueden producir altos costos de mantenimiento e impacto reputacional para API Manzanillo.

Tres terminales aportaron datos específicos de cierre operacional ocasionado por inundaciones de las carreteras internas del puerto. Para mostrar el efecto generado por la duplicación aproximada de la frecuencia de la sobrecarga del Drene 3 para el 2050, como mostrado en el estudio hidrológico, se ha aplicado un análisis de sensibilidad a los datosaportados. Ya que el grado de inundación ha mostrado ser un factor asociado a las tormentas, se aplicaron también unas análisis de sensibilidad adicionales (como presentado en la Sección 2.1), según como se resume en la Tabla 3.30.

Ya que los impactos financieros para API Manzanillo ocasionados por las inundaciones son en principio un tema de mantenimiento, éstos serán discutidos en la Sección 3.4.

Impacto Financiero debido al cierre de carreteras internas

Para la aplicación de pruebas de sensibilidad, se consideró el uso de la reducción del 25/50% en la frecuencia anual de la frecuencia de las tormentas tropicales, y el incremento del 25/50% en la duración promedio de la intensidad máxima como se comentó en la Sección 2.1.

Tres terminales representativas proporcionaron datos anuales de horas de interrupción por el cierre de carreteras y los datos de impacto financiero asociado. Los datos promedio de estos factores se muestran en la Tabla 3.31.

Todas las terminales

Cuando ocurre una inundación por lluvias, la pérdida de la conectividad del puerto por conexiones de carreteras y ferroviarias afecta a todas las terminales. Para comprender el impacto financiero potencial de esto, las siguientes estimaciones a nivel consolidado se han desarrollado a partir de los datos financieros disponibles:

- Para el periodo de 2009 a 2014 para el que los datos de interrupciones fueron solicitados a las terminales, las tres terminales que reportaron sus resultados mencionaron que las inundaciones de habían detenido los movimientos en 3 de los 5 años. Por lo tanto, estimamos que las interrupciones por las inundaciones ocurran aproximadamente cada dos años;
- La duración promedio de las interrupciones que se reportó para las dos terminales que proporcionaron los datosfue de 22 horas y 30 horas. (La otra terminal no proporcionó información sobre la duración; está se estimó a partir de las perdidas de ingresos). De aquí que estimamos que la duración promedio es de aproximadamente 1 día;
- El EBITDA anual total para todas las terminales ha sido calculado como 3,625,396,000 MXN aprox. Esto ha sido a partir de la suma de la información proporcionada por las terminales. Cuando no se proporcionaron datos, entonces se asumió que las terminales con líneas de negocio similares, por ejemplo, carga contenerizada y agrícola, tienen un EBITDA similar.

La pérdida estimada de EBITDA diario por interrupciones ocasionadas por inundaciones para todas las terminales al día de hoy es por lo tanto:

Ecuación 1: (Número de eventos promedio por año) x (duración promedio de los eventos en días) x (EBITDA Total Anual/365 días)

Esto equivale a: 0.5 * 1 *3,625,396,000 / 365

Basados en estos cálculos, la pérdida de EBITDA para todas las terminales es de aproximadamente 10,000,000 MXN.

TABLA 3.30

Pruebas de sensibilidad aplicadas al análisis de inundaciones por lluvias.

Declaraciones de juicio experto	Pruebas de Sensibilidad
"Una reducción en la frecuencia anual de las tormentas tropicales"	25% de reducción en frecuencia 50 % de reducción en frecuencia
"Un aumento en la vida media de la intensidad máxima"	25% de incremento en la vida media de la intensidad máxima 50% de incremento en la vida media de la intensidad máxima

Fuente: Autores de este reporte

TABLA 3.31

Pruebas de sensibilidad para cambios en las tormentas tropicales que afectan Manzanillo. Promedio de tres terminales.

TERMINALES	Eventos de Inundación Actuales	Doble de frecuencia en la saturación del drenaje	25% decremento en la frecuencia de las tormentas	50% decremento en la frecuencia de las tormentas	25% incremento en la duración de la intensidad máxima	50% incremento en la duración de la intensidad máxima
Promedio anual de horas de interrupción por cierre de carreteras	41	82	31	21	52	62
Impacto financiero total por el cierre de carreteras (pesos)	434,742	869,484	326,057	217,371	543,428	652,113

Fuente: Autores de este reporte

TABLA 3.32

Pruebas de sensibilidad para cambios en las tormentas tropicales que afectan, TODAS LAS TERMINALES

TODAS LAS TERMINALES	Eventos de Inundación Actuales	Doble de frecuencia en la saturación del drenaje	25% reducción en la frecuencia de las tormentas	50% reducción en la frecuencia de las tormentas	25% incremento en la duración de la intensidad máxima	50% incremento en la duración de la intensidad máxima
Impacto financiero total de las inundaciones para TODAS LAS TERMINALES (EBITDA diario en pesos)	9,932,592	19,865,185	7,449,444	4,966,296	12,415,740	14,898,889

Fuente: Autores de este reporte

Para esta prueba de sensibilidad con el doble de frecuencia de sobrecarga y escenarios cambiantes de tormentas, las pérdidas diarias potenciales futuras para todas las terminales se presentan en la Tabla 3.32.

Adaptación

Actualización del sistema de drenaje

Para reducir la probabilidad y la severidad de las inundaciones en el futuro, el sistema de drenaje del puerto puede ser actualizado. Existen dos elementos que API Manzanillo puede considerar que pueden aportan múltiples beneficios:

- Incrementar la capacidad de drenaje. Actualizar la capacidad del sistema de drenaje reduciría el riesgo de inundación ocasionados por eventos de lluvias torrenciales. Capacidad adicional podría albergar los cambios estimados en el flujo máximo y los periodos de retorno comentados en la Sección 2.2.2
- Actualización de trampas. API Manzanillo ha notado que uno de los temas que incrementa significativamente el riesgo de inundaciones es la alta acumulación de sedimento, desperdicios y otros sólidos en los canales de drenaje. API Manzanillo mencionó que el puerto no tiene actualmente trampas adecuadas para prevenir esta acumulación. Al actualizar estas trampas, la capacidad máxima puede mantenerse, reduciendo aun más el riesgo de saturación del drenaje. Un beneficio adicional es la mayor reducción de la sedimentación en la cuenca del puerto, reduciendo el requerimiento de dragado de mantenimiento y la pérdida de acceso de los barcos a la terminal.

Ya que la inundación por lluvias es un riesgo prioritario para el puerto, los costos de actualizar el sistema de drenaje y sus beneficios relativos con respecto a los impactos del cambio climático han sido evaluados en detalle y presentados en la Sección 3.4.2, apartado “Mantenimiento de drenaje”.

Sistemas de Drenaje Sostenibles

Una opción es crear en el puerto Sistemas Inteligentes de Drenaje Sostenibles tomando en cuenta los cambios potenciales en la precipitación. Los Sistemas Inteligentes de Drenaje Sostenibles están diseñados para reducir el impacto potencial de los desarrollos actuales y nuevos en la descarga del drenaje de aguas, incorporando las siguientes técnicas:

- Control de fuentes
- Pavimento permeable como por ejemplo el concreto permeable
- Detención del agua de tormentas
- Infiltración del agua de tormentas
- Evapo-transpiración (por ejemplo, de una azotea verde)

A diferencia de los sistemas tradicionales urbanos de drenaje de aguas de tormenta, los Sistemas Inteligentes de Drenaje Sostenibles también pueden ayudar a proteger y mejorar la calidad del agua en la tierra, y son muy promovidos como una solución moderna y sustentable en muchos países. Se sugiere que el puerto considere la factibilidad y beneficios de instalar Sistemas Inteligentes de Drenaje Sostenibles.

Limpieza del drenaje

Una medida operacional que puede ayudar a reducir el riesgo de inundaciones por lluvias es revisar y ajustar el programa de mantenimiento del drenaje, por ejemplo, incrementando la frecuencia de la limpieza del drenaje para asegurar que la máxima capacidad del sistema existente se mantenga todo el tiempo. Este incremento en la frecuencia de mantenimiento tendrá un costo financiero para API Manzanillo (Sección 3.4).

Adaptación basada en Ecosistemas

La planeación del nivel de captación del terreno y las opciones de Adaptación Basada en Ecosistemas, (AbE) pueden reducir el riesgo de sobrecarga del drenaje dentro y fuera del puerto. Ya que este tema involucra acciones más allá del perímetro del puerto, esto solo puede ser implementado a través del compromiso con actores en el municipio. Por ejemplo, servicios del ecosistema ofrecidos por zonas ribereñas se pueden integrar mejor a un programa de planeación de uso de suelo asumido por el municipio. Por ejemplo, la creación de cobertura vegetal en las cuencas de los ríos puede ser una forma de incrementar la filtración y reducir la escorrentía[126]. Los filtros de bandas de hierba ayudan a reducir la escorrentía y la erosión al disminuir la velocidad del agua en las áreas de vegetación.[127]

Control de Tráfico

Para mitigar los impactos dentro del puerto después de una inundación, se pueden implementar medidas de gestión del tráfico para minimizar los cuellos de botella, promover la evacuación rápida y mantener la continuidad del negocio durante los eventos extremos.

Sistemas de Alerta Temprana

Una revisión a los sistemas de alerta temprana para inundaciones puede identificar áreas potenciales de mejora, ante el incremento del riesgo de inundaciones por lluvias. Un alerta temprano de una inundación potencial en el puerto podría ayudar a mitigar los impactos mediante:

- La implementación rápida de medidas de gestión del tráfico;
- Planes de evacuación y contingencia;
- La preparación y el cierre de la infraestructura sensible al agua y de las áreas de almacenamiento.

3.6.2. El transporte por tierra en la red a mayor escala

Características clave de la red de carreteras y vías férreas que conectan al puerto con sus respectivas áreas de influencia

Los bienes que entran y salen del puerto se transportan ya sea a través de la red de carreteras nacional o bien a través de la red ferroviaria de Ferromex. Al día de hoy, la red de carreteras transporta alrededor del 80% de toda la carga de y hacia el puerto y la red ferroviaria el restante 20%. De los bienes importados a través del puerto, 65% se destina a Jalisco (47%), México D.F. (11%) o Colima (7%), mientras que el 83% de los bienes que se exportan tienen su origen en el D.F. (45%), Estado de México (26%) y Colima (12%) (ver Figura 3.26). La conectividad adecuada y la confiabilidad en este sistema de transporte que conecta estos orígenes y destinos es por tanto de extrema importancia para la viabilidad del comercio que pasa por el puerto.

Actualmente, las rutas clave de acceso por carretera son la carretera federal 98 (ruta de salida hacia el norte) y la carretera federal 100. Ambas carreteras conectan al puerto de Manzanillo con la capital del estado (Colima), la cual también cuenta con comunicación vía Tecomán usando la autopista de cuota 200D. Desde Colima, los bienes son transportados hacia Guadalajara (Jalisco) que actúa como nodo de entrada/salida clave que conecta a Manzanillo con sus áreas clave de influencia.

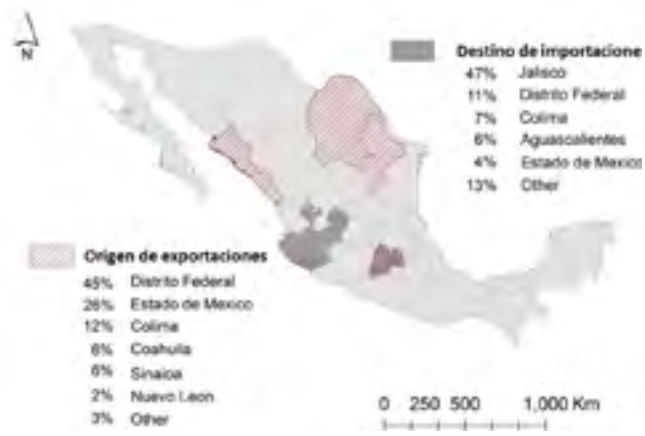
El transporte vía la red ferroviaria es proporcionado por Ferromex. Las rutas clave por tren hacia Manzanillo ofrecen líneas de alta capacidad para trenes de hasta

RESUMEN DE LOS PUNTOS CLAVES

- Las rutas clave que conectan al puerto con la ciudad de Colima son la carretera Federal 98 y la carretera federal 100. Desde la Ciudad de Colima, las mercancías se transportan hacia Guadalajara, la capital de Jalisco. Esta ruta es el nodo de entrada/salida más importante que conecta a Manzanillo con su mercado más amplio.
- En 2011, el gasto en carreteras en Colima debido a los daños causados por el clima extremo fue de más de $410 millones de pesos[128]. Estos daños se atribuyen al Huracán Jova que azotó al estado en octubre de 2011.
- De acuerdo con el atlas de riesgos del Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED), el 30% de las principales carreteras entre Manzanillo y Guadalajara usadas por camiones pueden verse afectadas significativamente por los ciclones tropicales, con 13% de alto riesgo y 17% de riesgo medio.
- Ferromex es el único proveedor de servicios de transportación ferroviaria. Existe una ruta de ferrocarril que conecta a Manzanillo con Guadalajara, vía Colima. Por lo tanto las buenas condiciones de las vías y los bajos niveles de interrupción en esta sección de las vías es importante para el transporte sustentable y confiable de los envíos del puerto por ferrocarril.
- En base al atlas de riesgos del CENAPRED se estima que menos de 1% de la red ferroviaria que conecta a Manzanillo con México D.F. y Guadalajara está actualmente en un riesgo alto de ciclones tropicales. La mayor parte del área de riesgo está en la cercanía del puerto.
- En 2011 daños causados por el desbordamiento del Río Armería debido al Huracán Jova llevaron a la interrupción del servicio de ferrocarril hacia el puerto durante 17 días, causando importantes trastornos en el despacho y entrega de mercancías por tren.
- Debido a la significativa incertidumbre sobre cambios futuros en los ciclones tropicales no es posible estimar los cambios futuros en los ciclones y la incidencia de las inundaciones generadas p[or estos eventos en la interrupción de las redes de transporte. API debería monitorear los avances científicos en esta área para tener la mejor información para apoyar estas predicciones.
- La planeación de la adaptación debería empezar con un monitoreo del efecto de las interrupciones de la red de transporte en el ingreso del puerto, y sus impactos en los niveles de satisfacción del cliente. API Manzanillo deberá trabajar en cercana colaboración con el municipio y el Estado de Colima en el desarrollo de redes intermodales que incrementen la resiliencia de los sistemas de transporte terrestre.

FIGURA 3.26

Áreas clave de influencia para el puerto de Manzanillo



Fuente: API Manzanillo, 2012 [132]

FIGURA 3.27

Mapa de la red ferroviaria

Fuente: Ferromex, 2012 [133]

120 carros capaces de llevar hasta 16,000 toneladas de materiales[129] (ver Figura 3.27). Mientras que al día de hoy solo alrededor del 20% de la carga que se mueve desde y hacia el puerto es por vía férrea, Ferromex tiene metas muy ambiciosas para incrementar esa cuota hasta llegar a 35% en los siguientes 3 años, y lo que está haciendo para tal efecto es trabajar con las terminales para incrementar su eficiencia en la entrega y despacho de carga.[130] Se estima que un tren cargado con granel agrícola tiene la misma capacidad que 300 trailers viajando por carretera.[131] El transporte vía tren por tanto ofrece una alternativa amigable con el ambiente si se compara con el transporte por carretera.

En este momento toda la carga por tren se entrega vía Guadalajara y de ahí a cualquiera de sus destinos (o desde sus múltiples orígenes). Tal y como se aprecia en la Figura 3.27 solo hay una ruta ferroviaria que conecta Manzanillo con Guadalajara vía Colima. Esto significa que las buenas condiciones de las vías y la ausencia de interrupciones en este tramo de la ruta es fundamental para la confiabilidad y eficacia en la movilización de mercancías usando el tren desde y hacia el puerto.

Tendencias climáticas que afectan las redes carretera y ferroviaria

Los eventos hidrometeorológicos extremos incluyendo las inundaciones, las nevadas, y las altas temperaturas pueden causar interrupciones y retrasos en la entrega y despacho de bienes comercializados a través del puerto, afectando la confiabilidad y seguridad de sus rutas de comercio internas.[134]

CENAPRED ofrece información disponible sobre daños en la red de carreteras debido a eventos extremos en el periodo comprendido entre 2000 y 2010. En el estado de Colima, entre 2000 y 2010, se tiene registro de 1,100kms de caminos afectados por eventos hidrometeorológicos.[135] Todos estos daños fueron registrados en el año 2006 y se relacionan con los efectos del huracán Lane. El gobierno de Colima estima que el costo total de la reconstrucción de carreteras y reparaciones en ese solo año equivalió a más de 91 millones de pesos mexicanos (MXN) (29 millones para las carretera principales y 62 millones para los caminos rurales).[136]

En 2011, el gasto en carreteras en Colima debido a daños causados por el clima extremo fueron equivalentes a más de 410 millones MXN.[137] Estos daños se atribuyen al Huracán Jova, el cual pegó en el estado en octubre de 2011. Las áreas costeras afectadas durante el huracán experimentaron vientos de hasta 157 km/h (categoría 3 en la escala Brennan) y tempestades de 1.5m por arriba del nivel medio del mar.[138] Desde el 11-12 de octubre, en las siguientes 24 horas, un total de 416mm de lluvia se registraron en la estación meteorológica en Minititlán, entre las cuencas de los ríos Armería y Chapala. Como resultado de las intensas lluvias se desbordaron los ríos Armería, Colima, Marabasco y Salado, causando daños significativos a la infraestructura. El puente ferroviario en el río Armería localizado entre Manzanillo y Colima se destruyó parcialmente. A pesar de no haber información disponible de los costos que Ferromex incurrió para reparar el puente, es de tomarse en cuenta que los trabajos de reconstrucción trajo consigo una interrupción del servicio ferroviario en el puerto que duró un total de 17 días, causando afectaciones severas en el despacho y

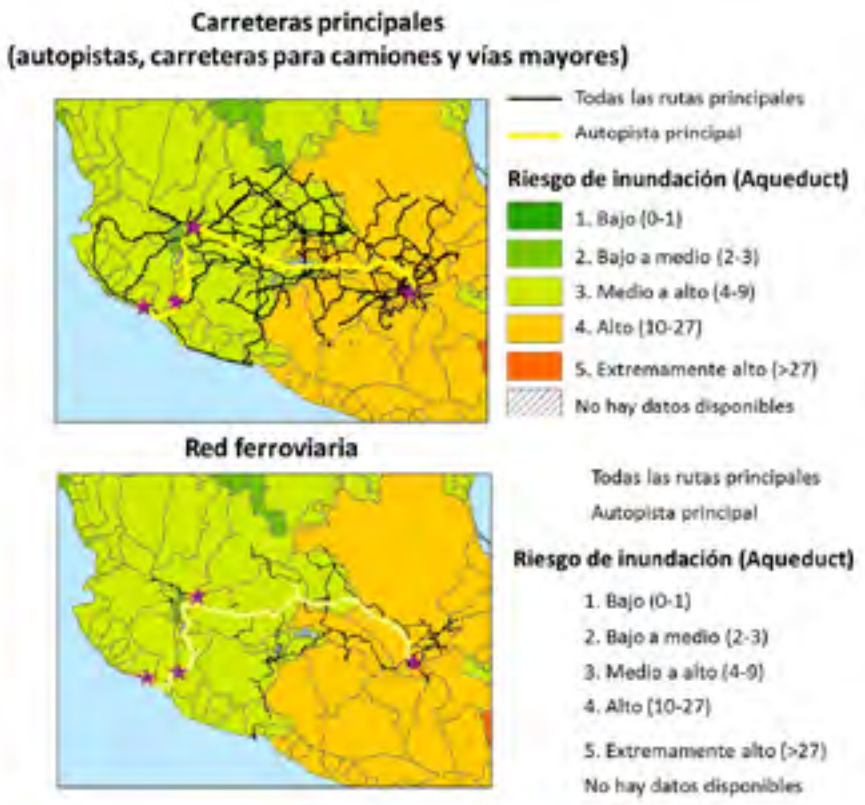
entrega de bienes comercializados que pasan por dicha red ferroviaria.[139] Durante condiciones normales de lluvia Ferromex puede llevar a cabo medidas preventivas que le permiten continuar operando, como por ejemplo añadiendo sal encima de las vías para incrementar la fricción al paso del convoy. Sin embargo, eventos tales como el huracán Jova en 2011 son una muestra de que la red ferroviaria puede verse sujeta a daños severos debido a eventos hidro-meteorológicos extremos imprevistos y lo cual resulta en afectaciones mayores en el transporte de bienes a través de los medios de transporte terrestre.

Guiados por consultas dentro del país y basados en información histórica disponible, se ha llevado a cabo un análisis dentro del propio país para evaluar qué tan vulnerables a los ciclones tropicales y a las inundaciones se encuentran al día de hoy tanto la red de carreteras como la red ferroviaria. El análisis se enfoca en dos rutas críticas a través de las cuales la mayoría de los bienes son transportados: La ruta de Manzanillo a Guadalajara y la de Guadalajara a México D.F. De Manzanillo a Guadalajara solo existe una sola ruta férrea y dos rutas de carreteras principales. Esto significa que en caso de una interrupción en el servicio en la ruta férrea no existen opciones para transportar bienes por tren, y si una de las carreteras presenta interrupción en el servicio, la otra podría verse sobresaturada. Esto hace que transportar algo entre Manzanillo y Guadalajara sea altamente susceptible a interrupciones y retrasos en caso de una perturbación en las comunicaciones terrestres.

Como bien puede verse en la Figura 3.28 con base en información del Aqueduct Water Risk Atlas[140], la vulnerabilidad a inundaciones es de media a alta a lo largo de la mayor parte de las redes de carreteras y férrea que usa el puerto. De acuerdo con información de la CENAPRED, el riesgo de actividad ciclónica en la zona costera es también de medio a alto, lo cual refleja la alta vulnerabilidad del municipio de Manzanillo a los ciclones tropicales (ver Figura 3.29). Debido a la falta de rutas férreas alternas para

FIGURA 3.28

Riesgo de inundación al día de hoy de la red carretera y la red ferroviaria. Las líneas amarillas y negras representan la carretera principal y la ruta de tren. El mapa subyacente que se incluye ilustra el riesgo de inundación de acuerdo a información proporcionada por Aqueduct la cual despliega la ocurrencia de inundaciones entre 1985 y 2011.[141]

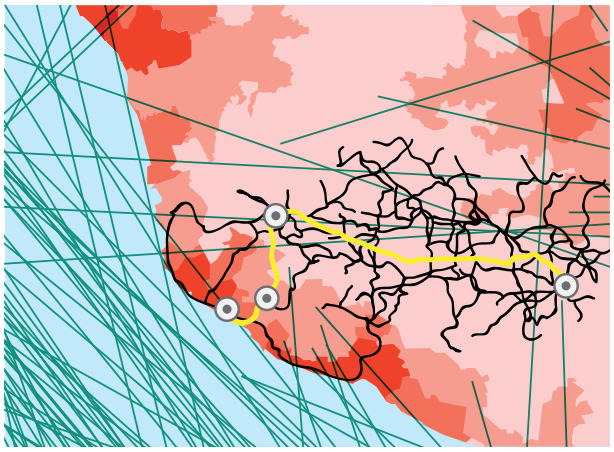


Fuente: Autores de este reporte

FIGURA 3.29

Vulnerabilidad a ciclones tropicales, al día de hoy, en la rede de carretera y ferroviaria. Las líneas amarillas y negras representan la carretera principal y las rutas ferroviarias. Las líneas en verde representan las trayectorias de los ciclones que se tienen registrados entre 1969 y 2009. El mapa subyacente provisto en un espectro de escala roja es un mapa de las amenazas de ciclones tropicales preparado por el CENAPRED (2013) mostrando los niveles de riesgo (que van de muy bajo a muy alto) para todos los municipios a lo largo del país.[142] En la información del lado izquierdo se muestra información de la vulnerabilidad de carreteras clave y de la red ferroviaria en kms.

Red de carreteras



Resumen nivel de amenaza

Autopista Ruta 1
Distancia total:
197 km
25 km riesgo alto:
(13%)
35 km riesgo medio:
(17%)
43 km riesgo bajo:
(22%)
94 km riesgo muy bajo:
(48%)

Autopista Ruta 2
Distancia total:
514 km
04 km riesgo bajo:
(<1%)
510 km riesgo muy bajo:
(>99%)

Rutas

Ciudades

Autopistas (rutas principales)

Todas las rutas principales (carreteras para camiones y vías mayores)

Rutas de ciclones tropicales (CAT 1969-2009)

Nivel de riesgo a ciclones tropicales

Muy bajo

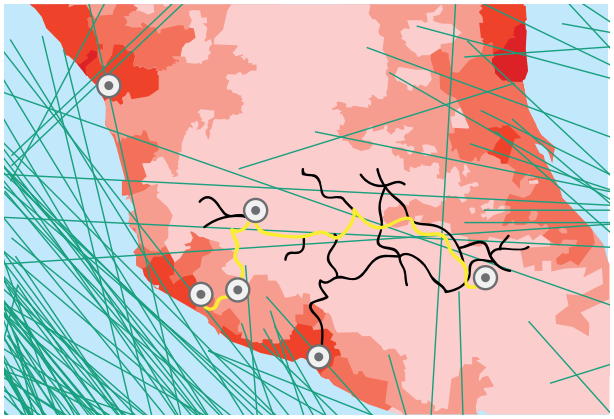
Bajo

Medio

Alto

Muy alto

Red ferroviaria



Ruta ferroviaria principal
Distancia total:
875 km
06 km riesgo alto:
(<1%)
19 km riesgo medio:
(2%)
146 km riesgo bajo:
(17%)
705 km riesgo muy bajo:
(81%)

Ciudades

Ruta ferroviaria principal

Ferroviaria

Rutas de ciclones tropicales (CAT 1969-2009)

Muy bajo

Bajo

Medio

Alto

Muy alto

Fuente: Autores de este reporte

el transporte de bienes de y hacia Guadalajara, si la red ferroviaria se ve afectada por eventos extremos hidro-meteorológicos, el sistema de transporte ferroviario debe parar en su totalidad, lo cual causa perturbaciones en el despacho y arribo de bienes por tren. Las perturbaciones experimentadas por Ferromex en el 2011 ejemplifican lo altamente expuesta que se encuentra la red ferroviaria con respecto a los ciclones tropicales y esto se apoya de manera adicional con este análisis.

Si los planes de Ferromex para incrementar su participación de mercado en la carga que sale del puerto y que se transporta por ferrocarril se cristalizan, esto incrementaría la vulnerabilidad del movimiento de carga a las interrupciones causadas por razones relacionadas al clima.

Un análisis más detallado se ha llevado a cabo para ambas carreteras y para la ruta férrea entre Manzanillo y Guadalajara, y de igual manera de Guadalajara a México D.F. Dicho análisis indica que 60kms de las carreteras principales que son utilizadas por el transporte de carga pesada entre Manzanillo y Guadalajara pueden verse significativamente afectadas por los ciclones tropicales, con 25km (13%) de carreteras con alto riesgo y 35km (17%) con riesgo medio (ver Figura 3.29). La ruta de Guadalajara a México D.F parece tener un riesgo mucho más bajo. De acuerdo al análisis, menos del 1% de la red férrea que conecta a Manzanillo con México D.F. y Guadalajara posee un alto riesgo con respecto a los ciclones tropicales. La mayor parte del área vulnerable se encuentra en las cercanías del puerto.

Impactos potenciales de cambios climáticos futuros

En el largo plazo, si los eventos relacionados con el clima de los que se tiene registro y que han afectado la red de carreteras y ferroviaria son significativos y/o empeoran debido al cambio climático, esto podría afectar la reputación del puerto y su competitividad. Tal y como se señaló antes, las inundaciones, la nieve y las altas temperaturas extremas son los factores principales ligados al cambio climático que causan daños, interrupciones y retrasos. Hay algunos estudios que han investigado el impacto de los eventos meteorológicos extremos y/o cambio climático en la red de transporte de México. La tercera comunicación nacional (3CN) de México ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC)[143] reporta que las ligas de transporte nacional cada vez se encuentran más identificadas como en riesgo alto con respecto a los impactos del clima, particularmente aquellas en las zonas costeras. La 3CN también hace notar que si no se toma ninguna medida esto traerá consigo daños económicos más grandes en el futuro como resultado de eventos hidro-meteorológicos extremos.[144] Esto resulta acorde con las conclusiones de los últimos hallazgos de la PICC, que también hacen énfasis en los impactos potencialmente negativos relacionados al cambio climático en la red de carreteras y la ferroviaria.[145]

Los ciclones son el principal factor que conlleva a inundaciones y afecta la red de transporte del puerto. Sin embargo y tal y como se describe en la Sección 2.1 hay cierta incertidumbre sobre los cambios futuros en el comportamiento de los ciclones debido al cambio climático. Por el momento es por lo tanto imposible dar estimaciones seguras sobre la manera en que proyecciones de posible actividad de ciclones influencie la ocurrencia de inundaciones y como esto afecte el sistema de transportes del puerto. Se recomienda que API Manzanillo haga seguimiento a avances científicos en esta área hasta que información mas clara pueda ser usada para hacer dichas evaluaciones.

Es posible sin embargo hacer una estimación más acertada sobre posibles cambios en temperatura. Durante consultas con Ferromex, se observó que el parámetro de clima clave que causa interrupciones y demoras en la red ferroviaria es la nieve en el norte de México, la cual afecta la transportación de productos de y hacia EEUU dado que los trenes pudieran tener que parar o disminuir su velocidad, en seguimiento a los estándares operativos de la SCT[146]. La incidencia de la nieve depende fuertemente de la temperatura y representa un problema en el norte del país a lo largo de la frontera con Estados Unidos. Sin embargo, dado que esta ruta se encuentra fuera del área de influencia principal de la actividad del puerto (ver Sección 3.6.2, apartado "Características clave de la red de carreteras y vías férreas que conectan al puerto con sus respectivas áreas de influencia") no se ha llevado a cabo un análisis de las nevadas en la red ferroviaria. Adicionalmente, el personal consultado de Ferromex observó que las temperaturas altas extremas (específicamente las que se sitúan por arriba de los 42°C) pueden causar demoras en la red ferroviaria, ya que los trenes se ven forzados a reducir su velocidad. Tomando en cuenta que se proyectan incrementos en las temperaturas futuras (ver Sección 2.21), se ha llevado a cabo un análisis de las temperaturas máximas mes a mes para las rutas clave de transporte ferroviario de las cuáles hace uso el puerto, para evaluar qué tanto pueden afectar los cambios de temperatura futuros en la incidencia de demoras (ver Figura 3.30). Los resultados, basados en un modelo de clima de rango medio sugieren que para la ruta de Ferromex que conecta el puerto con Guadalajara y con México D.F., la probabilidad de temperaturas que excedan los 42°C para mediados de este siglo son bajas: en ningún lugar a lo largo de la ruta se cree que se registren temperaturas por arriba de los 42°C. En contraste, la Figura 3.30 indica que la red ferroviaria que conecta Lázaro Cárdenas con Guadalajara y México D.F. puede verse más afectada por temperaturas altas extremas en el

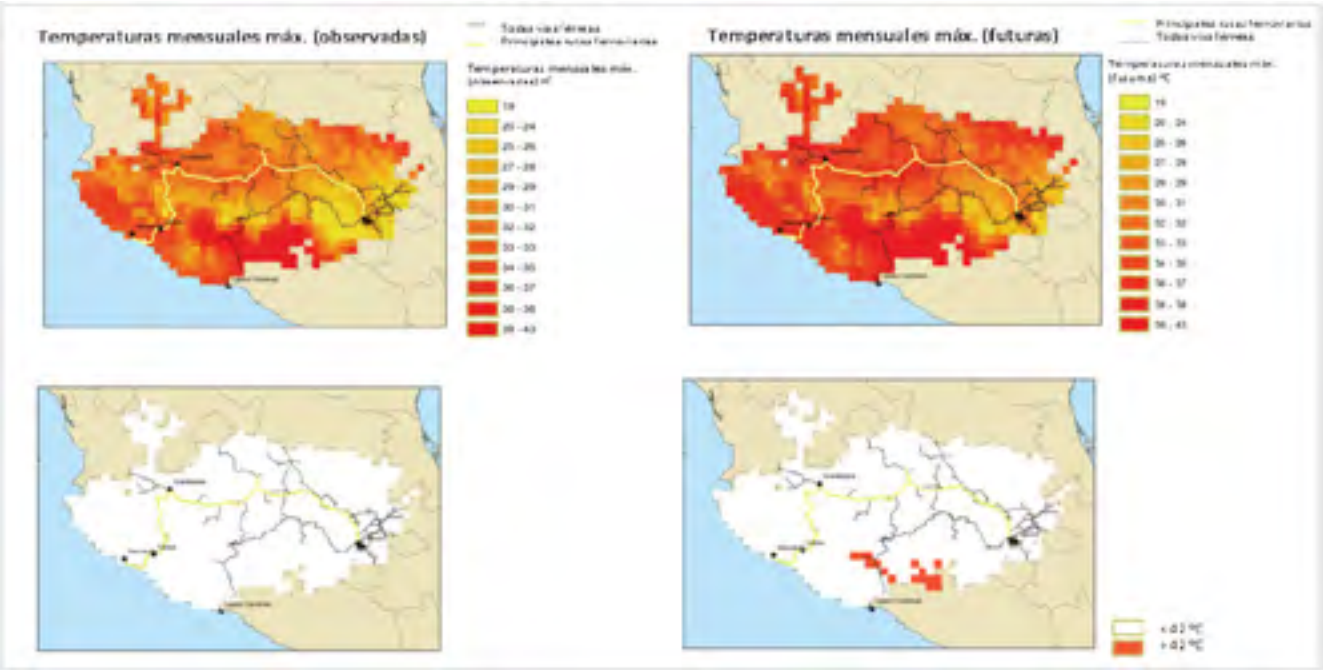
futuro, ya que corre a través de áreas en las cuáles se tienen proyecciones de que se registrarán temperaturas que excederán el umbral antes citado. Esto podría proporcionar un beneficio de reputación y un punto a favor cuando se consideran las ventajas competitivas del puerto de Manzanillo.

Medidas de adaptación

Dado que API Manzanillo no es responsable de la red de carreteras y la red ferroviaria fuera del puerto, puede hacer muy poco en forma directa para reducir su vulnerabilidad a los eventos climáticos que afectan a la red de transporte de México. Cualquier cambio o mejora al sistema de transporte es la responsabilidad de los departamentos de transporte a nivel estatal y federal así como de Ferromex. Sin embargo, si API Manzanillo posee evidencia provista por los clientes del puerto que sugiera niveles de insatisfacción más altos debido a las perturbaciones que se vayan experimentando en las vías, podría hacer uso de dicha información para hacerle ver a las instancias de gobierno respectivas la importancia de desarrollar un sistema de transporte resiliente al clima. Actualmente, el Fondo Nacional para Desastres de México solo provee soporte financiero para la reconstrucción de infraestructura de carreteras siguiendo los mismos parámetros de construcción de la infraestructura original previo a los daños registrados. Un posible incremento en el potencial destructivo de los ciclones tropicales, junto con los cambios proyectados en otros parámetros relacionados al clima, deberían ser tomados en cuenta durante trabajos de reconstrucción para tener la seguridad de que la nueva infraestructura posea características de resiliencia al cambio climático. La información recabada por el puerto en colaboración con otros usuarios clave de la red de transporte podrían ayudar a proporcionar la evidencia necesaria para alentar al Fondo a justificar la existencia de parámetros de diseño que tomen en cuenta resiliencia al clima y futuros cambios climáticos al momento de determinar

FIGURA 3.30

Temperaturas mensuales máximas observadas y futuras (parte de arriba) y temperaturas mensuales máximas que exceden los 42°C (parte de abajo)[147]. La principal ruta ferroviaria que corre del puerto hacia México D.F. se muestra en amarillo



Fuente: Autores de este reporte

los requerimientos de inversión para la reconstrucción de carreteras y vías de tren que sean afectadas por eventos hidro-meteorológicos extremos.

3.6.3. Transporte marítimo

El puerto de Manzanillo es una parte clave en la cadena logística de la cuenca del Pacífico, conectado con 77 destinos alrededor del mundo[149]. Este puerto es el movilizador de contenedores más grande de México, con 46% del total de TEUs transportados en el país.[150]

El puerto tiene múltiples rutas marítimas de importación, incluyendo a Chile, Canadá, EEUU y Rusia, así como los países del Sureste Asiático entre los que se encuentran Indonesia, Malasia, Singapur, las Filipinas, Hong Kong, China, Corea del Sur y Japón. Las rutas marítimas clave de exportación se enfocan más en los países de Latinoamérica, incluyendo a Colombia, Guatemala, Ecuador, Perú y Chile, pero también incluye a países de otras áreas como es el caso de EEUU, Corea del Sur y Japón (Figura 3.31).

Análisis de riesgos

Internacional

Considerando las fuertes relaciones con el Sureste Asiático en relación a importaciones, un riesgo potencial de clima es la frecuencia e intensidad, actual y futura, de los tifones en Asia, que causan demoras en los buques que tienen por destino Manzanillo. Un análisis de la información provista por API Manzanillo muestra que en 2014 aproximadamente 25% de los buques que atracaron en Manzanillo provenían del sureste Asiático. A estos buques les toma entre 18 y 20 días llegar desde dicha región.

Un buque portacontenedores comúnmente ejecuta múltiples entregas en distintos puertos para una sola de sus cargas. Estas entregas en múltiples puertos se realizan en un programa previamente definido y muy estricto. Si un buque se retrasa significativamente, éste puede verse forzado a no parar en Manzanillo. Por ejemplo Lázaro Cárdenas es el primer puerto de arribo de los buques provenientes del sureste asiático y el último puerto cuando se deja Latinoamérica.

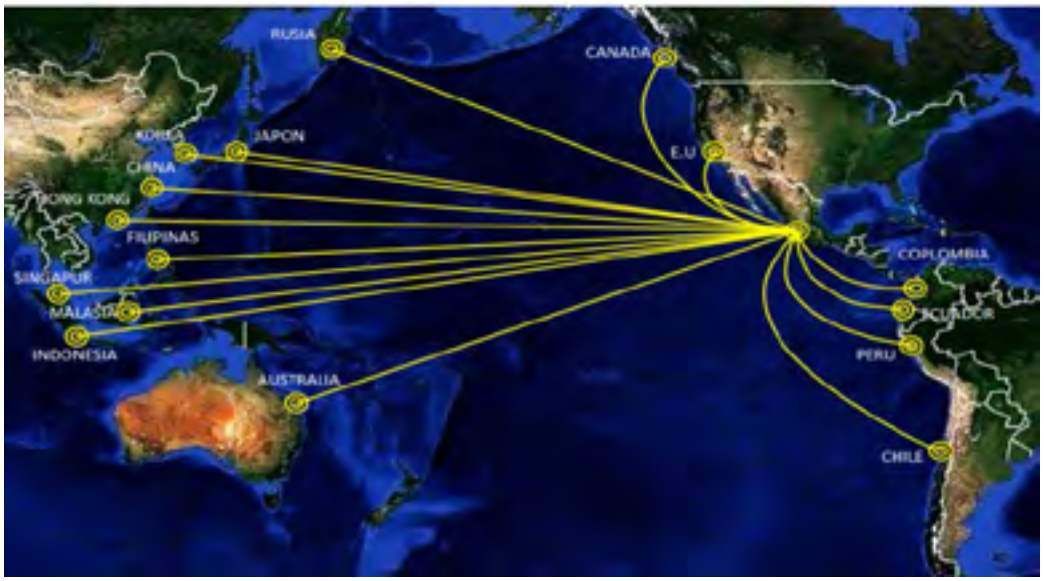
Aunque es difícil de predecir de forma precisa, el análisis indica que la frecuencia de las tormentas en el Noroeste del Pacífico va a disminuir, pero la intensidad máxima y la duración de las mismas tienen probabilidades de incrementarse. Los registros de la actividad de los huracanes a nivel mundial muestran un incremento tanto en la velocidad del viento máxima y en la duración de la intensidad máxima en los últimos 30 años[151]. La energía promedio liberada se ha incrementado en aproximadamente 70%, correspondiente a un 15% de incremento en la velocidad máxima del viento y a un 60% de incremento en la duración de la tormenta[152]. Incrementos futuros en la intensidad y la duración pueden resultar en un incremento en las demoras para las importaciones de bienes por vía marítima de los mercados asiáticos clave.

RESUMEN DE LOS PUNTOS CLAVES

- La frecuencia actual y futura y la intensidad de los tifones asiáticos puede ser causa del incremento de demoras en los buques que llegan a Manzanillo. En 2014, un 25% de los buques partieron del SE de Asia.
- Los cambios en las tormentas tropicales del Este del Pacífico pueden también afectar la exportación e importación regional de mercancías desde Manzanillo. El puerto recibe 68% de su carga del Pacífico mexicano.[148]
- Las tormentas tropicales ocasionan un promedio de 0.4% del cierre anual para los buques > 500 de tonelaje bruto y 3.7% para buques < 500 de tonelaje bruto.
- Un incremento futuro en la intensidad máxima y la duración de los tifones y las tormentas tropicales potencialmente afectará el comercio de la región del Pacífico que usa buques menores más de lo que afectará al comercio internacional que usa buques mayores.
- La adaptación disponible incluye la ampliación de la base de clientes para que sea menos dependiente del tráfico marítimo del SE de Asia y que se exploten las rutas menos sensibles a las tormentas tropicales, por ejemplo, el Paso del Norte. El puerto también puede asegurarse de tener planes de contingencia bien desarrollados tales como el uso de la red de carreteras y ferrocarriles.

FIGURA 3.31

Rutas de importación y exportación del puerto de Manzanillo



Fuente: SCT, 2013 [142]

Si impactos generados por tifones se tornan extremos, se deberán buscar rutas alternativas de comercio, como con el Golfo Pérsico, afectando niveles de comercio con en Sureste Asiático y el Este del Pacifico. El riesgo puede ser reducido con mejoras en sistemas de monitoreo y predicción de actividad de tormentas que permitan a las líneas navieras planear y mitigar posibles efectos.

Regional

Los cambios en las tormentas tropicales del Este del Pacífico pueden afectar también la exportación e importación de mercancías en Manzanillo. El puerto recibe el 68% de su carga del Pacífico mexicano[153]. En 2014, 20% de los buques que partieron del Puerto de Manzanillo tenían por destino el puerto de Lázaro Cárdenas, 250 km al sur.

El juicio experto de los científicos (Sección 2.1) indica que se esperan menos tormentas en el Noreste del Pacífico en el futuro, pero se presentarán probablemente con mayor intensidad. La posición relativa de Manzanillo con respecto a otros puertos competidores en el Pacífico mexicano, tales como Lázaro Cárdenas y Ensenada, lo hacen ser sujeto de una mayor influencia de los ciclones tropicales. Bajo este escenario, existe el riesgo de que las líneas de negocio de exportación elijan exportar desde Lázaro Cárdenas o por tierra.

La información sobre cierres anuales del puerto de Manzanillo ha sido proporcionada por la SCT.[154] Se tiene para buques de menor y mayor tamaño (mayores y menores de (UAB) (Tabla 3.33). Se ha mostrado que los buques de menos de 500 UAB son más frecuentemente sujetos al cierre del acceso. Como ya se ha mencionado anteriormente, un estimado de 15% del tráfico de buques (en términos de valor de su carga) a través del puerto se compone de buques de menos de 500 UAB. La razón climática para el cierre del puerto no se especifica en los datos. Sin embargo el registro indica que la mayoría de las demoras suceden en la temporada de tormentas tropicales de junio a octubre.

La pérdida promedio del acceso de 2010 a 2013 para grandes buques en Manzanillo es solo de 0.4%, pero para buques menores es de 3.7%.

Tanto para buques grandes como menores son usados para comercio internacional y nacional/regional. Sin embargo, los buques menores son más comunes en el movimiento de mercancías en el Pacífico mexicano. Esto puede resultar en una mayor sensibilidad para el transporte marítimo nacional\regional, comparado con las rutas marítimas internacionales que usan grandes buques.

TABLA 3.33

Cierres anuales del acceso del puerto relativo al tamaño del buque.

Año	Buques mayores de 500 UAB	Buques menores de 500 UAB
2010	0 días (0.0%)	4 días 18 horas (1.3%)
2011	1 día 16 horas (0.5%)	19 días 15 horas (5.4%)
2012	0 días 0.0%	10 días (2.7%)
2013	3 días 23 horas (1.1%)	19 días 3 horas (5.3%)

Fuente: Autores de este reporte

Un incremento del 25% al 50% en la intensidad y\o proximidad de las tormentas tropicales a Manzanillo no tendría un efecto significativo en los grandes buques (0.1% a 0.2% incremento en cierres). Sin embargo para los buques menores, al ser más sensibles al atracar en condiciones de viento y oleaje fuerte serían sujetos a pérdidas significativamente mayores de acceso por año (0.9 % a 1.8% de incremento).

Análisis financiero

Los impactos financieros por las demoras de origen de los buques pueden ser asumidas por las compañías navieras y\o las terminales. Esto depende de las condiciones contractuales. Por ejemplo, CEMEX mencionó que cuando un buque del Sureste Asiático ha reservado un amarre y un slot para descargar en Manzanillo pero entonces decide no venir, la terminal pierde el ingreso. Si el buque ha partido y se encuentra en tránsito hacia Manzanillo, pero solamente se encuentra demorado para usar ese amarre, entonces esto no afecta financieramente a la terminal.

Entender el nivel específico del impacto financiero futuro para el puerto de Manzanillo está más allá del alcance de este estudio, debido a la incapacidad para predecir con exactitud la actividad de las tormentas. El análisis de costo para el puerto por el cierre de los buques puede ser dado como una indicación de la pérdida de ingreso potencial por el tráfico marítimo. Esto se discute en la Sección 3.2.4.

Ya que el tamaño del buque se ha demostrado que es clave para determinar la potencial interrupción, se podría hacer una evaluación del tamaño del buque (<> 500 UAB) y origen y destino. Esto permitiría entender del nivel del impacto potencial para las diferentes regiones, y probablemente de la selección de alternativas de transporte, por ejemplo carretera\tren.

Adaptación

Las opciones para la adaptación y mitigación de los impactos se puede enfocar en la ampliación de la base de clientes que sean menos dependientes del tráfico marítimo desde el Sureste Asiático, y el incremento de la diversidad de clientes de regiones internacionales menos sujetas a tormentas. Las nuevas rutas de navegación menos sensibles a las tormentas tropicales, por ejemplo el Paso del Norte, también podría ser explotadas. El atractivo del puerto para la carga del Pacífico mexicano puede mantenerse a través de planes regionales de contingencia bien desarrollados, tales como el uso de la red de carreteras y de ferrocarriles si fuera requerido.

3.7. Aspectos ambientales

RESUMEN DE LOS PUNTOS CLAVES

- API Manzanillo es responsable de obtener y/o mantener la 'Certificación de Industria Limpia o Cumplimiento Ambiental' para el área del puerto. El puerto está certificado en ISO 14001.
- El cambio climático puede impactar el medio ambiente, y tener como consecuencia un aumento de riesgo al desempeño ambiental de API Manzanillo.
- Los temas potenciales serán:
  - Aumento de presión en los manglares debido al aumento del nivel del mar, temperaturas altas y condiciones más secas;
  - Mayores niveles de creación y dispersión de polvo dentro y fuera del puerto dado que las condiciones se vuelven más secas y más cálidas;
  - Mayor generación de desechos, producto del dragado de mantenimiento el cual afecta el hábitat bentónico;
  - Aumento de uso de energía y emisiones de gases de invernadero.
- API Manzanillo se encuentra asegurado contra incumplimiento ambiental definido por la SEMARNAT.
- Las opciones de adaptación incluyen el manejo de manglares dentro del puerto para adaptarse alaumento del nivel del mar y reduciendo en la medida de lo posible otros factores que estresan a los manglares fuera del puerto.
- API Manzanillo también debería revisar y mejorar los protocolos actuales para manejo del polvo revisándolo con el municipio local, tomando en cuenta los compromisos de AI Manzanillo con el ISO 14001..
- Las acciones para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) que pueden aplicarse al uso de energía de los reefers y a los almacenes con cámara frigorífica incluyen la implementación de un sistema que usa generación de energía fotovoltaica, una revisión a lo largo de todo el puerto de la eficiencia energética y el desarrollo de un sistema de administración de energía que toma en cuenta el aumento de las temperaturas.

3.7.1. Resumen de riesgos por cambio climático

Un resumen de la información clave de los riesgos para el desempeño ambiental del puerto es presentado en la Tabla 3.34.

3.7.2. Medio ambiente de referencia

El área en y alrededor del Puerto de Manzanillo incluye valiosos ecosistemas marinos sujetos a impactos potenciales por cambio climático. Estos incluyen lagunas costeras protegidas y el hábitat protegido del manglar.

Manglares

Los manglares son considerados como una 'especie de menor preocupación' por la Lista Roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN por sus siglas en inglés), debido a su amplia distribución mundial y abundancia relativa. Sin embargo, las especies más comunes de manglar en México (Laguncularia racemosa blanca, Rhizophora mangle roja, Avicennia germinans negra, y Botoncillo Conocarpus erectus) ahora se consideran amenazadas bajo la legislación mexicana (NOM-059-SEMARNAT-201011). Los manglares dentro y alrededor del área del puerto son elementos clave que determinan el desempeño ambiental de API Manzanillo.

La cuenca interna del puerto (Laguna de San Pedrito) actualmente retiene un monto importante del hábitat nativo del manglar y áreas ecológicamente importantes, incluyendo:

TABLA 3.34

Riesgos ambientales.

Riesgo	Umbrales y Sensibilidades	Variabilidad y Cambio climático/oceanográfico actual y futuro	Descripción del Riesgo
Los factores climáticos cambiantes pueden afectar el desempeño ambiental de API Manzanillo y sus costos de seguros para el hábitat del manglar	• API Manzanillo es responsable de mantener la 'Certificación de Cumplimiento Ambiental de Industria Limpia' para el área del puerto. El puerto está certificado en ISO 14001. • Los manglares son los hábitats costeros cuya conservación es crítica. • API Manzanillo está asegurado contra el no-cumplimiento de objetivos ambientales con respecto a los manglares. • El muro que da al mar y que protege la Laguna de las Garzas está +1.25 m sobre el nivel del mar.	• La distribución del manglar, su salud y las especies son afectadas por múltiples factores combinados con el clima. El nivel del mar, las lluvias, la temperatura son temas clave. • El peor escenario de aumento de nivel del mar (RCP 8.5) será de 0.16m para 2050. • Condiciones más secas - de acuerdo a los datos diarios del ERA-I muestran una tendencia modesta en reducciones de lluvia en los límites inferiores, por ejemplo de 1 a 4 mm. • Condiciones más cálidas – El aumento de las temperaturas a lo largo de la costa cercana a Manzanillo alcanzará en la temporada seca los 2˚C para los 2040s para RCP 8.5 (1.2˚C para RCP 4.5) y 3˚C para los 2070s para RCP 8.5 (1.8˚C para RCP 4.5).	• Es probable que el aumento del nivel del mar promedio no tenga un efecto significativo en los manglares para 2050. • El peor escenario de el aumento del nivel del mar promedio para 2100 combinado con la marea, estacional y El Niño resultaría en frecuentes excesos del muro frente al mar, que resulta en el 'ahogamiento' de los manglares. • Las condiciones de más secas traerán consigo una caída en la productividad y diversidad de los sistemas bióticos. • Las condiciones más cálidas pueden mejorar el crecimiento pero trastornar el balance del ecosistema. • Los costos de seguros asumidos por API Manzanillo solo tienen posibilidad de verse incrementados si las actividades\expansión del puerto trastornan áreas adicionales y especies protegidas.

Mayores problemas de creación y dispersión de polvo en condiciones de sequía, tanto dentro del puerto como en las áreas municipales de la periferia.	• Dentro del puerto, el polvo se genera principalmente por el manejo de granel mineral. • Fuera del puerto proveniente de áreas de almacenamiento sin pavimentar, actividades de construcción y movimiento del tráfico. • Los eventos de inundaciones hidrológicas también provocan sedimentación en la entrada principal del puerto y el camino interno de acceso.	• Las condiciones se vuelven más cálidas y secas (ver arriba). • Esto llevará a un incremento en la creación y dispersión de polvo dentro y fuera del puerto.	• La gestión del polvo fue reportada como un tema significativo dentro y fuera del puerto. • El polvo es considerado más un tema social\de salud que ambiental. • Los protocolos de gestión del polvo están vigentes, desarrollados en comunicación con la comunidad local. • Esto requerirá la revisión y mejoramiento bajo condiciones de más calor y sequía. • Las terminales de manejo de granel mineral son las más afectadas. Las terminales tienen sus propios protocolos de gestión. • Sin embargo la dispersión sucede en todo el puerto, afectando a todas las terminales.
Incremento en la pérdida de la calidad del agua y hábitat bentónico debido al incremento de escorrentía, mantenimiento de dragado y material de desecho del dragado.	• Los manglares y la flora y fauna asociadas dependen de la calidad del agua dentro del puerto. • Las inundaciones por lluvias pueden crear contaminantes que son arrastrados de áreas de mantenimiento hacia la cuenca del puerto. • El dragado puede impactar en la calidad del agua, ya que los hidrocarburos, metales pesados, bifenilos policlorados (PCBs), y los nutrientes pueden unirse al sedimento suspendido. • El material de desecho del dragado generalmente también provoca un impacto en las comunidades bentónicas.	• Un incremento histórico importante en la tendencia de los datos del ERA-I para junio, para excesos más altos del umbral de lluvias, por ejemplo 10 mm y 20 mm. • Un 8% de incremento en el valor de retorno promedio de 24 hrs de precipitación para 2050. • El incremento en lluvias requerirá incrementar el dragado de mantenimiento y el desecho del mismo en alta mar.	• Aproximadamente el doble de frecuencia y saturación del sistema de drenaje del puerto. • Un 8% de incremento de lluvias torrenciales para 2050, con 8,000m^3 de material dragado a ser removido por año. • Sin embargo API Manzanillo solamente hace dragado en la dársena turbia interior, esperando que los contaminantes liberados sean limitados. El desecho en mar adentro probablemente puede que reciba mayor escrutinio bajo un escenario de impactos relacionados al cambio climático en los ecosistemas. • Afecta toda el área del puerto y del municipio en la periferia del puerto.

Fuente: Autores de este reporte

- Un borde de manglar de 60 m de ancho en el perímetro oeste llamado la "banda ecológica" incluyendo 5 hectáreas hacia el noroeste que actúan como banco de semillas para germinación (Figura 3.32)
- Un "canal ecológico" adjunto corre perpendicular desde el borde del manglar hacia la dársena del puerto para suministrar el agua necesaria para la supervivencia de los manglares
- El "canal dentro del lago" abierto para mantener la conectividad hidrológica entre el puerto y la Laguna de Las Garzas al norte

Históricamente, la evidencia indica que los manglares no eran predominantemente prioritarios para el desarrollo original del puerto. La Figura 3.33 muestra una fotografía aérea antes de 1970 del área del puerto donde dominan las plantas halófilas. Siguiendo la ampliación del canal de salida al océano después de 1972, las aguas sujetas a las mareas podían entrar a la laguna, que producían condiciones más aptas para el desarrollo del manglar (Figura 3.34).

Especies protegidas

Los compromisos ambientales financieros de API Manzanillo están en gran medida determinados por las especies protegidas que se encuentran en áreas que se ven afectadas por las actividades operacionales y de construcción. En adición a las especies de manglares protegidas, el desarrollo reciente de la terminal de CONTECON proporcionó información de la fauna protegida que se encontraba presente en el hábitat de manglar afectado (Tabla 3.35).

Mientras que el Cocodrilo Americano es una especie vulnerable de IUCN, no se considera probable que los manglares de Manzanillo sean cruciales para la supervivencia de esta especie. El área de manglares removida como parte del desarrollo de CONTECON no era único en la región ni representaba una proporción significativa del hábitat de manglar total disponible en México.

Laguna de Las Garzas

El puerto se encuentra conectado con la Laguna de las Garzas al norte a través de un canal largo de 700m. La laguna ha recibido una reforestación y restauración significativa recientemente a través de un programa de administración de API Manzanillo (Figura 3.35). Un total de 9.5 hectáreas han sido reforestadas usando retoños del manglar rojo y del manglar blanco. Como parte del proyecto de CONTECON, el IDB y el IFC han incluido requerimientos legales para asegurar cumplimiento con respecto a la reforestación de los manglares.

FIGURA 3.32

Perimetro de áreas de manglar, canales ecológicos e internos del lago

Fuente: API Manzanillo, 2014 [155]

Laguna de Cuyutlán

La Laguna de Cuyutlán al sur de Manzanillo es la cuarta área de humedales costeros más grande en el país y se le ha designado un sitio Ramsar (N°.1985). Es el único humedal costero grande a lo largo de los 1,150 km de costa en el Pacífico Mexicano. Este gran complejo soporta un significativo espacio para el hábitat de manglar así como de aves acuáticas y recibe atención internacional. Al menos 25 especies de aves acuáticas se conoce que se reproducen en la laguna y al menos 61 especies de aves acuáticas usan la laguna durante su temporada no reproductiva[160]. La laguna se ha visto sujeta a varias modificaciones estructurales, incluyendo diques y canales artificiales que abren acceso al mar, mientras que el abastecimiento de agua terrestre ha disminuido.[150]

Cuyutlán en este momento está siendo estudiada como un área de potencial expansión del puerto.

El Chupadero

API Manzanillo firmó un acuerdo con SEMARNAT en 2014 para presentar los estudios necesarios para declarar el Estuario EL Chupadero como una Área Natural Protegida. Estos estudios han sido preparados y se encuentran bajo evaluación por la SEMARNAT. Al mantener la discusión de este tema con API Manzanillo el estuario se incluyó como un indicador del desempeño ambiental del puerto.

FIGURA 3.33

Imagen anterior a 1970 del área del puerto

Fuente: CH2M Hill, 2014 [156]

FIGURA 3.34

Año 2005 imagen del área del puerto que muestra el hábitat del manglar

Fuente: CH2M Hill, 2014 [157]

TABLA 3.35

Lista de especies protegidas reubicadas de áreas de manglar durante el despeje de la terminal de CONTECON.

Especies Protegidas	Nombre Común	Status de Protección - México[xxxii] y IUCN
Syrrhophus modestus	Rana-chirriadora Dedos Chatos	Endémica con protección especial en México; No evaluada todavía para la Lista Roja de IUCN
Iguana iguana	Iguana verde	No endémica con protección especial en México; No evaluada todavía para la Lista Roja de IUCN
Ctenosaura pectinata	Iguana negra	Endémica y Amenazada en México; No evaluada todavía para la Lista Roja de IUCN
Boa constrictor	Boa	No endémica pero amenazada en México; No evaluada todavía para la Lista Roja de IUCN
Crocodylus acutus	Cocodrilo americano	No endémica pero con protección especial en México; Se considera una especie vulnerable en la Lista Roja de IUCN
Aspidoscelis lineatissimus	Colima Lagartija cola de látigo	Endémica con protección especial en México; No evaluada todavía para la Lista Roja de IUCN

Fuente: IADV, 2014 [158]

FIGURA 3.35

Laguna de las Garzas

Fuente: API Manzanillo, 2014 [159]

El estuario de El Chupadero se halla aproximadamente a 60Km al sureste de Manzanillo. Soporta las cuatro diferentes especies de manglar presente en México. Los manglares se encuentran en constante contacto con los residentes locales y se consideran bajo presión. Chupadero soporta una amplia variedad de mamíferos incluyendo la nutria Neotropical (Lontra longicaudis), venados, coatíes y picures. Históricamente la laguna de Chupadero ha sido un santuario para grandes poblaciones de iguanas verdes (Iguana iguana).

3.7.3. Responsabilidades ambientales de API Manzanillo

API Manzanillo es responsable de obtener y/o mantener la 'Certificación de Industria Limpia o Cumplimiento Ambiental' para el área del puerto. Se requiere esta certificación para que los arrendatarios del puerto y los proveedores de servicio dentro del puerto implementen acciones para preservar el medio ambiente local. API Manzanillo también es responsable de monitorear el cumplimiento con acuerdos emitidos a través de las concesiones a las terminales.

API Manzanillo está certificada en ISO 14001, lo cual demuestra un compromiso muy fuerte a la protección ambiental.[xxxiii] El ISO 14001 aplica a aquellos aspectos ambientales sobre los cuales APIMA tiene control y para los cuales pudiera esperarse que tenga cierta influencia.

Los trabajos de construcción (tales como el desarrollo de la zona norte) y las actividades operacionales en curso en el puerto tiene una gama de impactos ambientales, a saber:

- Impactos en los manglares
- Impactos del dragado, calidad del agua
- Generación de polvo, calidad del aire.

Cómo el cambio climático va a influir en estos temas y el efecto que pueda tener en el desempeño ambiental de API Manzanillo son los temas que se discuten más adelante.

3.7.4. Resumen de Riesgos/Oportunidades Climáticas

Manglares

Los principales cuatro factores abióticos que limitan la distribución de los árboles del manglar son: climáticos (especialmente temperatura), salinidad, fluctuación de la marea y energía de las olas.[161] De éstos, los cambios en la salinidad a través del aumento del nivel del mar están proyectados a ser la amenaza más grande relacionada con el cambio climático.[162]

En general, los manglares están restringidos a una franja angosta dentro del área intermareal, y mientras se incrementa el nivel del mar, la región donde existen condiciones adecuadas para el manglar se puede mover o desaparecer.

Es posible que haya una sucesión de especies del manglar tolerantes a la salinidad debido al mayor ingreso de agua de mar, particularmente en combinación con una reducción en la media anual de lluvias. Esta sucesión pasa de los manglares rojos (tolerancia a máximo 60 partes por millar) a los manglares blancos (80 partes por millar) si las condiciones se vuelven más salinas.

Calidad del aire

El manejo del polvo se reportó como un problema significativo en el puerto y es motivo de preocupación para el municipio. Dentro del puerto, el polvo se genera con el manejo de minerales a granel y fuera del puerto, con áreas de almacenamiento sin pavimentar, actividades de construcción y tráfico en movimiento. Los eventos anuales de inundación hidrológica también traen sedimentación a la entrada principal del puerto y al camino de acceso interno. Este depósito de sedimento se puede volver polvo al secarse. Eventos climáticos más fuertes como el Huracán Jova también han provocado el arrastre sustancial de sedimento hacia el puerto lo cual acaba en polvo. Con días mas secos y calurosos proyectados para el futuro se espera que la probabilidad de generación de polvo aumente.

Calidad del Agua

Los afluentes de agua de las actividades del puerto a menudo contienen contaminantes.

Durante inundaciones la capacidad de los sistemas de drenaje, trampas de sedimento y separadores de aceite/agua puedan ser insuficientes de modo tal que contaminantes sea diseminados en los cursos de agua.

El incremento en la frecuencia de inundaciones y mayor intensidad de estos eventos ya ha sido observada en el puerto y se espera aumenten en numero en el futuro, lo cual conllevaría a mayor ocurrencia de contaminantes en la dársena.

Como ya ha sido notado, un aumento en número de inundaciones puede incrementar la sedimentación y por tanto los requisitos de mantenimiento por dragado en el puerto. Las operaciones de dragado pueden afectar la calidad del agua ya que hidrocarburos vinculantes, metales pesados, PCBs, y nutrientes se pueden adherir a sedimento suspendido.[163] El material de dragado de desecho también provoca generalmente impactos en las comunidades bentónicas.[164]

Erosión del litoral

Las playas son afectadas por constantes pérdidas y ganancias de área debido a procesos climáticos que afectan las corrientes y el oleaje y que por tanto influyen en las tasas de erosión y acumulación de distintas áreas.

Existe poca investigación sobre el grado de erosión del litoral cercano al puerto. Sin embargo, en discusiones con API Manzanillo y Consultec indicaron que la erosión de la playa de Las Brisas, adyacente al puerto, ha estado ocurriendo por varios años. Esto es, según se dice, debido a un incremento en la altura de las olas, reducción del transporte longitudinal y deposición decreciente del sedimento de las descargas en el mar.

Incrementos en la fuerza del oleaje pueden producir incrementos en niveles de erosión costera. Estudios indican que la altura máxima y promedio de las olas parece incrementarse en el Pacífico Este Tropical (Sección 2.3.2, apartado "Nivel medio del mar").[165] El aumento en el nivel del mar incrementa estos impactos. El aumento del nivel del mar cambiará las dinámicas costeras en la zona intermareal. Aguas más profundas permitirán que las olas viajen más adentro de la playa y, como la altura de las olas es correspondiente a la profundidad del agua, esto resultara en incrementos de la tasa de erosión costera.

La erosión del litoral es probable que se incremente en el futuro, particularmente si se combina con la pérdida de las defensas suaves del litoral tales como el hábitat del manglar.

Aunque la erosión costera no es considerada actualmente una amenaza mayor, es posible que se incremente en el futuro para el área de Manzanillo, particularmente si se combina con la pérdida de las defensas suaves del litoral tales como el hábitat del manglar.

Riesgos climáticos que afectan el desempeño ambiental de API Manzanillo

Manglares

A falta de hábitats como arrecifes de coral y pastos marinos alrededor del puerto, los manglares constituyen el hábitat costero de mayor importancia. La responsabilidad de API Manzanillo para mantener los hábitats de manglar es grande. Los compromisos se encuentran delineados en la Evaluación del Impacto Ambiental (EIA) del puerto y en el Plan de Manejo Ambiental (EMP), con penalizaciones a ser pagadas al gobierno si no se cumplen. API Manzanillo se encuentra asegurado contra el no cumplimiento, según un acuerdo previo con la SEMARNAT.

SEMARNAT establece el nivel de aseguramiento a pagar y cómo podría esto cambiar en el futuro. Si un proyecto de construcción afecta una especie protegida (NOM-059-SEMARNAT-201), SEMARNAT revisará el proyecto y los costos establecidos por la póliza para asegurarse de que haya prevención, mitigación y compensación de impactos. Para API Manzanillo, los costos de seguro no se verán incrementados en el futuro a menos que un nuevo proyecto de construcción, por ejemplo, la expansión de la Laguna d Cuyutlán, se inicie. Sin embargo el nivel de un incremento potencial no es fácilmente cuantificable en este momento.

El cambio climático tiene una cantidad de impactos potenciales respecto a los manglares. Los siguientes temas se consideran de particular importancia para su manejo futuro dentro y alrededor del puerto:

Aumento del Nivel del Mar

Los humedales costeros son extremadamente sensibles al aumento del nivel del mar. Si la inundación es excesiva los manglares se "ahogan"; pero si reciben muy poca agua marina su productividad se ve reducida y se ven reemplazados con marisma de sal o bien con comunidades de cianobacterias.[166]

La pared que da hacia el mar que protege a la Laguna de las Garzas es actualmente de +1.25m por encima del nivel medio del mar. Bajo el escenario de aumento del nivel del mar 'moderado' desarrollado para este estudio (PICC RCP 2.6), el nivel medio del mar se vería incrementado en +0.13m para el 2050 (con respecto a 2015). Si se combina con las contribuciones máximas al nivel del mar de marea, estacional y el ENSO esto traerá como resultado una altura de +0.83m para el 2050 (ver la Tabla 2.17). La inundación costera de la laguna solo ocurriría en combinación con una marejada, un evento de 1 en 50 años. Por ejemplo +0.83m a partir del aumento del nivel del mar medio más máximos de marea, estacional y el ENSO +0.91m a partir de una marejada de 1 en 50 años = +1.74m.

Para el 2100, el escenario de aumento del nivel del mar en base al escenario del PICC 'peor caso' (RCP 8.5) muestra un incremento en el nivel medio del mar de +0.66m (relativo a 2015). Esto traería consigo un aumento de +1.36m cuando se combina con las contribuciones máximas de marea, estacional y decadal, lo cual trae consigo inundaciones frecuentes. En este caso, API Manzanillo tendría que implementar protección adicional.

Aunque la sucesión entre especies de manglar debido a la salinidad cambiante ya resulta visible en el puerto, la responsabilidad de API Manzanillo para manejar esto como parte de un programa de conservación integral no se encuentra actualmente definida.

Precipitación Pluvial

La información meteorológica para Manzanillo muestra una significativa disminución observada en precipitaciones de la temporada de secas de 2.7 mm por año (Sección 2.1). Al hacer una extrapolación de la información de ERA-I se obtiene que hay una disminución del 23% en los eventos de precipitación en Manzanillo para el 2040.

Hay varias problemáticas que se generan con la caída de los niveles normales de precipitación y que afectan a los manglares. La sedimentación disminuye, en combinación con una caída en productividad y diversidad. Ambos factores reducen la elevación de la superficie del humedal, incrementando la susceptibilidad a un aumento del nivel del mar. Las áreas con amplitud baja de marea, baja precipitación y suministro de sedimento limitado, tal y como ocurre en Manzanillo, tienen una probabilidad mayor de experimentar una migración hacia tierra firme de los humedales costeros.[167] Se esperan condiciones más secas que afecten de manera significativa los manglares dentro y alrededor del puerto. Esto trae por consecuencia una necesidad de mayor tiempo de gestión y costos de seguro potencialmente más altos para API Manzanillo.

Temperatura

Aumento en la temperatura ambiente y del sedimento pueden tener cierto impacto en la capacidad reproductiva de los manglares. Temperaturas más altas pueden incrementar las tasas de respiración de las raíces y su crecimiento, lo cual trae por consecuencia aumentos en la tasa de reciclado de los nutrientes y de regeneración. Sin embargo la respiración de las hojas como parte de la fotosíntesis se puede ver reducida a temperaturas más altas, de entre 38 y 40˚C.[168]

Las temperaturas promedio demuestran incrementos de hasta 3.4˚C para la década de 2070 bajo el escenario de medio rango RCP 8.5. Estimar el impacto de este cambio en los manglares es un reto, ya que factores múltiples determinan el resultado. Sin embargo Manzanillo tiene probabilidades de experimentar un incremento en tasas de crecimiento de sus manglares con el paso del tiempo, pero con efectos potencialmente negativos respecto al balance del carbón que no cuadra con incrementos en la producción[156]. El balance entre los manglares y otras especies dentro del humedal puede verse alterado.

Calidad del Aire\Polvo

Niveles mayores de creación y dispersión de polvo dentro y fuera del puerto podrían ocurrir ya que las condiciones se vuelven más secas y más calurosas. El polvo se considera más un asunto social y de salud que un asunto ambiental y se discute en mayor detalle en la sección 3.8.

Existen un número de estándares de manejo ambiental para la implementación y el control del polvo, incluyendo el ISO 14001 para lo cual API Manzanillo se encuentra certificado. Durante las discusiones, API Manzanillo determinó que ya están establecidos los protocolos específicos de manejo del polvo, desarrollados junto con la comunidad local.

Los protocolos actuales seguramente requerirán mejoras futuras y un aumento en la inversión por parte de API Manzanillo. Dado que los problemas que se derivan del polvo se encuentran por lo regular fuera del control de API Manzanillo, el involucramiento y la administración de los actores clave necesitará mantenerse y/o mejorarse. Esto incluye trabajo conjunto con el municipio, con las terminales y con los operadores de los buques.

Calidad del agua

El efecto del cambio climático en la manera en que se define la responsabilidad de API Manzanillo para mantener la calidad del agua se espera que sea limitada.

Con respecto a los impactos más importantes en la calidad del agua producto de un mayor dragado de mantenimiento, API Manzanillo solo hace dragado en el puerto interno. Este no se considera que sea un ambiente prístino, y la turbiedad es ya alta si se compara con mar abierto. Cualquier incremento en el dragado de mantenimiento por tanto no afectará significativamente el desempeño ambiental del puerto producto del vertido de contaminantes.

Respecto al vertido de desechos en mar abierto, la calidad del material de dragado se prueba regularmente, y el desecho se da bajo licencia. Sin embargo el futuro desecho de residuos es crucial. Los sitios para el desecho de residuos deben escogerse con cuidado para reducir el impacto en los bentos y reducir el riesgo de que la sedimentación afecte los hábitats sensibles marinos. Esto se da dentro de un escenario de impactos por cambio climático con respecto a ecosistemas sensibles lo cual conduce a un escrutinio cada vez mayor de las actividades de dragado cercanas.

Mayor uso de energía y emisiones de gases de efecto invernadero asociados

Tal y como se discutió en la Sección 3.1.3, apartado "Aumentar la eficiancia de los equipos de refrigeración", es probable que el aumento de la temperatura resulte en un aumento en el uso de energía en el puerto y por tanto un aumento en las emisiones GEI asociadas. El estudio de la huella de carbón 2015[169] llevó a cabo una auditoría de energía para evaluar las fuentes primarias de energía utilizada y en dónde se puede ahorrar. Dos de los factores primarios listados son los edificios de oficinas y almacenes, así como del equipo de aire acondicionado. Otro uso primario proviene de grúas, bandas transportadoras, sistemas de iluminación y recarga de maquinaria eléctrica tales como montacargas y camiones.

3.7.5. Adaptación

Las siguientes acciones pueden beneficiar aun más el desempeño ambiental del puerto, y ayudar a mantener los estándares requeridos con respecto al cambio climático:

Manglares

El hábitat del manglar restante en el perímetro oeste del puerto, y hacia el norte y sur en la Laguna de las Garzas y la Laguna de Cuyutlán, puede actuar como una protección costera importante contra la inundación por lluvias.

API Manzanillo puede considerar medidas de adaptación que pudieran ayudar al manglar dentro del puerto a adaptarse al aumento del nivel del mar. Debido a su ubicación en un canal restringido al oeste de la terminal CONTECON, no es posible para el manglar retraerse conforme aumente el nivel del mar. Por tanto debe moverse hacia arriba fuera del agua en respuesta.

Para hacer esto el sustrato del sedimento debe incrementarse en altura y API Manzanillo puede ayudar en el proceso, por ejemplo a través del uso del material producto del dragado.[170] Reduciendo otros factores de estrés también coadyuvan al manglar a adaptarse al cambio climático. Una mayor investigación será necesaria para determinar la estrategia correcta para ayudarle a los manglares a su adaptación, por ejemplo cómo la sucesión de especies puede afectar la protección que ofrecen los manglares y cómo esto puede manejarse dentro del puerto.

Adicionalmente, en la medida de lo posible, la expansión del puerto debería estar diseñada para evitar la perturbación de las especies protegidas y evitar mayores costos de seguro a la SEMARNAT.

Reducción de Emisión de Gases de Invernadero (GEI)

La adaptación asociada a la mejora de la eficiencia energética de los equipos de refrigeración (tal y como se describe en la Sección 3.1.3, apartado “Aumentar la eficiencia de los equipos de refrigeración”) tendrá un impacto positivo en el ambiente debido a la reducción de emisiones de GEI asociadas con el consumo de electricidad térmica. El estudio de la Huella de Carbón 2015[171] revisó las fuentes primarias de emisiones de GEI e hizo recomendaciones para reducir el uso de energía. Dos acciones prioritarias que se desprenden de ese estudio pueden aplicarse al uso de energía para reefers y para almacenes con cámaras frigoríficas son:

- Implementación de un sistema que usa generación de energía fotovoltaica
- Una revisión a lo largo de todo el puerto de la eficiencia energética y al desarrollo de un sistema de manejo de energía. Alineado con los hallazgos de este estudio de adaptación, esto deberá conducirse tomando en cuenta los impactos del aumento de las temperaturas.

Mayor detalle de las recomendaciones generales para reducir las emisiones de GEI, por ejemplo la electricidad provista a las grúas y la reducción de la velocidad de los buques en el puerto pueden hallarse en el estudio de la huella de carbón.

Reducción de eventos de inundación

Una mejora en la capacidad del sistema de drenaje y mejora de las trampas de sedimento así como en la frecuencia de la limpieza del drenaje (tal y como se recomendó en la Sección 3.3.2) reducirá los incidentes de saturación del sistema de drenaje. La escorrentía de contaminantes hacia el puerto va a disminuir por tanto, reduciendo los impactos en la calidad del agua.

Adicionalmente la reducción de eventos de inundación va a traer como consecuencia menor sedimento residual en los caminos de acceso y en otras áreas, lo cual se convierte en polvo cuando se seca.

QC1

3.8. Aspectos sociales

RESUMEN DE LOS PUNTOS CLAVES

- El número de personas afectadas por dengue ha crecido de menos de 1,000 casos por año al final del siglo pasado a más de 100,000 por año en años recientes, principalmente debido a la aparición de la enfermedad en ciudades grandes. La Quinta Comunicación Nacional de México predice un gran incremento en el riesgo de epidemia de dengue debido al cambio climático. Otros estudios por otro lado sugieren que la distribución de los mosquitos que transmiten la enfermedad probablemente se mantendrá estable en las siguientes décadas.

- Las temperaturas altas pueden conducir a una deshidratación y, en casos extremos, a golpes de calor. Casos registrados en el puerto son generalmente bajos e incrementos futuros en temperaturas máximas no sugieren un incremento grande en su correspondiente riesgo de que ocurran.

- El polvo puede conducir a un incremento en la incidencia de conjuntivitis. Se espera que los niveles de polvo en el aire en el puerto crezcan en el futuro. Esto podría conducir potencialmente a un aumento de casos de conjuntivitis y otros problemas de salud, aunque las acciones para manejar los impactos del polvo en los trabajadores pueden reducir el potencial de riesgo.

- Los fuertes vientos y las lluvias pueden generar riesgos para los trabajadores del puerto. En el futuro se proyectan reducciones tanto en la precipitación anual como en la precipitación media estacional, con más lluvia cayendo en eventos intensos. Esto implica que el número de días con lluvia a lo largo del año puede reducirse y resulta poco probable que se incremente el riesgo de accidentes relacionados con la lluvia. Se espera que las tormentas tropicales, y por tanto la velocidad de los vientos extremos, se haga más intensa en el futuro.

- El cambio climático tiene el potencial de exacerbar los retos existentes en la relación existente entre el puerto y la comunidad local. Las condiciones más cálidas y más secas que se esperan bajo la influencia del cambio climático no harán sino aumentar la generación de polvo. Asimismo, el riesgo mayor de inundación en el camino de acceso al puerto podría empeorar los problemas actuales de congestión.

- API Manzanillo debe monitorear los casos de dengue y mantenerse en contacto con el sector salud para tener un pronóstico futuro de potenciales epidemias.

- API Manzanillo debería proveer alertas de temperaturas extremas altas para minimizar los riesgos de golpe de calor entre sus trabajadores.

- API Manzanillo debería involucrarse con la municipalidad en áreas en donde la coordinación de las acciones de adaptación serán benéficas. Esto incluye el manejo del polvo en los caminos fuera del puerto y asegurándose de que los movimientos de tráfico eviten congestión vehicular durante los eventos extremos climatológicos.

3.8.1. Resumen de riesgos por cambios climáticos

Los temas relacionados al clima para la responsabilidad social del puerto pueden ser considerados en dos vertientes:

- Riesgos de seguridad y de salud para los trabajadores en el puerto relacionados a factores climatológicos
- Las interacciones entre el puerto y el municipio de Manzanillo, y de cómo éstas pudieran verse afectadas por el cambio climático

Un resumen de los riesgos climáticos con respecto a la responsabilidad social del puerto se muestra en la Tabla 3.36.

3.8.2. Análisis de los riesgos del clima a la salud y a la seguridad de los trabajadores del puerto

De acuerdo con API Manzanillo, existen entre 4,000 y 5,000 trabajadores en el puerto, repartidos en tres turnos por día (i.e. aproximadamente 1,500 trabajadores por turno). Los siguientes temas de salud y seguridad relacionados con el clima han sido identificados a través de conversaciones con API Manzanillo, las terminales y el Centro de Emergencias de la API:

- Enfermedades transmitidas por mosquitos, incluyendo el dengue y la chikungunya
- Altas temperaturas, las cuáles traen consigo deshidratación y en casos extremos golpes de calor
- Polvo, el cual puede traer consigo una incidencia mayor de conjuntivitis
- Fuertes vientos y lluvia, lo cual trae consigo riesgos a la seguridad de las personas

Cada uno de estos temas se discute más adelante.

Dengue y chikungunya

El dengue es típicamente una enfermedad febril indiferenciada con más de la mitad de los casos asintomáticos. El dengue se caracteriza por una presencia de forma abrupta de fiebre de tres a catorce días después de la picadura del mosquito infectado. Los síntomas por lo regular incluyen dolores de cabeza severos, dolor atrás de los ojos, dolor muscular, dolor en las articulaciones, urticaria y en casos severos hemorragias.

La chikungunya se caracteriza por una aparición abrupta de fiebre y dolor articular severo y debilitante. La fiebre de la chikungunya ocurre de 3 a 7 días después de la picadura de un mosquito infectado. Otros síntomas incluyen dolores de cabeza, dolor muscular, fatiga y urticaria.

Los virus del dengue y la chikungunya se transmiten por medio de dos vectores principales, el mosquito Aedes aegypti y el Aedes albopictus. Mientras que el Ae. aegypti es el responsable de la mayoría si no es que de todos los brotes masivos de dengue[172], chikungunya es fácilmente transmitido por Ae. albopictus. En décadas recientes, estas especies se han esparcido por el mundo a latitudes medias y bajas, en particular en zonas periféricas de áreas urbanas.[173]

Algunos estudios en México muestran que el número de personas afectadas por el dengue ha crecido de ser de menos de 1,000 al año al final del siglo veinte a más de 100,000 por año en años recientes y hasta 140,000 en 2009), principalmente debido a su aparición en grandes ciudades incluyendo Cuernavaca, Morelos y Guadalajara, Jalisco. Los incrementos han sido mayores en altitudes por debajo de los 1,500 msnm y cerca del mar[174] (ver Figura 3.36).

Los casos de chikungunya en México son mucho más raros. El primer caso transmitido localmente en México se reportó apenas en octubre de 2014, en el estado de Chiapas. Para el 31 de diciembre de 2014 un total de 155 casos de chikungunya habían sido reportados en México a lo largo de cinco estados: Chiapas (135), Guerrero (11), Oaxaca (7), Sonora (1) y Sinaloa (1)[175].

De acuerdo a la Quinta Comunicación de México ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC), los incrementos en temperatura y humedad debido al cambio climático incrementan el riesgo de epidemias de dengue en el país, y la tendencia al alza en temperatura y humedad registrada en los últimos diez años parece relacionada al crecimiento en los casos registrados de dengue.

Los estudios de modelado han conducido a evaluar cambios en la distribución de dos especies de mosquito vector, Ae. aegypti y Ae. albopictus, responsables del dengue y la chikungunya, debido al cambio climático. Un estudio global importante[177] encuentra que, con excepción de cambios regionales pequeños, las distribuciones de las dos especies portadoras globalmente se mostrarán relativamente estables en las próximas décadas[xxxiv] (ver Figura 3.37). Esto es consecuencia

TABLA 3.36

Riesgos sociales

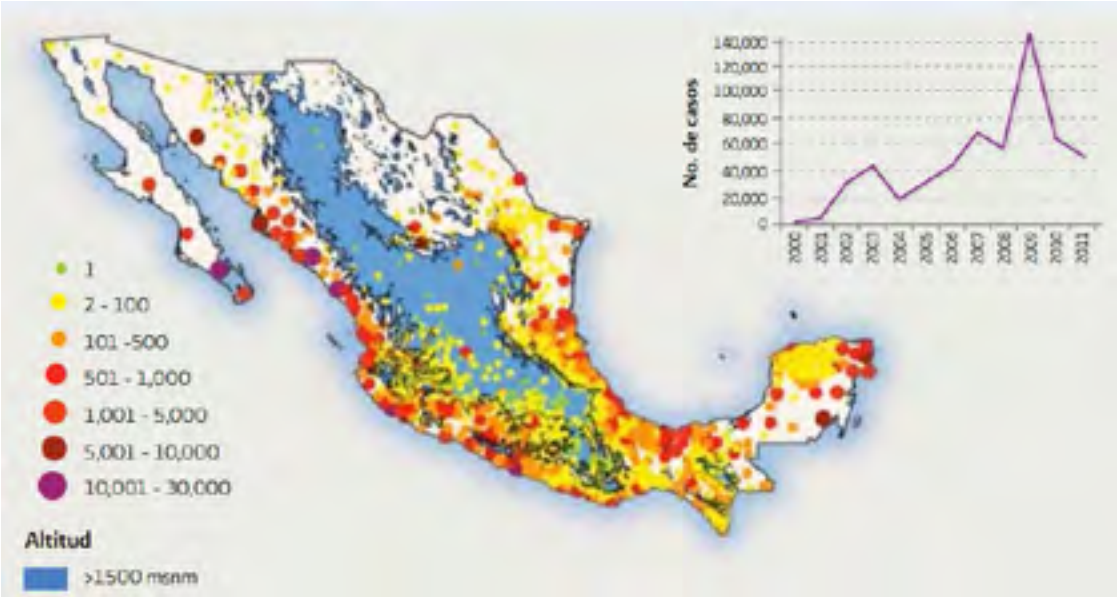
Riesgo	Umbrales y Sensibilidades	Variabilidad y cambio oceanográfico y de clima tanto presente como futuro	Descripción del Riesgo
Cambios en temperatura y humedad relativa conllevan condiciones más favorables para la propagación de mosquitos que pudieran transmitir dengue y chikunguña y por tanto más casos de estas enfermedades	• Casos de dengue a lo largo de México se han incrementado de manera significativa, de tener menos de 1,000 por año al final del siglo pasado a más de 100,000 al año en años recientes. • Los mosquitos que transmiten los virus de estas enfermedades se encuentran a todo lo largo en altitudes menores a los 1,500msnm en el país.	• La temperatura media mensual va de los 24˚C (enero a marzo) a los 27˚C entre junio y agosto. • La información recopilada muestra una tendencia significativa de aumento en la temperatura que se sitúa entre 0.4 y 0.5˚C de aumento cada década. • Calentamiento a lo largo de la costa cerca de Manzanillo alcanzará los 2˚C en la temporada de secas para la década de 2040 para el escenario RCP 8.5 (1.2˚C para el escenario RCP 4.5) y de 3˚C para la década de 2070 para el escenario RCP 8.5 (1.8˚C para el escenario RCP 4.5). • La temperatura de la época de lluvias se incrementa de forma similar a la experimentada en la temporada de secas pero ligeramente menor para cada trayectoria de RCP.	• Número de casos de dengue que afecta a los trabajadores del puerto es desconocido. • Algunos estudios proporcionan vistas conflictivas respecto a si el cambio climático va a incrementar la incidencia de dengue en México.
Temperaturas máximas mayores causan riesgos mayores de golpes de calor y deshidratación en los trabajadores	• API Centro de Emergencias atendió 5 casos de golpe de calor en el periodo 2011-2014. • Los umbrales de la 'temperatura aparente' para el golpe de calor en la 5ta Comunicación Nacional a la UNFCCC son: • De 28 a 32˚C: Precaución • De 32 a 41.5˚C: Extrema precaución • De 41.5 a 49˚C: Peligro • Arriba de 49˚C: Peligro extremo		• Actualmente, solo un número bajo de casos de golpe de calor se han reportado. • Temperaturas más altas debido al cambio climático incrementarán riesgos de golpes de calor, pero, con las debidas precauciones, y dado el número tan bajo de casos actualmente, esto es poco probable de convertirse en un asunto mayor.

Temperaturas mayores emparejadas con menores precipitaciones traen consigo generación de más polvo y más casos de conjuntivitis	• La incidencia de conjuntivitis para los trabajadores del puerto está en parte relacionada a los niveles de polvo en el ambiente.	• Calentamiento a lo largo de la costa cerca a Manzanillo alcanzará los 2°C en la temporada de secas para la década de 2040 para el escenario RCP 8.5 (1.2°C para el escenario RCP 4.5) y de 3°C para la década de 2070 para el escenario RCP 8.5 (1.8°C para el escenario RCP 4.5). • Precipitación media va a decrecer hasta 0.5 mm/día durante la temporada de secas de la década de 2040 y 0.7 mm/día durante la temporada de secas de la década de 2070 (RCP 8.5). • Trayectoria del RCP 4.5 es equivalente a 0.2 mm/día (2040), 0.3 mm/día disminución en la media de la precipitación para la década de los 2070. • La velocidad media del viento no se proyecta que se incremente en forma significativa.	• Se desconoce el número de casos de conjuntivitis afectando a los trabajadores del puerto. • Temperaturas más altas y menores precipitaciones van a incrementar el riesgo de generación de polvo dentro del puerto, pero resulta poco probable que los riesgos para el puerto asociados a más casos de conjuntivitis resulten ser significativos.
Temperaturas mayores junto con menores precipitaciones traen consigo más generación de polvo y afectan de manera adversa la relación del puerto con la comunidad local	• El polvo generado por el movimiento del tráfico a lo largo de los caminos que conducen al puerto, y proveniente de áreas de almacenamiento sin caminos pavimentados localizadas fuera del puerto resultan ser una fuente de quejas.		• Temperaturas más altas y menores precipitaciones incrementarán los riesgos de generación de polvo fuera del puerto y pudieran crear mayor estrés en la relación entre el puerto y la comunidad local.

Fuente: Autores de este reporte

FIGURA 3.36

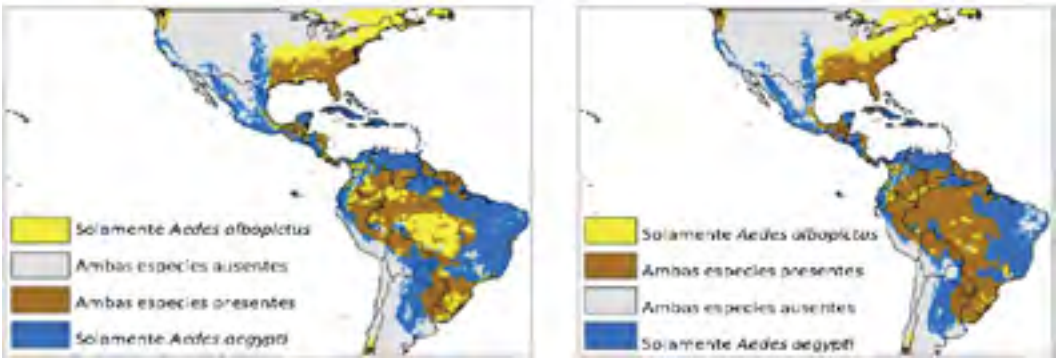
Mapa: Número de casos acumulativos de dengue en México entre 2000 y 2011 (círculos); Gráfica: Número total anual de casos registrados a nivel nacional en ese mismo periodo



Fuente: Cofepris, 2012 [176]

FIGURA 3.37

Resumen de distribuciones potenciales derivadas de modelos de nicho ecológicos de Ae. aegypti y Ae. albopictus, bajo las actuales condiciones climáticas (panel izquierdo) y las condiciones de clima futuro modeladas (panel derecho) (2050, escenario A1B).



Fuente: Campbell et al, 2015 [178]

de la amplia tolerancia en ambas especies a factores climatológicos (temperatura y precipitaciones), de tal suerte que los cambios de clima no se traducen en cambios de distribución mayores. Este descubrimiento se encuentra de alguna manera en contrapunto con los datos recabados en la 5ta Comunicación Nacional de México, en donde la tendencia al alza en temperatura y humedad en años recientes parece relacionada a un número creciente de casos de dengue. Estas diferencias ilustran las incertidumbres relacionadas a los impactos futuros que tendrá el cambio climático sobre las tendencias de brotes de dengue.

Deshidratación e hidratación y golpes de calor

Altas temperaturas en combinación con humedad relativa alta reducen la habilidad del cuerpo de enfriarse solo, incrementando el riesgo de golpe de calor, agotamiento por calor, y otros problemas de salud relacionados con el mismo. La Quinta Comunicación de México ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CNUCC)[179] identifica un índice de calor basado en 'temperatura aparente' (la temperatura que se percibe derivada de una combinación de temperatura del aire y la humedad relativa[180]) tal y como se resumen Tabla 3.37.

En casos extremos, temperaturas muy altas pueden conducir a incrementos en mortalidad. Mientras que la relación entre los días calurosos[xxxv] y un incremento en mortandad es muy robusta[182], muchos factores pueden influir. La edad, condición de salud, y condiciones socio-económicas en conjunto afectan la vulnerabilidad de un individuo al calor. El grado de aclimatización (sea ésta fisiológica, social o tecnológica) a incrementos en el calor en largos periodos de tiempo también entran en juego. Más aún, 'olas de calor' (en donde las altas temperaturas ocurren por varios días consecutivos) parecen traer consigo una mortalidad más alta que la que pudiera esperarse exclusivamente de la base de relaciones de mortalidad debida a altas temperaturas por breves periodos.[183] Finalmente, tanto las temperaturas promedio y la variabilidad en la temperatura afectan la mortalidad y, con ciertos estudios descubriendo que la variabilidad en la temperatura tuvo un efecto (en términos de aumento de mortalidad) sobre y comparado con un incremento en las temperaturas promedio.[184]

El Centro de Emergencias de la API reportó que habían atendido alrededor de cinco casos de golpe de calor en el periodo 2011-2014[185]. Durante las juntas de trabajo, algunas de las terminales también identificaron la deshidratación y el golpe de calor como riesgos de salud potenciales asociados con altas temperaturas extremas. Los riesgos a la salud durante los casos extremos de calor son mayores en gente que se encuentra físicamente activa, así que los trabajadores en el puerto que están involucrados en trabajo manual son más susceptibles a esto. Sin embargo, siendo pequeño el número de casos atendidos por el Centro de Emergencias en los últimos cuatro años, parecería que los golpes de calor no son un asunto grave a tratar por el momento.

TABLA 3.37

Índice de calor y amenaza asociada a la salud en México

Índice de Calor (temperatura aparente, ˚C)	Nivel de amenaza a la salud en los humanos
28 a 32	Precaución
32 a 41.5	Extrema precaucióonn
41.5 a 49	Peligro
Arriba de 49	Peligro extremo

Fuente: Gobierno de México, 2012 [181]

La Tabla 3.38 resume información de las temperaturas más altas registradas en la estación meteorológica de Manzanillo de 1984 a 2013. Existen dudas acerca de la validez de las tres mediciones de más de 50˚C, dado que la temperatura más alta jamás registrada en el país fue de 52˚C, registrada en julio de 1966 en Sonora. De cualquier forma, la información indica 10 registros de temperaturas de 35˚C o más en Manzanillo, de un total de más de 42,126 mediciones en la estación, i.e. en el 0.02% de las mediciones.

Tal y como se mencionó en la Sección 2.1, los incrementos proyectados de temperatura mensual promedio para Manzanillo para la década de los 2020s son típicamente 1.0˚C para RCP 8.5, y para la década de 2040, alrededor de 1.7˚C. Cambios en humedad relativa también afectarán la 'temperatura aparente' y por tanto el significado del cambio climático en términos de un riesgo incremental de enfermedades relacionadas al calor en el puerto.

Incidencia de conjuntivitis relacionada al polvo

La conjuntivitis es un padecimiento común del ojo en el mundo entero. Causa inflamación (hinchazón) de la conjuntiva, la capa delgada que cubre la parte de

TABLA 3.38

Ocurrencias de altas temperaturas en Manzanillo en un periodo entre marzo de 1984 a mayo de 2013.

Umbral de Temperatura (˚C)	No. of ocurrencias (a)
>50	3
45 to 49.9	0
40 to 44.9	1
35 to 39.9	6
Nota: (a) Tres mediciones se registraron por día a las 00:00h, las 12:00h y a las 18:00h. Una 'occurrencia' se refiere a una sola medición.	

Fuente: Los autores de este reporte

adentro del párpado y cubre la parte blanca del ojo. Las causas más comunes de conjuntivitis son virus, bacterias, alergénicos, aunque existen otras causas, incluyendo los químicos, los hongos, ciertas enfermedades y el uso de lentes de contacto. La conjuntiva también puede irritarse por cuerpos extraños en el ojo y por la contaminación del aire causada por, por ejemplo, polvo, vapores químicos, gases o humo.[186]

API Manzanillo notó que la incidencia de conjuntivitis en los trabajadores del puerto era en parte relacionada a los niveles de polvo en el ambiente. Los trabajadores del puerto se encuentran potencialmente expuestos al polvo durante sus horas de trabajo; muchos además residen en la ciudad de Manzanillo, y por tanto están expuestos al polvo en su trayecto a casa y viceversa, así como en su lugar de residencia (tal y como se menciona en la Sección 3.8.3).

Dentro del puerto, el polvo se genera principalmente por el manejo de mineral a granel en las terminales de APASCO y la de USG. Las medidas de la administración para las emisiones de polvo ya se encuentran en ejecución en dichas terminales. Las proyecciones respecto al cambio climático apuntan a tener temperaturas más altas, la media de precipitación anual y estacional se proyecta que presentará reducciones y habrá incrementos menores en la velocidad de los vientos. Por lo tanto, los niveles de sedimento que se acarrean hacia el camino de acceso al puerto podrían incrementarse, ya que las lluvias intensas se proyecta que van a ser más severas. Estos factores son indicativos de que los niveles de polvo en el ambiente en el puerto pueden también esperarse que traigan consigo un número mayor de casos de conjuntivitis y otros problemas de salud, a menos que las medidas para controlar la cantidad de polvo en el ambiente se fortalezcan.

Vientos fuertes y lluvias

Varias terminales reportaron que el potencial de vientos fuertes podría afectar la seguridad de los trabajadores. Sin embargo, la decisión de cerrar el puerto, tomada por la capitanía de puerto, está diseñada precisamente para evitar tales impactos.

GRANELERA, una terminal que maneja productos agrícolas a granel, comentó durante las juntas de trabajo que las precipitaciones pueden crear condiciones resbalosas para sus trabajadores. Esto ocurre cuando cargan productos de los silos hacia los trenes, ya que los trabajadores tienen que permanecer parados encima de los carros de tren para realizar esta actividad. Esto puede acarrear interrupciones en las actividades de carga. Sin embargo, tal y como se mencionó en la Sección 2.1, la lluvia también puede parar las operaciones de carga hacia los trenes debido a que los carros del ferrocarril

pierden tracción y están imposibilitados de moverse. Sería entonces difícil hacer caso omiso a estos temas. El cambio climático se prevé que conlleve una media reducida anual y una media reducida estacional de precipitaciones en el futuro, con más lluvia cayendo en eventos de lluvia torrencial. Esto implica que el número de días con lluvia probablemente se reduzcan y que el riesgo de trabajadores en condiciones resbalosas no aumente.

3.8.3. Relación ciudad-puerto

Por razones históricas, y desde su fundación, los puertos y las ciudades se han desarrollado al unísono. En muchos puertos a lo largo de Latinoamérica es común referirse a un desarrollo en común de una ciudad-puerto puerto-ciudad, a pesar de que cada una tiene sus propios cuerpos de administración, roles y objetivos. A pesar de un interés común en el progreso y desarrollo socio-económico de su área, los puertos y las ciudades pueden a veces tener planteamientos divergentes respecto al desarrollo. Estos necesitan ser negociados y requieren una acción coordinada entre el puerto y las comunidades urbanas para que sus metas sean exitosas y harmónicas.

En el caso particular de Manzanillo, se reconoce que el desarrollo del puerto puede influir tanto positiva como negativamente en el desarrollo urbano. Mientras que el desarrollo del puerto ha traído prosperidad económica a la ciudad, los trabajos de construcción y expansión han también modificado y en ocasiones limitado el espacio urbano en formas que no siempre son benéficas.

El puerto ejerce una influencia económica positiva en la ciudad y más allá. Se constituye como el motor clave del desarrollo económico del municipio de Manzanillo y del Estado de Colima, generando las más altas tasas de empleo e inversión en el estado.[187] También proporciona apoyo a la ciudad durante los desastres naturales. Por ejemplo, en varios casos, el Centro de Emergencias ha ofrecido sus servicios a la ciudadanía para controlar incendios de vegetación y dar asistencia en operaciones de administración del riesgo.

Sin embargo, hay un reconocido desequilibrio entre los desarrollos del puerto y los urbanos, en general atribuidos a la falta de una clara planeación integral del uso del suelo.[188,189] Algunas de las estructuras urbanas existentes, en especial la red carretera, se encuentran rezagadas a las necesidades actuales y futuras de la población, causando conflicto directo en el uso de la infraestructura pública entre la ciudad y los usuarios del puerto.[190] Una queja común de los residentes de la ciudad es los altos volúmenes de tráfico en las calles y carreteras debido a los movimientos de mercancías, lo cual causa embotellamientos de tráfico continuos, contaminación y polvo en el ambiente.[191] Por otro lado, API Manzanillo y algunas de las terminales mencionaron los desarrollos urbanos en cuencas hidrográficas altas y sus correspondientes actividades de desforestación como una causa potencial de inundaciones dentro del puerto.[192] De igual manera, altos niveles de desperdicios sólidos encontrados en el sistema de drenaje en el puerto conlleva a costos más altos para API Manzanillo para limpiar el drenaje y se atribuye a una falta de un apropiado manejo de residuos en la ciudad.

De acuerdo a las juntas de trabajo con el municipio, el polvo afuera del puerto conlleva quejas recurrentes de los ciudadanos que habitan la ciudad. Las comunidades que se cree son las más afectadas por las altas concentraciones de polvo en el ambiente son Jalipa y Francisco Villa.[193] El polvo puede ser generado por el diario transitar de camiones de y hacia el puerto, por los trabajos de construcción asociados con las extensiones al puerto y por el desarrollo sin planeación de áreas de almacenaje sin rutas pavimentadas afuera de las instalaciones del puerto. Como parte del Programa Permanente para el Mantenimiento y Limpieza de las Instalaciones del Puerto, API Manzanillo lleva a cabo trabajos de limpieza entre las áreas del Puerto Interior, Glorieta del Pez y Patio Regulador de Contenedores.[194] Sin embargo, el polvo generado por los camiones puede llevarse más allá del puerto y se combina con el que se genera por las mejoras a las carreteras, tal y como ocurrió en los trabajos de construcción del camino de Jalipa y en la construcción de un puente afuera de la entrada principal del puerto. El polvo puede también estarse generando por el descampado de áreas que después son usadas para el almacenamiento de contenedores. Muchas compañías han empezado a desarrollar este tipo de patios de maniobra sin cobertizo afuera del puerto para proporcionar una alternativa más económica a las compañías deseosas de almacenar mercancía por periodos más largos.[195] Estas áreas se establecen debido a la ausencia de estándares claros o requerimientos de planeación que bien podrían prevenir la generación y dispersión de polvo en el ambiente. En muchos casos, a pesar de que los problemas de polvo se le atribuyen a API Manzanillo, las compañías arriba descritas se encuentran fuera del control de API Manzanillo o de su jurisdicción y requieren el desarrollo de herramientas de monitoreo y control de parte del municipio.

El cambio climático tiene el potencial de exacerbar estos retos existentes y afectar de manera adversa la relación entre el puerto y la comunidad local. Las condiciones esperadas más cálidas y más secas bajo el cambio climático van a aumentar la generación de polvo. Más aún, el aumento del riesgo de inundaciones en el camino de acceso al puerto pudiera empeorar los problemas de congestión.

3.8.4.
Acciones de Adaptación

Teniendo en cuenta los riesgos identificados arriba, las siguientes medidas de adaptación:

Dengue

- Teniendo en cuenta las incertidumbres actuales sobre los efectos del cambio climático en la incidencia de casos de dengue en el futuro, se recomienda que API Manzanillo monitoree los casos y se asegure de ser notificado por las autoridades cuando el riesgo de brote de dengue sea alto. API Manzanillo debe asegurarse de que la comunidad portuaria esté al tanto del riesgo.
  - Los esfuerzos por la Comisión Federal para la Protección contra los Riesgos Sanitarios (Cofepris) para controlar la propagación del dengue incluye el monitoreo preventivo usando trampas de ovoposición (las cuáles pueden detectar poblaciones del mosquito Aedes y con ello actuar como una señal de alerta de un posible brote de dengue) y desarrollando relaciones de clima con salud que establezcan valores de umbral para las condiciones ambientales que favorezcan dichos brotes. La meta de la Cofepris es la de desarrollar un sistema de alerta temprana para el dengue, y para asegurarse de que la población ha sido informada de los riesgos.[196]

Golpes de calor

- API Manzanillo podría monitorear pronósticos del clima y publicar alertas a la salud por calor en las terminales cuando las temperaturas aparentes se prevea que excederán los umbrales mostrados en la Tabla 3.39.
- Las alertas podrían calificarse de acuerdo a la severidad del pronóstico (precaución, extrema precaución; peligro y peligro extremo), proporcionando notas de orientación a las terminales respecto a las medidas recomendables. Tales alertas de salud con respecto al calor están en ejecución en otros países, y podrían ser co-desarrolladas junto con la Cofepris.

Polvo dentro del puerto

- Dado que los niveles de polvo en el ambiente dentro del puerto tienen la posibilidad de aumentar debido al cambio climático, las medidas de supresión de polvo actuales que están en ejecución en las terminales y por API Manzanillo tendrán que ser revisadas para ver si no necesitan ser fortalecidas.

Puerto-Ciudad

Para asegurar el desarrollo harmónico de la ciudad-puerto, los desarrollos futuros se verán beneficiados de una colaboración más cercana entre las autoridades del puerto y del municipio buscando iniciativas integradas que busquen el beneficio mutuo.[197] Las autoridades del puerto y del municipio pueden desarrollar objetivos y actividades complementarios y tomar ventaja de las sinergias que pueden brotar de los esfuerzos conjuntos para prevenir el riesgo y para la gestión del riesgo. Como se comenta en los Objetivos Estratégicos 6 y 7 del Plan de Desarrollo Municipal de Manzanillo[198], la ciudad y el puerto deben co-existir de una manera armoniosa. Para lograrlo, el municipio de Manzanillo reconoce la importancia de la colaboración cercana entre la comunidad del puerto, las organizaciones locales y la Armada[xxxvi] para promover aún más el desarrollo en Manzanillo y proveer un soporte coordinado a las comunidades donde se requiera.[199] El manejo del polvo en los caminos fuera del puerto y los movimientos del tráfico para evitar el congestionamiento durante los eventos climáticos extremos serán aspectos importantes a considerar. En términos de cómo tales colaboraciones pueden resultar relevantes para la acción coordinada con respecto a la adaptación, el Municipio de Manzanillo se encuentra actualmente preparando una estrategia para incorporar criterios de cambio climático en sus pautas para su planeación territorial. Será importante para el puerto tomar en cuenta los elementos de esta estrategia cuando se formulen e implementen medidas de adaptación y, así mismo, es necesario comunicarle al municipio las necesidades de adaptación que pudieran requerir una acción coordinada con otros actores interesados en la ciudad y en la cuenca de captación del área portuaria.

3.9. Patrones de consumo y demanda

3.9.1. El enfoque de esta sección

Esta sección explora cómo el cambio climático puede afectar la importación y exportación de bienes comercializados a través de este puerto. Comienza con una revisión de las tendencias generales en el comercio global y también se revisa el comercio actual y proyectado a través del puerto. Acto seguido se provee un análisis de las relaciones existentes entre el PIB global, el PIB de los países clave con los cuáles se comercia así como el desempeño de negocios del puerto, a fin de evaluar la correlación entre estos factores. Esto lleva a un análisis de los impactos del cambio climático en el comercio y los efectos que se estima se tengan en los ingresos del puerto y en sus líneas de negocio claves.

Un resumen de los riesgos climáticos clave y las oportunidades para el puerto relacionadas a la demanda y al consumo se proporciona en la Tabla 3.39.

Evaluando los impactos económicos del cambio climático en la demanda y en los patrones del comercio global es una tarea ardua, en donde los impactos son difíciles de cuantificar debido a factores varios que afectan la dinámica comercial. El análisis aquí presentado ofrece estimaciones de alto nivel que se basan en la mejor bibliografía disponible, bases de datos con información del PIB mundial así como información respecto al puerto provistas por API Manzanillo.

También debe hacerse notar que esta sección no incluye información sobre los efectos que tendrán los objetivos en las reducciones de emisión de gases de invernadero así como de la legislación sobre cambio climático con respecto al comercio global (estos son discutidos brevemente en la Sección 3.11) ni tampoco revisa literatura versada en acuerdos comerciales existentes. Su principal objetivo es el de proveer un punto de referencia en los potenciales impactos del cambio climático que pudieran ser un apoyo al pensamiento estratégico de alto nivel necesario para el desarrollo futuro del puerto.

RESUMEN DE LOS PUNTOS CLAVES

- PIB global y flujos de ingresos en el Puerto están fuertemente correlacionados. Por cada reducción del 1% en el PIB Global los ingresos en el Puerto caen del 1.5%.
- Por este motivo el rendimiento económico del Puerto puede verse afectado por impactos del cambio climático en la economía mundial.
- Con base en los resultados del Stern Review, se estima que pérdidas en ingresos debido al cambio climático estén en el rango de entre -0.30% y -0.95% para la década de 2020 y del -0.38% al -1.88% para la década de 2050.
- Para mediados de la década de 2030 se podrían ver pérdidas de entre 4 y 10 millones MXN, y de entre 6 y 15 millones para mediados de 2040.
- Debido a la gran dependencia en flujos de comercio con países como China, Japón y Korea del Sur, los impactos climáticos en estas economías pueden afectar el rendimiento en el Puerto.
- En México el cambio climático podría afectar de manera negative la producción económica en los estados de Jalisco, Estado de México, Colima y Distrito Federal. Estos estados contribuyen el 65% de las importaciones y el 83% de los bienes exportados.
- Opciones de adaptación incluyen la diversificación de socios comerciales clave y una expansión en las líneas de negocios.
- La diversificación de socios comerciales clave puede ayudar a manejar posibles riesgos generados por reducciones de volumenes de comercios de paises que se vean más afectados por los impactos del cambio climático.
- El puerto puede explorer oportunidades para aumentar la importación de productos agrícolas en los que se vea una demanda alta en México pero donde la producción doméstica pueda verse afectada por el cambio climático, en particular el comercio del maíz.

TABLA 3.39

Riesgos en la demanda y en el consumo.

Riesgo	Umbrales y Percepciones	Variabilidad y cambio oceanográfico y de clima tanto presente como futuro	Descripciónde l Riesgo
Impactos del cambio climático en la economía global afectando el comercio en el puerto	• Impacto del cambio climático sobre el PIB global y los efectos asociados a los niveles de comercio global. • El costo económico promedio del cambio climático entre 2020 y 2080 puede variar entre 0.2% y 1.88% del consumo per cápita global por año.	• Impactos del cambio climático que afectan las actividades económicas a nivel mundial. • Incremento de gastos globales para lidiar con los riesgos climáticos.	• Impactos en el PIB global pueden afectar los flujos del comercio por vía marítima y por ende el ingreso del puerto, con pérdidas de ingreso proyectadas en un rango entre -0.30% y -0.95% para la década de 2020, entre -0.38% y -1.88% para la década de 2050 y entre -0.75% y -2.82% para la de los 2080s. • Un cambio en la distribución de la producción agrícola podría ofrecer oportunidades para desarrollar / fortalecer rutas comerciales con socios comerciales nuevos / existentes.
Impactos del cambio climático en las economías de los principales países con quienes el puerto mantiene lazos comerciales	• Impactos del cambio climático en las actividades económicas de los socios comerciales que afectan su productividad, PIB y flujos comerciales.	• Reducción en productividad agrícola de los socios clave tales como EEUU debido a las sequías e inundaciones, que se espera se intensifiquen en algunas partes de dicho país debido al cambio climático.	• Efectos en la demanda de servicios e instalaciones portuarios pueden a su vez tener efectos significativos en los ingresos del puerto y generarían oportunidades para desarrollar / fortalecer rutas comerciales.
Impactos del cambio climático en la economía de México	• Impactos del cambio climático en las actividades económicas de México que tengan una influencia en la importación y exportación de los bienes que se comercializan a través del puerto.	• La productividad agrícola de granos básicos tales como el maíz ya se ha visto afectada por sequías e inundaciones y podría seguir siendo afectada de forma adversa por el cambio climático.	• La disminución en la producción local de productos agrícolas clave tales como el maíz puede incrementar la dependencia de México en la importación de productos alimenticios, lo cual afectaría su seguridad alimentaria. El puerto podría verse beneficiado al recibir las importaciones de granos básicos como el maíz para satisfacer demanda interna.

Cambios en la distribución global de la producción de productos sensibles al clima (ej. Productos agrícolas)	• Entre 2005 y 2007 el precio mundial del maíz, trigo y canola ha casi duplicado en términos nominales[200]. • En los últimos años se han visto reducciones en el comercio global de productos agrícolas, en parte debido a condiciones climáticas adversas en los países productores, incluyendo los efectos de eventos meteorológicos extremos generados por cambios climáticos.	• Se espera que el cambio climático afecte de manera significativa la productividad agrícola alrededor del globo. • El rendimiento, calidad y los precios de productos agricolas son sensibles al clima. • Es muy probable que cambios en las temperaturas y precipitaciones lleven a un aumento de los precios de alimentos, se estima entre el 3 y el 84% para el 2050.	• Cambios en la distribución de la producción agrícola puede ofrecer oportunidades para desarrollar/fortalecer rutas con paises socios existentes/nuevos.

Fuente: Autores de este reporte

3.9.2. Tendencias en el comercio mundial

En los últimos 50 años, las exportaciones globales se han incrementado en forma notable, trayendo consigo un gran incremento en los flujos de comercio internacional (ver Figura 3.38), rebasando incluso el crecimiento económico global (Figura 3.39). Desde 1950, los volúmenes del comercio mundial han crecido casi 32 veces[201], cuatro veces el crecimiento de la economía mundial, la cual ha crecido por alrededor de un factor de ocho sobre el mismo período[202]. De igual manera la contribución del comercio mundial en el PIB mundial se ha visto incrementada pasando de 5.5% en 1950 a 21% en 2007[203]. Los factores que explican esta expansión en las actividades comerciales incluyen: cambios tecnológicos que han reducido los costos de transportación y de comunicación; el desarrollo de más políticas de apertura comercial e inversión; el desarrollo de acuerdos comerciales multilaterales y la reducción de barreras comerciales; y la proliferación de modelos de negocio que promueven el outsourcing, las actividades offshore y simplificación de suministros ("lean sourcing"). Además, los patrones de la demanda mundial están íntimamente ligados al crecimiento de las economías emergentes tales como India, Brasil y China.

El transporte marítimo juega un rol importante en el comercio mundial pues maneja más del 80% del volumen de todos los bienes comercializados y representa más del 70% del valor total del comercio mundial[204]. Con el tiempo, las embarcaciones se han hecho más grandes y más pesadas por lo cual necesitan que los puertos sean más eficientes y confiables. Asimismo, con el crecimiento de la población mundial y el consumo de bienes globalizados e intercambio comercial entre puntos muchas veces geográficamente distantes, la necesidad de servicios de transporte marítimo y una demanda de instalaciones portuarias que puedan dar cabida al creciente mercado de bienes de consumo tienen la perspectiva de mantener su dinámico crecimiento en las próximas décadas.

La crisis financiera de 2009 tuvo un impacto significativo en el comercio a nivel mundial, y el comercio por vía marítima también se vio afectado. El sector marítimo ha mostrado sin embargo signos de recuperación. A pesar de la crisis, el sector ha visto una expansión sustancial en su flota mundial de 37% entre 2008 y 2012.[207] El transporte de carga contenerizada se ha convertido en el principal medio de transporte marítimo, transportando alrededor del 90% del comercio global total en términos monetarios.

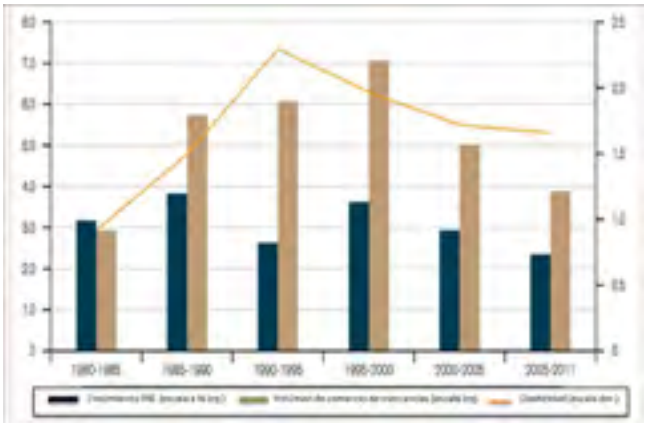
FIGURA 3.38

Incremento en la contribución del comercio al PIB mundial, 1950-2007.

Fuente: WTO UNEP, 2009 [205]

FIGURA 3.39

Crecimiento del PIB real y crecimiento del volumen mundial de comercio de mercancías, 1980-2011 (cambio porcentual anual) junto con la elasticidad inherente al comercio con respecto al PIB mundial.



Fuente: WTO, 2013 [206]

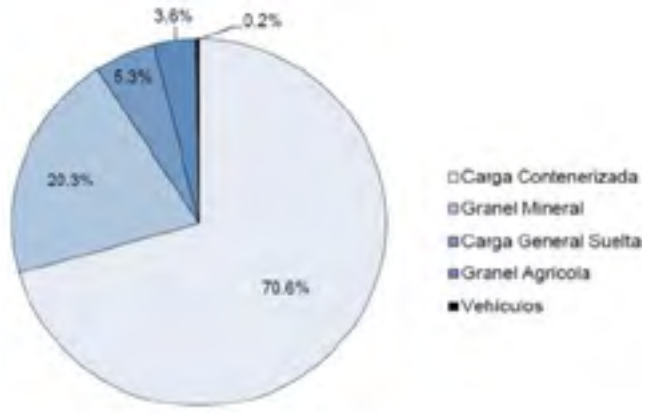
3.9.3. Comercio reciente y proyectado que pasa por el puerto de Manzanillo, sin los efectos del cambio climático

La ubicación geográfica del puerto de Manzanillo y su localización con relación a las rutas de transporte marítimo han ayudado a desarrollar el puerto como un importante hub en el tráfico regional. Asimismo, el puerto ha venido desarrollando sus garantías de calidad ("Marca de Calidad") como un mecanismo para diferenciarse de otros puertos en la región a fin de atraer a nuevos clientes, lo cual también se espera que ayude a incrementar sus flujos de tráfico en los años venideros. Estos factores junto con los patrones en el comercio global ofrecen oportunidades para la expansión del puerto y actúan como un incentivo para su posterior desarrollo de sus líneas de negocio claves.

EL puerto maneja la mayor parte de la carga con contenedores que cruza México (46% de todo el comercio de carga en México). En la transcurso de la próxima década, se proyecta que el intercambio comercial usando contenedores en el puerto tendrá un incremento a una tasa anual de crecimiento del 5.6 %[xxxvii]. Las mejoras a la red ferroviaria y carretera, mejoras en la capacidad de operación así como el desarrollo de las garantías de calidad antes citadas para los usuarios del puerto[xxxviii] generan un ambiente positivo para su competitividad futura. A 2011, la carga con uso de contenedores repre-

FIGURA 3.40

Intercambio comercial en el puerto (expresado en % de toneladas para 2011).



Fuente: API Manzanillo, 2014 [208]

sentaba más del 70% del total de bienes comercializados a través del puerto (ver Figura 3.40), con 1,860,601 TEUs siendo comercializados. Se tiene contemplado que se incremente el volumen hasta llegar a alrededor de 3,200,000 para 2022 (ver Tabla 3.40).casi multiplicando por dos el volumen de carga manejada en contenedores en un espacio de 10 años. En ese mismo periodo (2011-2022) también se espera que haya una expansión en el resto de las líneas clave de negocio del puerto (ver Figura 3.41).

China, Japón y Corea del Sur son los socios comerciales del país claves para el puerto de Manzanillo. Entre estos 3 países representan el 59% de todos los bienes exportados y 57% de todos los bienes importados. Socios regionales con cierta influencia incluyen Chile (origen del 12% de todas las importaciones) y Colombia (destino del 6% de las exportaciones totales) (ver Tabla 3.41).

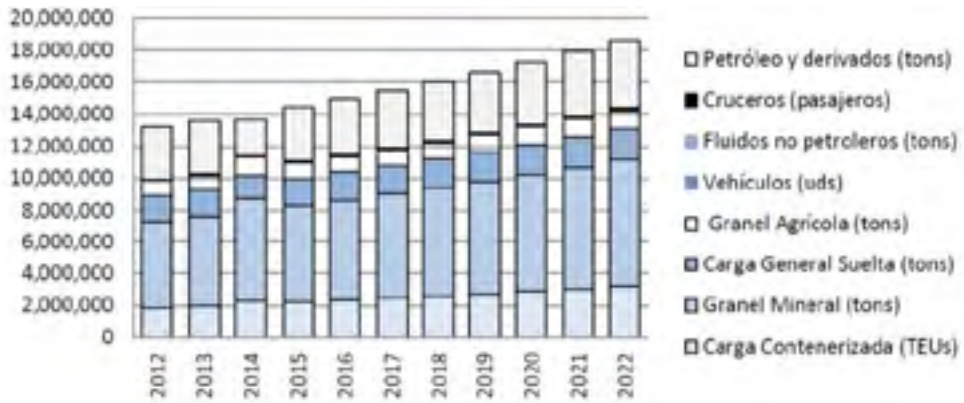
En términos del área de influencia del puerto dentro del territorio mexicano, los orígenes clave para las exportaciones incluyen al Distrito Federal, el Edo. De México y Colima, los cuáles en conjunto representan 83% de toda la producción para exportación. Los estados clave que reciben bienes importados a través del puerto incluyen el estado vecino de Jalisco así como el Distrito Federal, Colima y Aguascalientes, que en conjunto representan el 71% de todas las importaciones (ver Tabla 3.42).

3.9.4. Relación entre los ingresos comerciales del puerto, PIB mundial, el PIB de los socios comerciales clave y el PIB de México

Tal y como lo indica la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo (UNCTAD) y la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE), existe una fuerte correlación entre la producción industrial global, el crecimiento económico mundial y el comercio global y marítimo (ver Figura 3.42).[213] Algunos estudios muestran que el comercio por vía marítima y el Producto Interno Bruto (PIB) de los

FIGURA 3.41

Proyecciones de bienes comercializados que pasan a través del puerto. La información está disponible en unidades de volumen y no en cuanto a ingresos.



Fuente: API Manzanillo, 2012 [210]

TABLA 3.40

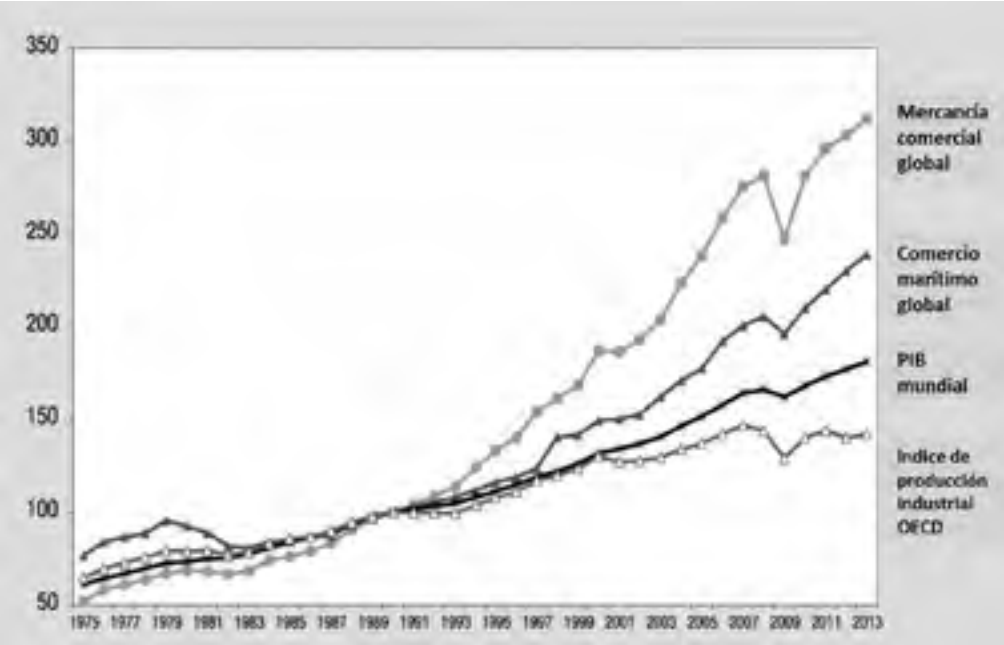
Incremento proyectado entre 2011 y 2022 para las líneas de negocio del puerto.

Línea de negocio	2011	2022	% incremento
Carga contererizada (TEUs)	1,762,508	3,198,014	81%
Carga mineral (T)	5,274,198	7,946,658	51%
Carga general suelta (T)	1,384,709	1,958,366	41%
Granel agrícola (T)	932,534	1,124,069	21%
Vehículos (unidades)	43,552	68,654	58%
Petróleo y otros derivados (T)	3,241,155	4,262,174	32%

Fuente: API Manzanillo 2012 [209]

FIGURA 3.42

La Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) Índice de Producción Industrial y los índices del PIB mundial, intercambio comercial y comercio por vía marítima (1975–2012) (1990 = 100).



Fuente: UNCTAD 2014 [215]

TABLA 3.41

Destinos internacionales de las exportaciones y el origen de las importaciones (respecto a su cuota en el comercio total de bienes).

Destino de las exportaciones	(% del total)	Origen de las importaciones	(% del total)
China	39	China	26
Japón	14	Corea del Sur	19
Corea del Sur	6	Japón	12
Colombia	6	Chile	12
Chile	5	E.E.U.U	10
Taiwán	4	Canadá	7
Perú	4	Taiwán	2
Panamá	4	Panamá	2
Costa Rica	3	Otros	12
El Salvador	3		
EEUU	3		
Otros	11		

Fuente: API Manzanillo, 2012 [211]

diferentes países están íntimamente correlacionados, en donde los países más grandes y prósperos poseen los niveles más altos de exportaciones e importaciones.[214]

La actividad económica es un factor determinante para la actividad del comercio por vía marítima y por ende del ingreso del puerto. Se puede afirmar por tanto que los cambios en el PIB global y en el PIB de socios comerciales clave de México afectarán el ingreso total de los puertos. Para investigar si esto aplica para el puerto de Manzanillo, la relación entre los registros históricos del movimiento de carga anual en el puerto[xxxix] se comparan con el PIB global, con el PIB de México y con el de los socios comerciales claves del puerto. Además la tendencia histórica para cada línea clave de negocios en el puerto se compara con las tendencias globales del PIB.

TABLA 3.42

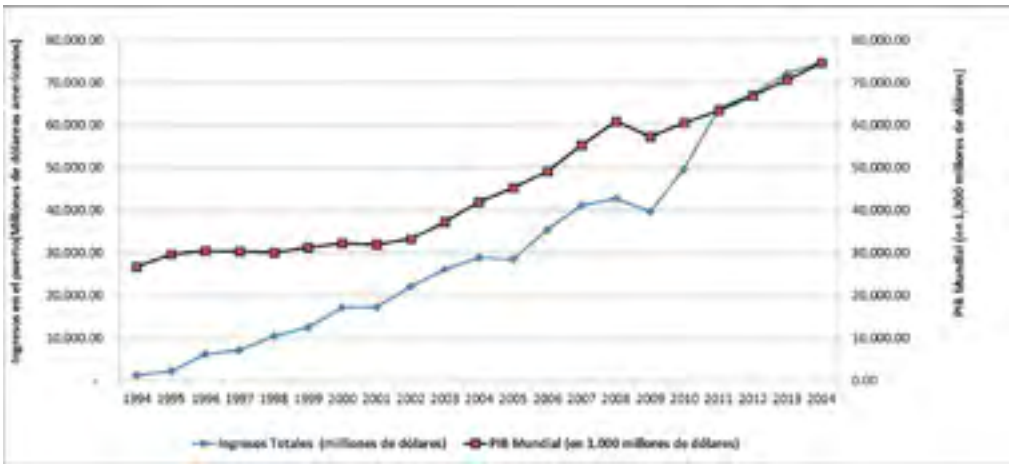
Destino de las importaciones y origen de las exportaciones dentro del Territorio Mexicano.

Destino de importaciones	(% del total)	Origen de exportaciones	(% del total)
Jalisco	47	Distrito Federal	45
Distrito Federal	11	Estado de México	26
Colima	7	Colima	12
Aguascalientes	6	Coahuila	6
Estados de México	4	Sinaloa	6
Otro	13	Nuevo León	2
		Otro	3

Fuente: API Manzanillo, 2012 [212]

FIGURA 3.43

Comparación entre el PIB global y el ingreso del puerto de Manzanillo de 1994 a 2014.



Fuente: Autores de este reporte

El análisis indica que el PIB global y el ingreso total del puerto han seguido un patrón similar, demostrando que existe una correlación entre la actividad económica global y el ingreso del puerto (ver Figura 3.43). Esta correlación se explora más a fondo en la sección 3.9.10, en el contexto de las implicaciones del cambio climático para el comercio global en el puerto. También hay una fuerte correlación entre el ingreso en el puerto y el PIB de México, Corea del Sur y China (ver Figura 3.44 y Figura 3.45), con coeficientes de correlación de 0.91, 0.95 y 0.91 respectivamente. La correlación no resulta tan evidente cuando se ve la relación entre el PIB global y el PIB de Japón (coeficiente de correlación de 0.29).

3.9.5. Relación entre el PIB mundial y las líneas de negocio clave del puerto

Las tendencias históricas para cada línea clave de negocio del puerto se han comparado con las tendencias del PIB global. Es evidente que los volúmenes de carga totales para cuatro de las líneas clave de negocio (a saber contenedores, granel mineral, carga en general y granel agrícola) siguen tendencias similares al PIB global y cuando se comparan una contra otra (ver Figura 3.46 y Figura 3.47).

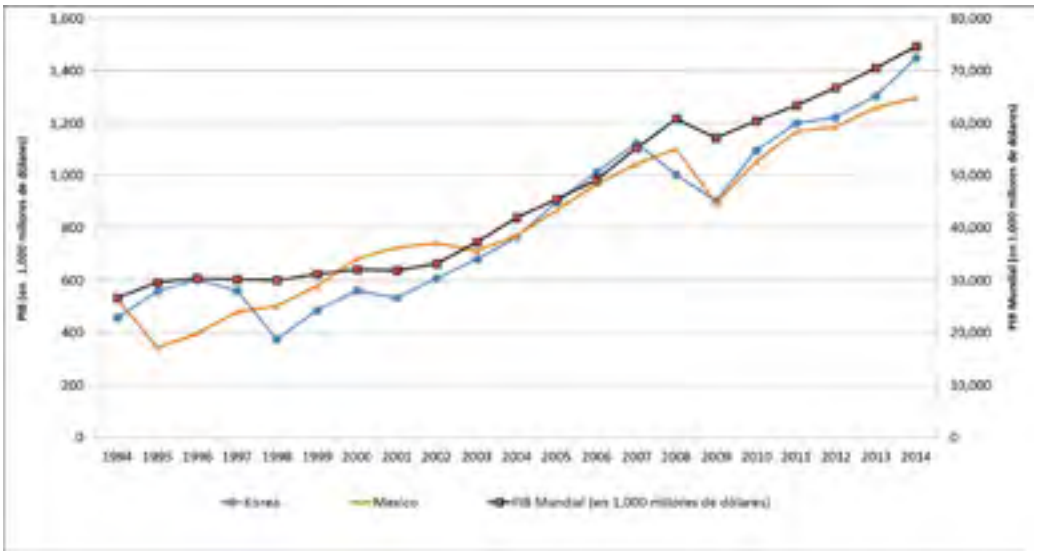
No se puede decir lo mismo con respecto a carga vehicular y para los productos petroleros, los cuáles no parecen seguir muy de cerca las tendencias del PIB global, excepto en 2009 cuando el tráfico decreció en ambas líneas de negocio, en paralelo a la crisis económica global (ver Figura 3.48).

3.9.6. Relación entre las tendencias en los precios globales del crudo y los productos petroleros

El análisis de la relación entre los precios globales del crudo y el comercio de petróleo que pasa por el puerto no parece demostrar una fuerte asociación entre ambos factores (coeficiente de correlación = -0.33, ver Figura 3.49). Basado en la falta de correlación entre el PIB global y los productos petroleros arriba citados, y dada la débil relación con relación a los precios del crudo, parece difícil predecir los flujos de comercio de los productos petroleros con base en las tendencias macroeconómicas. Esto nos indica que otros factores pueden estar incidiendo en el comercio de petróleo que pasa por el puerto.

FIGURA 3.44

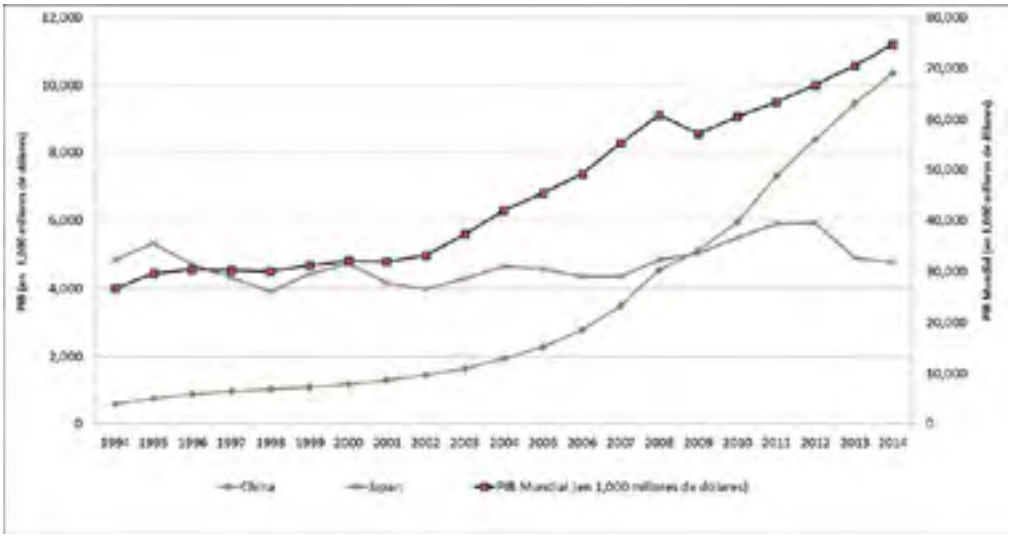
Comparación entre las tendencias de los PIB's de México y de Corea del Sur y el PIB global de 1994 a 2014.



Fuente: Autores de este reporte

FIGURA 3.45

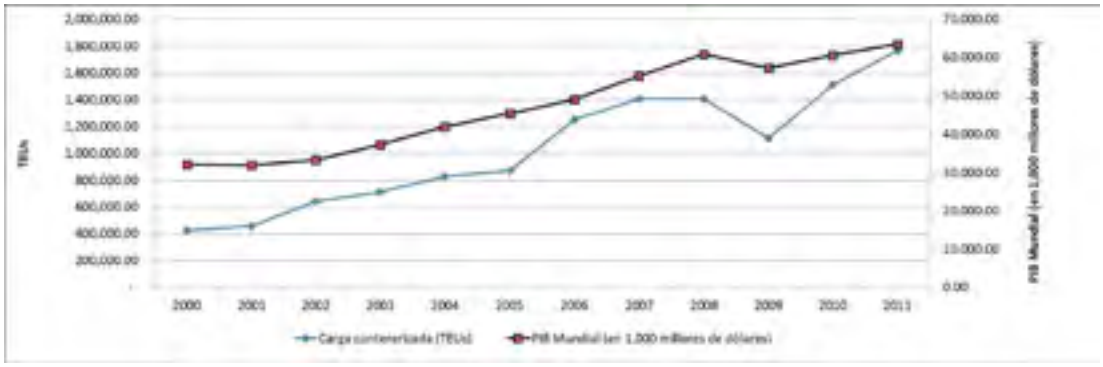
Comparación entre el PIB global y los respectivos PIB's de China y Japón de 1994 a 2014.



Fuente: Autores de este reporte

FIGURA 3.46

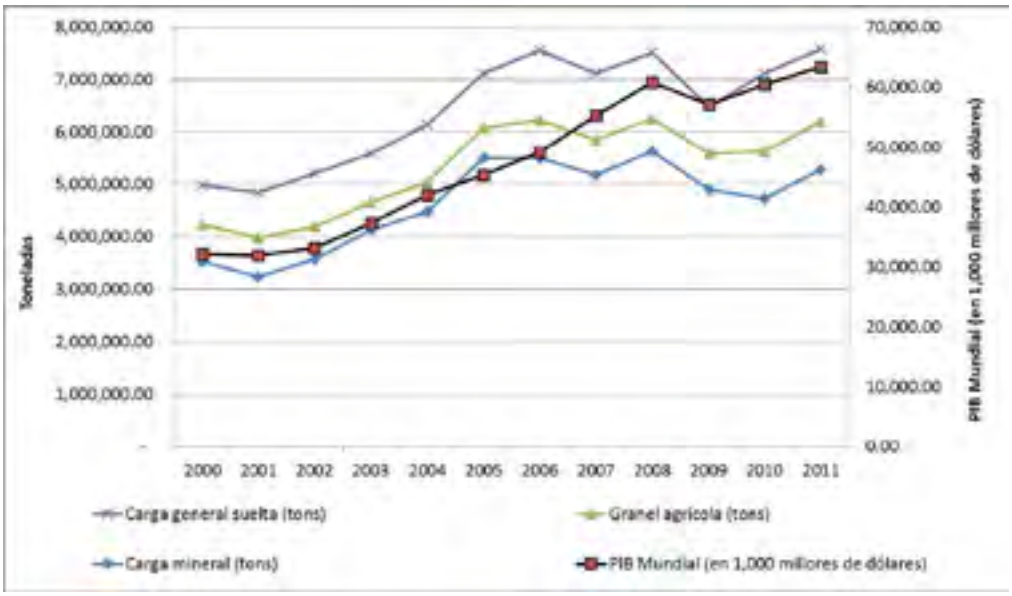
Comparación entre el PIB mundial y el movimiento de carga en contenedores en el puerto de 2000 a 2011.



Fuente: Autores de este reporte

FIGURA 3.47

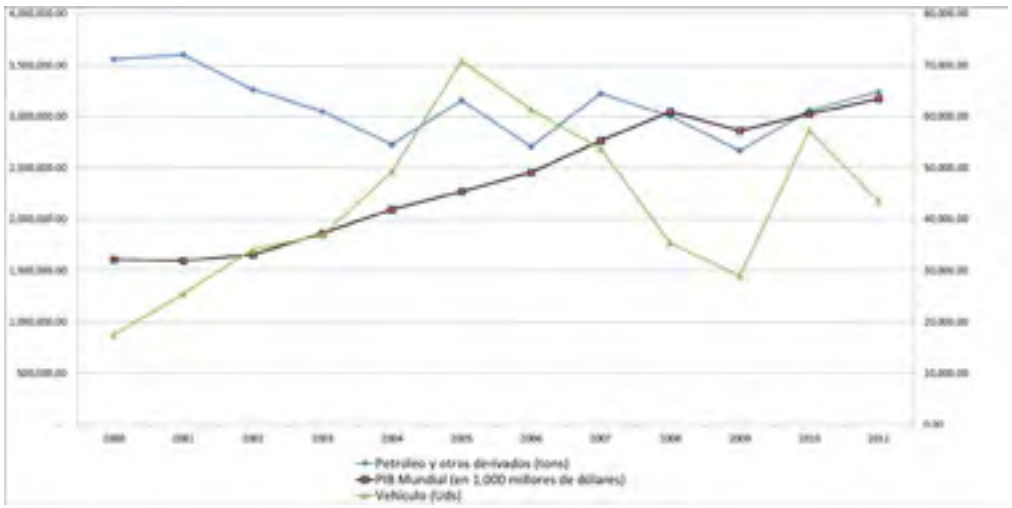
Comparación entre PIB mundial, y el movimiento de granel mineral, carga en general y granel agrícola que pasan por el puerto de 2000 a 2011.



Fuente: Autores de este reporte

FIGURA 3.48

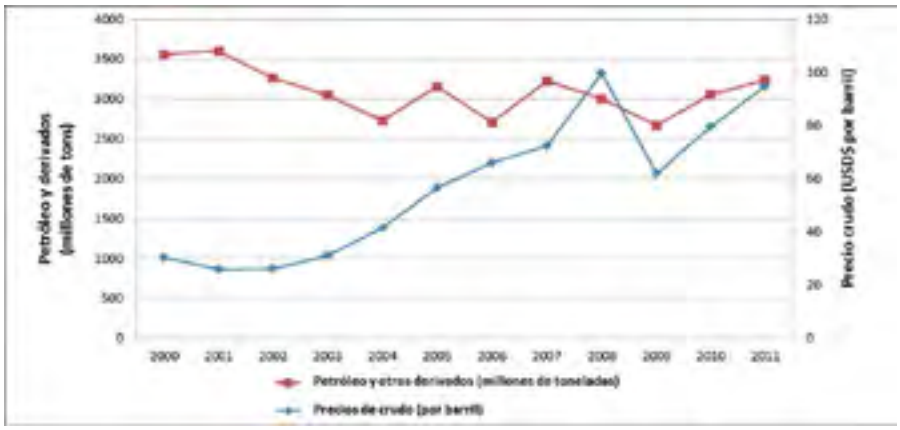
Comparación entre el PIB global y el movimiento de vehículos y de productos petroleros que pasaron por el puerto de 2000 a 2011.



Fuente: Autores de este reporte

FIGURA 3.49

Relación entre los precios globales del crudo y la comercio de productos petroleros que pasan a través del puerto de 2000 a 2011.



Fuente: Autores de este reporte

3.9.7. Impactos del cambio climático en la economía global

De acuerdo a estudios se espera que el cambio climático tenga un fuerte efecto en la economía global. Dadas las relaciones arriba descritas, estos impactos se verán reflejados en los niveles de comercio global por vía marítima, afectando el ingreso de los puertos.

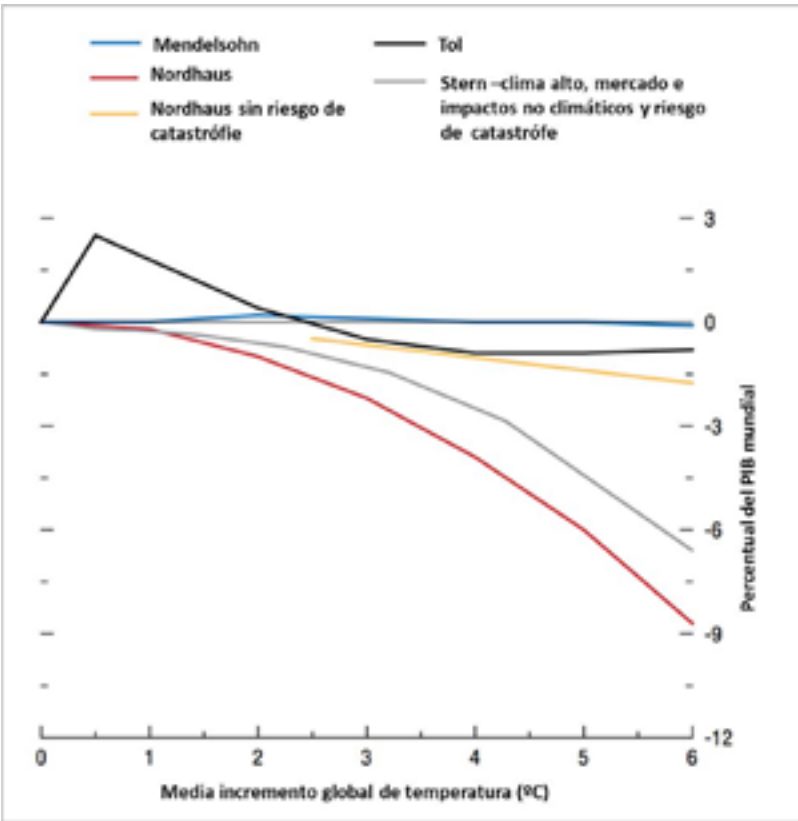
La mayoría de los estudios que intentan determinar los costos del cambio climático en la economía mundial basan sus análisis en función de los daños que típicamente relacionan incrementos en temperatura con pérdidas potenciales de PIB. Estudios clave de benchmarking proyectan pérdidas de PIB en un rango entre 0% y 3% cuando se pone como base un calentamiento de 3°C (basado en los niveles de referencia del periodo 1990-2000, ver Figura 3.50). La evaluación Stern sobre la Economía del Cambio Climático ('Stern Review 2007')[216] se mantiene como el estudio más comprensible de los impactos económicos del cambio climático si se tienen como base las condiciones actuales (es decir, de seguir haciendo las cosas de la misma manera, sin tomar ninguna medida para atender el cambio climático), y de los costos y beneficios que provienen de medidas de adaptación y mitigación. El análisis de Stern estima que bajo un "futuro con cambio climático por año, sin tomar medidas" el costo promedio del cambio climático entre 2020 y 2080 puede estar entre 0.2% y 1.88% del consumo global per cápita por año. El impacto estimado en el PIB global disminuye en la medida en que acciones de mitigación y adaptación son incorporadas en el análisis, tal y como se muestra en la Tabla 3.43. En el escenario "con mitigación y adaptación", los impactos en el PIB global son menos significativos, en un rango entre 0.05% y 1.00% del PIB global. Este escenario asume que los efectos del cambio climático son contrarrestados gracias a la adaptación y a la mitigación de tal manera que los costos económicos son completamente evitados del 2055 en adelante como resultado de la estabilización de las emisiones de carbono en alrededor de 500-550ppm CO_2e (partes por millón del equivalente en dióxido de carbono). Tal y como lo señala el IMF[217] y otros, estos estimados por lo general son incompletos y podrían estar subestimando los daños económicos totales provenientes del cambio climático y pasando por alto los resultados del peor de los escenarios.

3.9.8. Impactos del cambio climático en las economías de los países principales con los que existe intercambio de bienes que pasan por el puerto

Los países se verán afectados por el cambio climático en diferente medida de acuerdo a un determinado número de factores dentro de los cuáles se incluyen los siguientes:

FIGURA 3.50

Pérdidas en la media del PIB global como resultado del cambio climático para un rango de incrementos de temperatura global promedio. La pérdida media varía dependiendo de la metodología y la cobertura de los impactos y riesgos del cambio climático tomados en cuenta. En todos los estudios las pérdidas en el PIB se incrementan a mayor temperatura.



Fuente: Stern, 2007 [218]

- Tamaño y ubicación;
- Vulnerabilidades subyacentes (por ejemplo, países con déficits de adaptación existentes tales como un ingreso medio bajo que los hace más vulnerables al compararlos con países con un mayor PIB per cápita);
- Potencial de poseer capital de adaptación;
- Confiabilidad económica en ciertas industrias (por ejemplo países que dependen en gran medida en sectores sensibles al clima tales como la agricultura son los que serán afectados de manera más significativa).

Dado que el ingreso del puerto de Manzanillo también depende fuertemente de la actividad económica de socios comerciales clave, los impactos del cambio climático en la economía de estos países también deben contemplarse como un factor que afecte el ingreso del puerto.

China (aquí se hacer referencia a dicho país como La República Popular China[xl]), Japón y Corea del Sur son los tres socios comerciales clave del puerto de Manzanillo. Los países del Asia Oriental están expuestos a una variedad de retos relacionados con el clima debido tanto a su tamaño como a su ubicación. Los riesgos asociados al aumento del nivel del mar, ciclones e inundaciones resultan especialmente preocupantes. Se proporciona más adelante un breve resumen de la información disponible respecto a los costos económicos potenciales asociados a estos riesgos.

De acuerdo a un reporte publicado por el Banco de Desarrollo de Asia con respecto a la economía del cambio climático en Asia Oriental, de los tres países de interés, Japón y China se encuentran más vulnerables a los impactos del aumento del nivel del mar. Sin medidas de adaptación, el aumento del nivel del mar puede resultar en una migración forzada de 1 millón de personas de 2010 a 2050 en la República Popular China, con costos asociados de USD150 mil millones. Bajo un escenario de un aumento medio del nivel del mar, los impactos son de todos modos significativos: 500,000 personas desplazadas y los costos asociados de alrededor de USD86 mil millones. Los impactos económicos debidos

TABLA 3.43

Proyecciones del Stern Review (2006) de los impactos económicos del cambio climático para los años 2025, 2055 y 2085. (Los resultados se muestran como cambio de porcentaje en el consumo per-cápita global y tienen la intención de parecerse a los de 2020, 2050 y 2080).

Escenario			Pérdidas en PIB per cápita por año (%)		
Clima	Impacto económico	Año	Media (%)	5° percentil (%)	95° percentil (%)
Clima de referencia	Impactos de mercado + riesgo de catástrofe	2025	-0.20	NA[(a)]	NA
		2055	-0.25	NA	NA
		2085	-0.50	-0.01	-1
Clima alto	Impactos de mercado + riesgo de catástrofe	2025	-0.25	NA	NA
		2055	-0.50	NA	NA
		2085	0.75	-0.01	-1.75
	Impactos de mercado + riesgo de catástrofe + Otros impactos (no de mercado)	2025	-0.50	NA	NA
		2055	-1.0	-0.25	-1.75
		2085	-1.5	-0.75	-4
	Impactos de mercado + riesgo de catástrofe + Otros impactos (no de mercado) + juicios de valor para la distribución regional	2025	-0.63	NA	NA
		2055	-1.25	NA	NA
		2085	-1.88%	NA	NA
Escenarios Mixtos	Mitigación y adaptación[(b)]	2025	-0.055 [(c)]	NA	NA
		2055	-1 [(d)]	NA	NA
		2085	-1 [(e)]	NA	NA

Notas

- **(a) NA** = No disponible.
- **(b)** Estos escenarios incluyen los costos de adaptación y mitigación para 2050, pero solo los costos de mitigación de 2050 en adelante, ya que se asume que todos los impactos significativos se evitan a partir de ese punto. La meta de estabilización que se usó es de 500-550ppm CO_2e. (Debe hacerse notar que incluso con esta meta, habrá de todas formas impactos significativos en algunos sectores y regiones).
- **(c)** Los costos de adaptación de hacer infraestructura y construcciones nuevas que sean resilientes al cambio climático en los países de la OCDE.
- **(d)** El rango de -5% a +2%, dependiendo de la escala de mitigación requerida, ritmo de innovación tecnológica y eficiencia en la cual las políticas respectivas se aplican de manera global.
- **(e)** Rango que se extiende desde -15% hasta +4%, aunque con una incertidumbre significativa.

Fuente: Autores de este reporte

a la actividad ciclónica se estima que sean más altos en Japón y en Corea del Sur que en China continental. En promedio, el estudio estima que alrededor del 9% de la población en Japón y 18% de su población rural, así como un 4% de la población en Corea del Sur podrían vivir en áreas en las cuáles los incrementos en pérdidas económicas debido a ciclones sea de más del 1% del PIB local[219]. Japón, Corea del Sur y las áreas costeras de China continental también se verán afectados por inundaciones de corto plazo. En promedio, entre 18% y 22% de la población de estas regiones va a sufrir un incremento en las pérdidas anuales esperadas debidas a inundaciones de al menos 1% del PIB local[xli] para 2050.

Un estudio reciente realizado por Fundación DARA Internacional[220] proporciona estimados de los costos potenciales del cambio climático para China y Japón. El estudio señala que, si no se toman medidas de mitigación ni de adaptación, el costo a la economía nacional de China sería equivalente a 4.5% de su PIB por año en el periodo 2010-2100, el cual resultaría en pérdidas ligeramente más altas que la pérdida de PIB mundial promedio que también se menciona en ese mismo estudio (4.0%). El caso de Japón es un tanto diferente ya que el estudio sugiere una pérdida de PIB mucho menor que la del promedio global, situándose en 0.5% bajo el mismo escenario de "no tomar medidas" (ver Tabla 3.44).

3.9.9. Impactos del cambio climático en la economía de México

México se considera altamente vulnerable a la variabilidad climática y al cambio climático debido a sus características físicas (geografía, topografía y clima) y a su contexto socio-económico (ej. Planeación territorial, desarrollo urbano, inequidad social y pobreza). Adicionalmente, muchos de los parques industriales ubicados en el país sufren de altos niveles de estrés hídrico.

Sequías, inundaciones y ciclones tropicales en particular, han sido los eventos relacionados al clima más perniciosos y que afectan más a la economía del país. El impacto combinado de las inundaciones, tormentas y huracanes para el año 2010 se estima fueron de más de 69,000 millones de pesos (USD5.3 millones)[222]. En ese mismo año, los déficits de agua en las regiones productivas del país resultaron en pérdidas de más de 15,000 millones de pesos, debido principalmente a pérdidas en cultivos de frijol y maíz así como en pérdidas en ganado[223]. En 2011, las condiciones de las heladas atípicas tuvieron como resultado pérdidas por más de 30,000 millones de pesos en el sector agrícola[224]. La sequía que afectó al país entre 2011 y 2012 y que resultó ser la mayor de la que se tenga registro en los pasados 70 años resultó en pérdidas económicas de 16,000 millones de pesos.[225]

Con el cambio climático, se proyecta que las temperaturas se incrementen a lo largo del país. Se esperan decrementos en la precipitación total anual, pero a su vez se espera que eventos meteorológicos intensos (sequías y eventos de lluvias intensas) empeoren. Además existe un alto riesgo de inundaciones en ciertas zonas costeras debido al aumento de los niveles del mar y marejadas así como potencialmente una mayor incidencia de enfermedades vectoriales que tienen originados por cambios en los patrones de lluvia y en incrementos de temperatura.[226] Sin adaptación, estos impactos podrían causar pérdidas significativas a la economía del país. El Banco Mundial estima que hasta un 71% del PIB de México tiene un alto riesgo ante los impactos adversos generados por el cambio climático.[227] Resultados presentados por SEMARNAT (2009) sugieren que los costos debidos al cambio climático que afecten a la economía mexicana podrían ser alrededor de 3.2% del PIB para la década de 2050 y de hasta 6.2% del PIB para el final de este siglo.[xlii]

3.9.10. Impactos del cambio climático en el comercio que pasa por el puerto

Esta sección tiene el objetivo de proveer estimados de alto nivel de los impactos generados por el cambio climático en el comercio a futuro en el puerto. Para ello se hace uso de proyecciones en el comercio que pasa por el puerto provistas por API Manzanillo y se aplican cambios a éstas, basados en la relación observada entre el PIB global y el ingreso del puerto, y usando los estimados de Stern que ilustran los impactos del cambio climático en el PIB global.

Los estudios citados en las secciones 3.9.8 y 3.9.9 proporcionan una perspectiva útil respecto a los impactos económicos potenciales originados del cambio climático tanto en el país como en sus socios comerciales clave. Sin embargo, este análisis utiliza las estimaciones globales de Stern ya que su estudio provee datos para las décadas de 2020, 2050 y 2080, mientras que el estudio de la Fundación DARA Internacional proporciona las pérdidas en PIB para un periodo general comprendido entre 2010 y 2100 y las estimaciones del estudio de Banco de Desarrollo de Asia ofrecen periodos entre 2010 y 2050. Más aún, el estudio de Banco de Desarrollo de Asia proporciona información de tres de los principales socios comerciales del puerto (China, Japón y Corea del Sur) los cuáles en conjunto representan el 59% de los bienes exportados y 57% de los bienes importados, mientras que el estudio de la Fundación DARA Interna-

TABLA 3.44

Análisis Costo y Beneficio de los impactos económicos del cambio climático. Análisis costo beneficio regional 2010-2100. Porcentaje global (nominal) del PIB, Valor Neto Presente a tasa de descuento del 3%.

		Clima + Costo de Carbón			Nivel de acción más alto	
Región	**Sin acción**	**Nivel más alto de acción (400ppm)**	**Nivel de acción alto (450 ppm)**	**Nivel de acción moderado (550ppm)**	**Costos evadidos**	**Costos de mitigación**
USA	3.0	1.0	1.00	1.5	2.0	1.5
Japón	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Rusia	4.5	1.5	2.0	2.0	3.0	2.0
China	4.5	2.0	2.5	2.5	2.5	2.0
India	11.0	5.0	6.5	6.5	6.0	3.0
EU27	1.0	0.5	0.5	0.5	0.5	1.0
ROW	8.5	3.5	4.5	4.5	5.5	2.0
Mundo	4.0	1.5	2.0	2.0	2.5	1.5

Fuente: Fundación DARA Internacional, 2012 [221]

Nivel de acción alto		Nivel de acción moderado		Beneficio Neto		
Costos evadidos	Costos de mitigación	Costos evadidos	Costos de mitigación	Nivel más alto de acción	Nivel de acción alto	Nivel de acción modrado %
2.0	1.0	1.5	0.5	0.5	1.0	1.0
0.5	0.5	0.5	0.5	0.0	0.0	0.0
3.0	2.0	2.5	2.5	1.0	1.0	0.0
2.5	1.5	2.0	1.0	0.5	1.0	1.0
5.5	2.0	4.5	0.5	3.0	3.5	4.0
0.5	0.5	0.5	0.5	0.0	0.0	0.0
5.0	1.0	4.5	0.5	3.5	4.0	3.5
2.0	1.0	2.0	0.5	1.0	1.0	1.0

cional solo provee información de dos (Japón y China), que representan el 53% de las exportaciones y el 38% de las importaciones. Un análisis de los impactos del cambio climático en los flujos de comercio futuros del puerto basados completamente en esos tres países proporcionaría por tanto una imagen algo incompleta del contexto económico que atrae el ingreso del puerto. Finalmente, es importante recalcar que el rango de estimaciones de la pérdida de PIB provista en el Stern Review se encuentra dentro del rango de pérdidas de PIB que se estiman en el estudio de la Fundación DARA Internacional para Japón y China.

3.9.11. Impactos del cambio climático en el comercio total

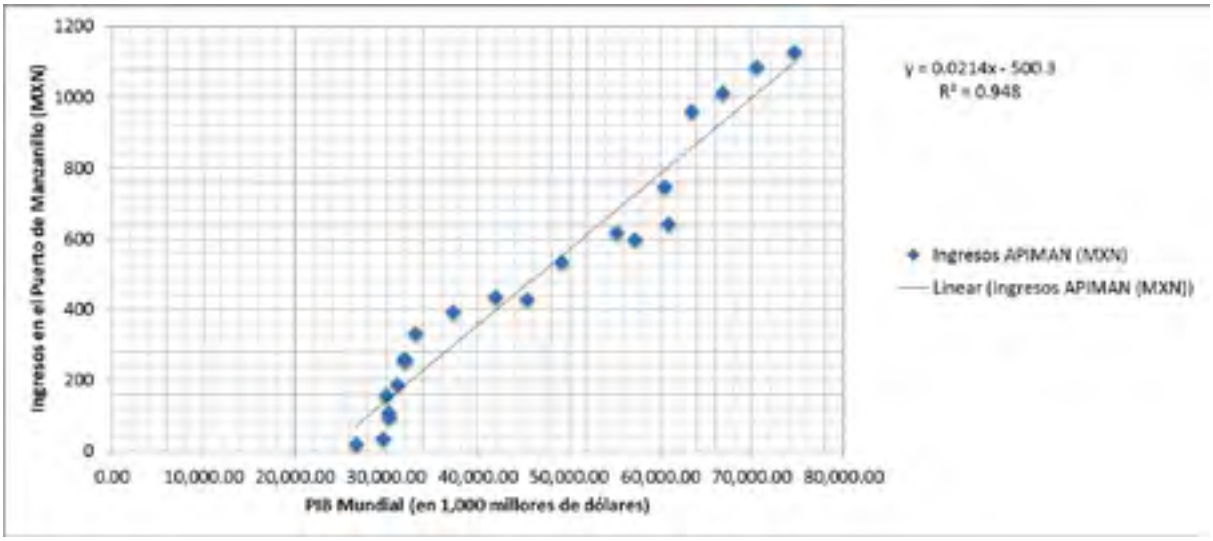
Tomando en cuenta la fuerte correlación entre el PIB global y los flujos de ingreso del puerto (coeficiente de correlación = 0.948, ver Figura 3.51) se puede concluir que los impactos debidos al cambio climático en la economía mundial pueden afectar directamente el comercio que pasa por el puerto. La elasticidad[xliii] del ingreso del puerto es cercana a 3 (esto es, un incremento de 1% en el PIB mundial conlleva un incremento de 3% en el ingreso del puerto). De igual manera, una reducción de 1% en el PIB mundial conlleva una reducción del 1.5% en el ingreso del puerto.

Evidentemente existen otros factores que afectan las fluctuaciones en los movimientos de carga y su correspondiente ingreso en el puerto. Como se ha mencionado previamente, no todas las líneas de negocio se correlacionan íntimamente con el PIB mundial y hay factores tales como la competencia con otros puertos, las relaciones con los clientes y las circunstancias socio-económicas prevalentes en los países que son socios comerciales clave que también afectan los ingresos del puerto. Es por tanto todo un reto el inferir cambios en tales ingresos a partir de cambios en el PIB mundial debido a los impactos por el cambio climático. De igual manera hay una considerable incertidumbre respecto a los impactos económicos del cambio climático.

De todas formas, al aplicar los estimados de Stern (Tabla 3.45) a la relación observada entre el PIB global y el ingreso del puerto se pueden obtener el promedio de las pérdidas de ingreso proyectadas en el puerto las cuáles se encuentran en un rango de entre -0.30% y -0.95% para la década de los 2020, de entre -0.38% y -1.88% para la década de los 2050 y de entre -0.75% y -2.82% para la década de los 2080 (ver Tabla 3.45). Estas proyecciones han sido aplicadas a las proyecciones de ingresos para el puerto y los resultados se resumen en la Figura 3.52 y 3.53. Indican que, para mediados del 2030, el puerto podría ser sujeto a pérdidas de ingresos de 4,000,000 a 10,000,000 MXNy de 6,000,000 a 15,000,000 MXN para mediados de la década de 2040.

FIGURA 3.51

Análisis de la correlación entre el PIB global y el ingreso en el puerto de Manzanillo en el periodo 1994-2014.



Fuente: Autores de este reporte

TABLA 3.45

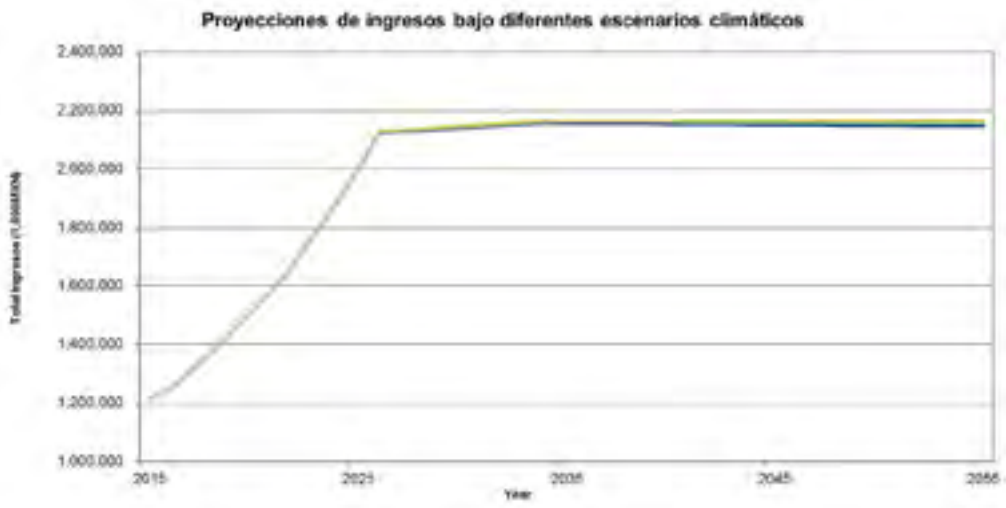
Efectos estimados de pérdidas en el PIB mundial debidas al cambio climático (según Stern) en el ingreso del puerto (% cambio) para las décadas de los 2020s, 2050s y 2080s.

Clima	Impacto económico	Year	Promedio (%)	5º percentil (%)	95º percentil (%)
Clima de Referencia	Impactos de Mercado + riesgo de catástrofe	2025	-0.30	NA	NA
		2055	-0.30	NA	NA
		2085	-0.75	NA	-1%
Clima Alto	Impactos de Mercado + riesgo de catástrofe	2025	-0.38	NA	NA
		2055	-0.75	NA	NA
		2085	1.1	-0.01	-1.75
	Impactos de Mercado + riesgo de catástrofe + impactos que no son de mercado	2025	-0.75	NA	NA
		2055	-1.5	-0.25	-1.75
		2085	-2.3	-0.75	-4%
Escenarios mixtos	Impactos de Mercado + riesgo de catástrofe + impactos que no son de mercado + juicios de valor para una distribución regional	2025	-0.95	NA	NA
		2055	-1.9	NA	NA
		2085	-2.82%	NA	NA
	Mitigación y adaptación	2025	-0.08%	NA	NA
			-0.75%	NA	NA
		2055	-1.50%	NA	NA
		2085	-1.50%	NA	NA
Notas: NA = No Disponible					

Fuente: Autores de este reporte

FIGURA 3.52

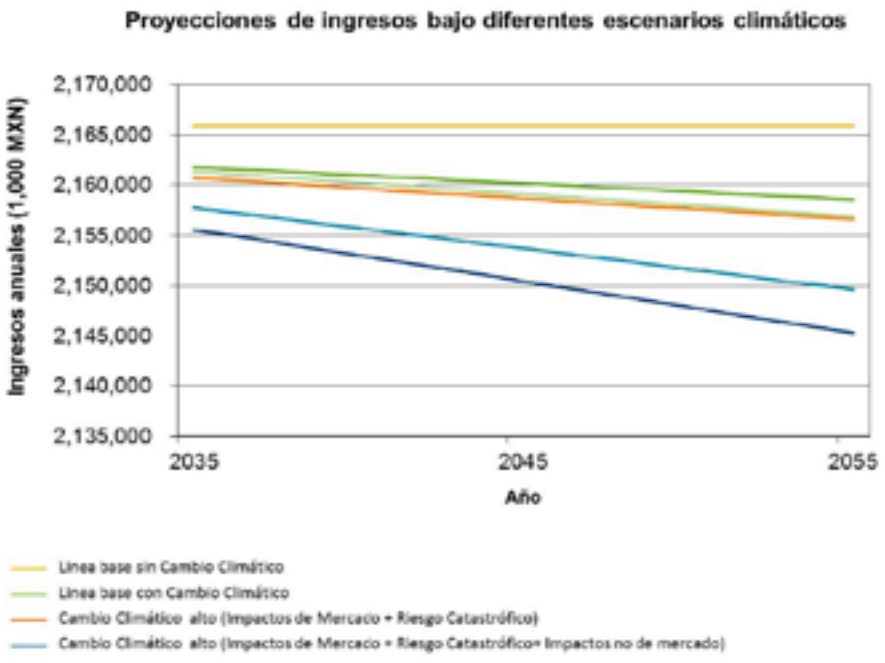
Efectos de perdidas en el BIP mundial generadas por el cambio climático (de la Stern Review) en los ingresos del puerto (1,000 MXN) de 2015 a 2055.



Fuente: Autores de este reporte

FIGURA 3.53

es como Figura 3 52 pero mostrando el periodo 2035 a 2055 solamente.



Fuente: Autores de este reporte

3.9.12. Impactos del cambio climático en carga contenerizada y carga en general

El comercio marítimo internacional de carga contenerizada se ha expandido en las pasadas décadas, siguiendo de cerca las tendencias en el crecimiento económico mundial. Las APIs federales en México ponen énfasis en la importancia de este tipo de carga, la cual presenta el más alto valor agregado y la más alta demanda a nivel global. Esto ha traído consigo inversiones crecientes en México que coadyuvan a la expansión de esta línea de negocios. Pronósticos futuros de movimientos de carga por contenedor que pasan por el puerto de Manzanillo proyectan un crecimiento de 5.6% en el transcurso de la siguiente década.

En contraste, la carga general que pasa por el puerto ha visto un decremento en su volumen total. Se pronostica que el crecimiento anual futuro de esta línea de negocios sea de 1.9% por año en el transcurso de la siguiente década.

Tal y como se muestra en la Sección 3.9.5, la carga por contenedor y la carga en general muestran fluctuaciones similares al PIB global (ver Figura 3.46 y Figura 3.47). Es por ello razonable aplicar los cambios porcentuales generados por el cambio climático que se muestran en la Tabla 3.45 a estas dos líneas de negocio. Los resultados de este análisis para el año 2025 se muestran en la Tabla 3.46. Dicho análisis usa el 'escenario medio' de los movimientos de carga proyectados para 2025 provistos por API Manzanillo[228] y aplica el escenario de impacto del cambio climático más alto según Stern ('Impactos de Mercado + riesgo de catástrofe + impactos que no son de mercado + juicios de valor para una distribución regional').

También es posible que la producción y la demanda para tipos específicos de carga contenerizada y carga general sea particularmente sensibles al clima por encima de los estimados de Stern. Esto podría pasar, por ejemplo, con respecto a productos alimenticios. Considerando que hay un amplio rango de posibles tipos de carga, este tema no se contempla en mayor detalle.

3.9.13. Impactos del cambio climático en el granel mineral

El comercio mundial de minerales y de productos metalúrgicos ha visto un incremento significativo, en particular con el crecimiento de las actividades manufactureras en las economías emergentes tales como India y China.

TABLA 3.46

Impactos estimados del cambio climático en el movimiento de carga contenerizada y de carga general en 2025 en el peor escenario según del estudio de Stern.

Tipo de Carga	Pronóstico de movimientos de carga sin considerar cambio climático (2025, escenario medio) (Tm) (a)	Cambio debido al cambio climático		Pronóstico de movimientos de carga (2025, con cambio climático) (Tm)
		% (b)	Tm (b)	
Carga en contenedores	43,102	-1.5	-647	42,455
Carga en Gral.	2,297	-1.5	-34	2,263

Notas:

Provisto por API Manzanillo

Usando el escenario de Stern "Impactos de Mercado + riesgo de catástrofe + impactos que no son de mercado + jucios de valor para la distribución regional"

Fuente: Autores de este reporte

En México, alrededor de 15 compañías manejan más del 90% del granel mineral que se comercializa a través de las APIs Federales y mientras que el comercio de mineral esté ligado a la industria nacional en general, también estará fuertemente determinado por el comportamiento de estas compañías.

El puerto comercializa aproximadamente 20% del granel mineral que se transporta a través del Pacífico (casi 5.3 mil millones de toneladas en 2011), mayormente hierro proveniente de la mina Peña Colorada al norte del puerto, en el estado de Colima. De acuerdo a la Secretaría de Economía, Colima y Jalisco produjeron alrededor de 3 millones de toneladas y 400,000 toneladas de mineral de hierro respectivamente en 2010. La consolidación de la producción en este sector y las proyecciones futuras de explotación sustentable de los recursos mineros de México son pilares importantes para el crecimiento del puerto. La tasa de crecimiento medio anual en el comercio de granel mineral que pasa por el puerto entre 2000 y 2011 fue de 3.7%. API Manzanillo pronostica un incremento en el comercio de granel mineral de 4.9% por año en el transcurso de la siguiente década.[229]

El cambio climático tiene el potencial de afectar todos los aspectos de la producción mineral y de su comercio, partiendo de la exploración, extracción, producción y embarque en las industrias minera y de extracción. La industria minera ha empezado a reconocer estos impactos y la posibilidad de que incrementen los costos en infraestructura, operaciones y transporte.[230,231]

El hecho de que más del 90% del tráfico de minerales en México sea manejado por solo 15 compañías plantea la pregunta de qué tanto puede afectar el que una o varias de estas empresas presente cambios drásticos en su operación, que a su vez afecten el movimiento de minerales que pasan a través del puerto.

Sin embargo, el PIB global continuará siendo un factor determinante en el comercio de granel mineral, en particular en relación a la demanda para materiales de construcción y para actividades industriales y metalúrgicas en los países importadores. Puede por tanto inferirse que los impactos del cambio climático en el PIB mundial podrían afectar el comercio de granel mineral de la misma manera que pasa con la carga contenerizada y la carga general (ver Sección 3.9.12 arriba). Siguiendo la misma mecánica, los estimados de alto nivel de los impactos potenciales del cambio climático en la carga de granel mineral en 2025 siguiendo el escenario alto de Stern son provistos en la Tabla 3.47.

3.9.14. Impacto del cambio climático en el comercio de granel agrícola

El comercio de granos se ve influenciado por varios factores de oferta y demanda, incluyendo: productividad de la tierra, costos de los insumos para la agricultura (gasolinas y fertilizantes); crecimiento de la población

TABLA 3.47

Impactos estimados debidos al cambio climático en el movimiento de granel mineral en 2025 bajo el peor de los escenarios de Stern.

Tipo de carga	Pronósticos de movimientos de carga sin cambio climático (2025, escenario medio) (Tm) (a)	Cambio debido al cambio climático		Pronósticos de movimientos de carga (2025, considerando cambio climático) (Tm)
		% (b)	Tm (b)	
Granel Mineral	12,846	-1.5	-193	12,653

Notas:

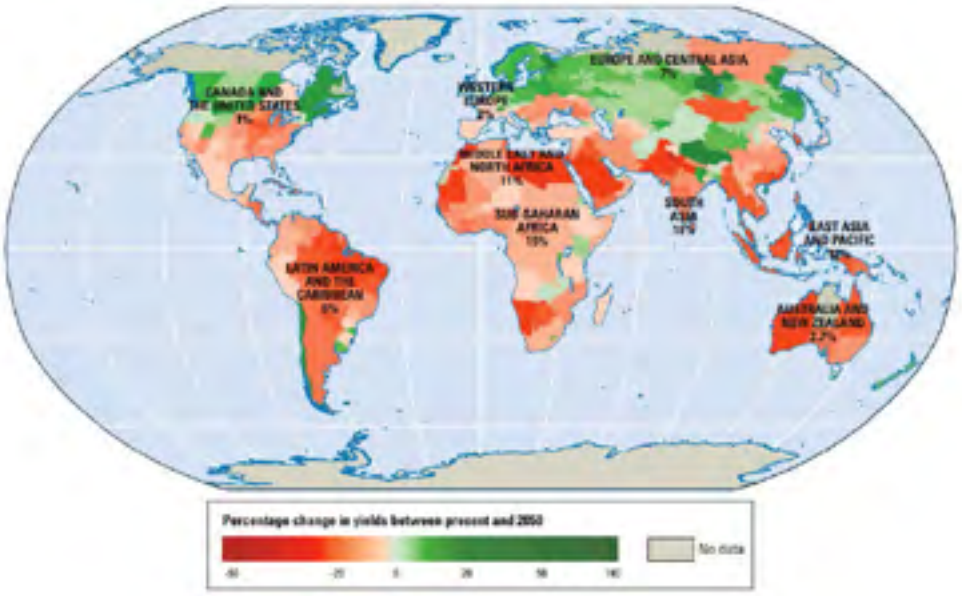
a) Provisto por API Manzanillo

b) Usando el escenario de Stern "Impactos de mercado + riesgo de catástrofe + impactos que no son de mercado + juicios de valor para la distribución regional"

Fuente: Autores de este reporte

FIGURA 3.54

Cambio porcentual proyectado en la producción de once diferentes cosechas (arroz, trigo, maíz, mijo, chícharo, remolacha, camote, soya, semillas de girasol, cacahuates y cánola) de 2046 a 2055 si se compara con el periodo 1996-2005.



Fuente: Müller, 2009 [241]

y de ingresos per cápita; tendencias en la dieta en las economías emergentes; y el precio del crudo (dado su efecto en la demanda de los bio-combustibles).[232]

México es el octavo importador más grande de productos agro-alimenticios en el mundo[233] y el segundo importador más grande de trigo en la región de Latinoamérica.[234] Para el año 2010, las importaciones de productos agrícolas representaban 43% del porcentaje total de la demanda doméstica.[235]

Entre 2005 y 2007 los precios mundiales de las cosechas de semillas oleaginosas estuvieron cerca de duplicarse en términos nominales.[236] En años recientes se han visto reducciones en el comercio global agrícola, particularmente en granos. Esto podría ser debido en parte a condiciones climáticas adversas en los países productores, incluyendo los efectos de los eventos climatológicos extremos inducidos por el cambio climático. El año 2012 fue un año particularmente precario para el comercio de granos debido a sequías severas que afectaron las cosechas en los principales países productores y exportadores, (los Estados Unidos, la Federación Rusa, Kazakstán, Ucrania y Australia) lo cual trajo consigo una contracción significativa en la producción agrícola.[237]

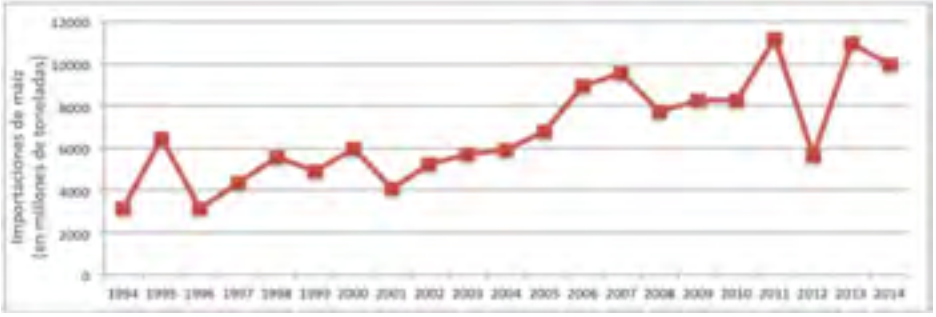
Se espera que el cambio climático afecte significativamente la producción total agrícola de los países alrededor del mundo (ver Figura 3.54).[238] La producción, la calidad y los precios de los productos agrícolas son sensibles a las condiciones del clima y se considera muy probable que los cambios en temperatura y precipitación traigan consigo incrementos en los precios de los alimentos con incrementos estimados que se sitúen entre 3 y 84% para el año 2050.[239]

Los costos de transporte pueden variar considerablemente entre los diferentes productos agrícolas y entre los diferentes países de origen y sus respectivos destinos y pueden mostrar un impacto significativo en los precios de los productos.[240] De igual manera, cambios en la distribución geográfica de los países importadores y exportadores puede afectar los costos de transporte de los productos agrícolas y esto a su vez afectaría sus precios.

El granel agrícola representa alrededor del 6% del total del movimiento de carga de las APIs en México, pero el volumen total que se comercializa por mar también depende del costo de embarque. Cuando se dan costos altos, la transportación migra a otros medios de transporte tales como el tren. Los granos son el principal producto agrícola que se comercializa a través del puerto de Manzanillo. Estos se importan principalmente de EEUU y Canadá, y tienen como destino principal los estado de Jalisco y el Edo. de México en donde ciertos bienes se procesan y distribuyen alrededor del país. De todo el granel agrícola que se comercializa a través del puerto, 75% es cánola que se importa de Canadá, mientras que el resto lo constituyen productos tales como la soya, la avena, el azúcar, el trigo y el azúcar mascabado. El puerto también exporta azúcar refinada y azúcar mascabado, aunque esto no ocurre todos los

FIGURA 3.55

Importaciones de maíz en México por año (1994-2014).



Fuente: Index Mundi, 2014 [253]

años, y está sujeto a los costos relativos de las rutas de transporte marítimas y terrestres y del precio del azúcar. Se proyecta que el incremento en el comercio de productos agrícolas que pasan por el puerto sea de 2% por año en el transcurso de la siguiente década[242], es por ello que las instalaciones actuales del puerto para manejar estos bienes son suficientes para garantizar la operación en el corto y mediano plazos. El volumen de cánola que se importa depende del "consumo aparente" de cánola en el país[xliv]. Sin embargo, hay factores importantes tales como: la tasa de cambio entre el peso mexicano y el dólar estadounidense, el PIB de países del foreland y regiones tierra adentro involucradas en el comercio, la producción agrícola en EEUU y Canadá; y precios relativos de transportación de granel agrícola seco por mar vs. tierra.[243]

Los efectos del cambio climático en la producción futura de cánola en Canadá están todavía por verse. La mayoría de los estudios apuntan a incrementos potenciales en la producción en las provincias que conforman las praderas canadienses (Manitoba, Saskatchewan, y Alberta)[xlv] y el desarrollo potencial de nuevas áreas que podrían albergar más producción (tales como la Columbia Británica).[244] Algunos estudios proyectan incrementos en la producción de las cosechas en la región de Saskatchewan como resultado de temperaturas más cálidas y primaveras más tempranas[245] aunque las temperaturas más altas que el promedio durante el verano también conducen a una producción más baja debido al estrés que provoca el calor.[246] Mientras algunos estudios estiman temperaturas máximas críticas de alrededor de 29°C[247] para las cuáles la producción se ve disminuida, otros sugieren que los incrementos de temperatura tendrán efectos insignificantes en la producción de cánola y podrían afectar solamente la variabilidad de la producción.[248] En términos de los efectos potenciales asociados con las tendencias de las precipitaciones pluviales, algunos estudios sugieren que precipitaciones más altas en el futuro podrían traer consigo incrementos en la producción de cánola en las provincias de Praire.

Para México como país, el maíz es el cultivo más importante, y ocupa el 50% del total de la tierra cultivable en el país. En fechas recientes, y a pesar de cambios estructurales para incrementar su producción doméstica, ha habido un incremento en el total de sus importaciones (ver Figura 3.55). Después de Japón, México es hoy en día el segundo país que más maíz importa.[249] EEUU representan hoy en día el principal fuente de las importaciones[250,251] de dicho grano, y dado que las temperaturas se están elevando debido al cambio climático, el maíz está reemplazando al trigo en algunas partes del norte de EEUU y Canadá donde antes no podía ser cultivado. Lo que es más, algunos estudios sugieren que habrá una diversificación de las fuentes de importación para México que incluirá países tales como Brasil y Sudáfrica,[252] y algunos nuevos mercados podría desarrollarse para la importación de maíz amarillo, (una variedad que típicamente se usa para el alimento de aves y ganado).

El maíz es altamente vulnerable a la variabilidad climática y al cambio climático, en particular a las sequías. Los escenarios de cambio climático sugieren que habrá reducciones de hasta 4% para el 2020 en las tierras cultivables para el cultivo de maíz estacional en México, en donde las mayores reducciones se espera se den en el estado de Sonora, que se localiza en el Noroeste de México (ver Figura 3.56). Tomando en cuenta la alta dependencia en las importaciones de maíz y la posible disminución en la producción nacional a futuro debido al cambio climático, es posible inferir que, sin una acción de adaptación en el ámbito doméstico para mantener

el nivel de producción, México tendrá que incrementar las importaciones de maíz. Debido a la importancia que tiene el maíz en la dieta nacional, los volúmenes de importación podrían ser poco flexibles a incrementos en precio debido al cambio climático u otros factores.

El análisis FODA del PMDP (Programa Maestro de Desarrollo Portuario) para 2012-2017 recomienda que el puerto explore oportunidades para incrementar el comercio de productos agrícolas que no sean la cánola.[254] la exploración del desarrollo potencial del comercio de maíz a través del puerto podría por tanto ser una estrategia alineada con el FODA. Un análisis más a fondo de esta posibilidad es por tanto recomendable.

3.9.15. Impactos del cambio climático en la carga vehicular y en los productos de petróleo

Como se menciona en la Sección 3.9.5 los movimientos de carga para vehículos automotores y para petróleo no siguen las tendencias del PIB mundial.

Históricamente, el movimiento de carga vehicular a través del puerto ha tenido una tasa anual de crecimiento promedio de 8.6% (2000-2011). Sin embargo, el comercio de vehículos automotores en Manzanillo es menor si se compara con el de otros puertos.[256] Otros puertos tienen instalaciones especializadas para el manejo de vehículos y se encuentran más cerca de centros clave para la distribución y producción de autos y autopartes.[xlvi] Por estas razones, se proyecta que el crecimiento futuro en el comercio de vehículos automotores que pasa por el puerto que API Manzanillo sea más bien pequeño, situándose en alrededor de 2.6% por año durante la siguiente década.

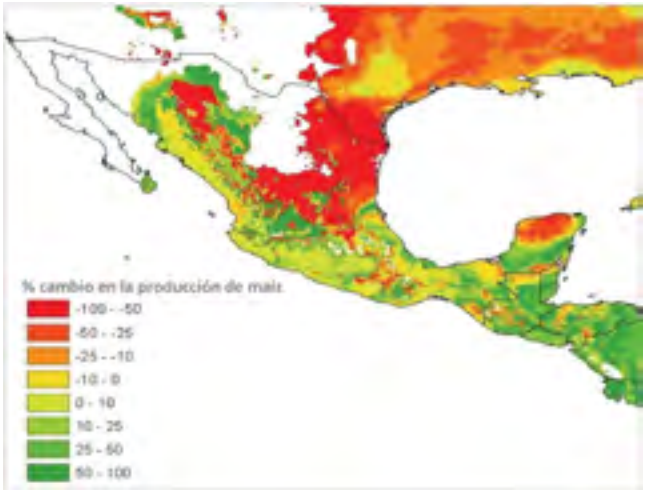
En términos de movimientos de comercialización para los productos derivados del petróleo, la Secretaría de Energía estima incrementos anuales en México del 4% para el 2020 para las gasolinas Premium y Magna y del 3% para el diesel. Se proyecta que la demanda anual para el combustóleo pesado decrezca en un 7% anual de aquí al 2020.[257]

Las tendencias de comercio para esta línea de negocios en el puerto muestran un incremento en la contribución relativa de la gasolina (Diesel, Magna y Premium) del 27% en 2006 al 58% en todo los productos derivados del petróleo comercializados (ver Figura 3.57). Siguiendo tendencias nacionales futuras, el crecimiento proyectado de comercio del petróleo y sus derivados en el puerto se proyecta en un 2.8% por año para el 2022, un resultado en el crecimiento combinado de Premium (+3.7%), Diesel (+ 7.9%) y Magna (5.0%). Se espera que el comercio de combustóleo pesado en el puerto disminuya 8.2% por año durante el mismo periodo.[258]

Dado que el comercio de vehículos automotores y productos de petróleo no parecen seguir las tendencias generales en el PIB mundial (ver Sección 0) no es posible proveer estimados de los impactos del cambio climático en estas dos líneas de negocio.

FIGURA 3.56

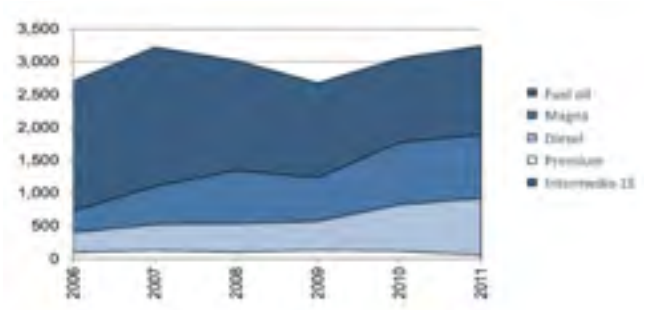
El índice de idoneidad del cultivo de maíz, expresado como un cambio de porcentaje en la producción de maíz hacia 2055 en comparación con la línea de base 1961 – 1990. Basado en los resultados que provee el modelo de simulación IIASA MAIZE



Fuente: World Bank, 2009 [255]

FIGURA 3.57

Tendencia histórica del petróleo y sus derivados comercializados a través del puerto



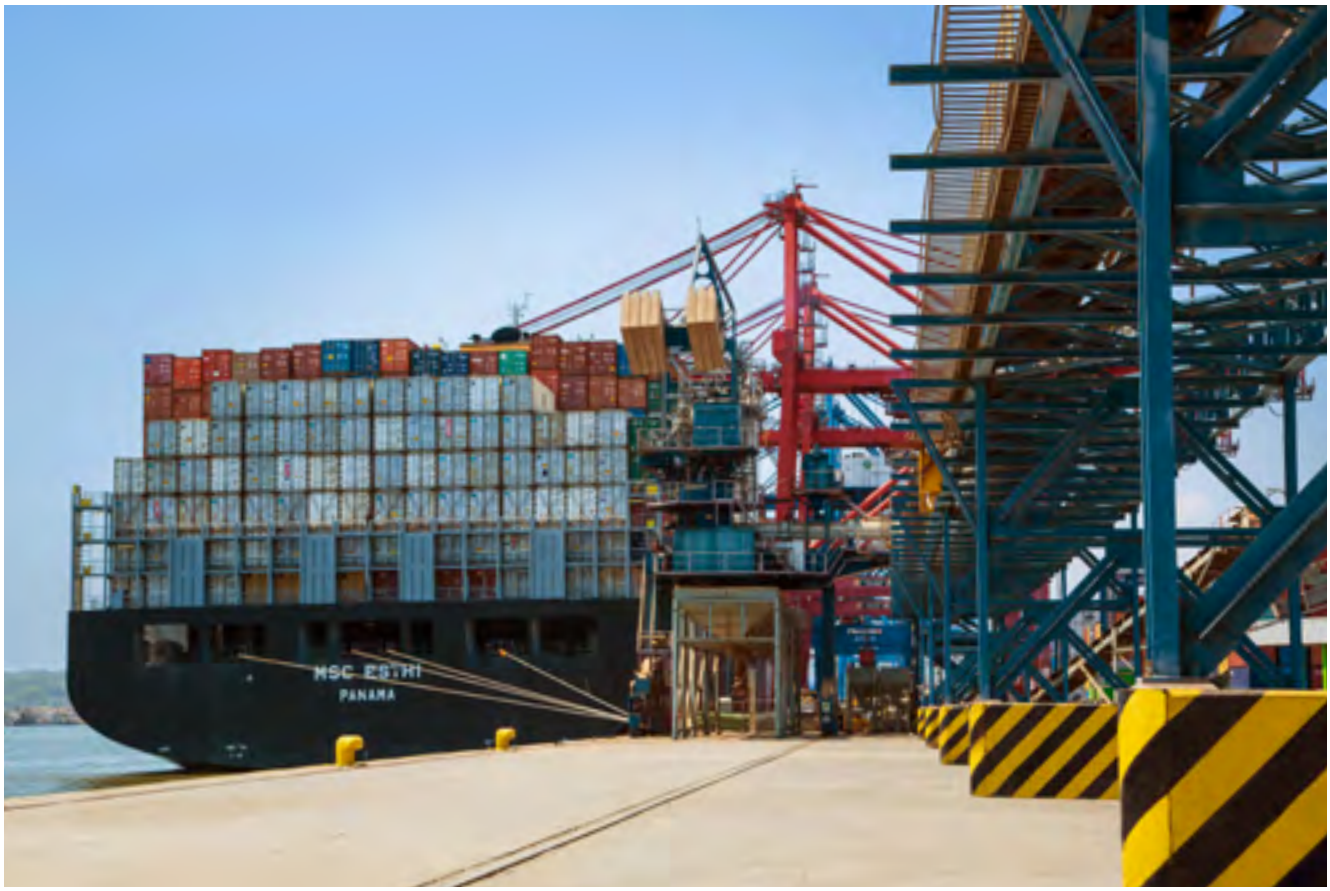
Fuente: API Manzanillo 2012 [259]

3.9.16. Implicaciones para la adaptación

Los impactos del cambio climático en la economía del mundo afectarán sin duda el comercio en el puerto, aunque la escala de los impactos permanece incierta, y las cifras sugeridas por el Stern Review podrían tener una subestimación significativa. Lo que es más, algunos de los países que son socios comerciales del país y que resultan ser claves para el puerto de Manzanillo podrían ser afectados más seriamente cuando se comparan contra lo que pudieran sugerir las cifras promedio globales. Puede que haya un margen limitado en términos de lo que el puerto pueda hacer para contrarrestar los impactos negativos del cambio climático en la economía global y en las economías de los socios comerciales.

Teniendo en cuenta esta incertidumbre, la diversificación de los socios comerciales en el largo plazo puede ser una acción útil de manejo de riesgos dado que puede ayudar en el manejo de un flujo comercial reducido proveniente de países que están más afectados por los impactos del cambio climático (tal como se discutió en la Sección 3.9.8. De manera similar, creciendo el portafolio de líneas de negocio puede ser de gran ayuda para dispersar el riesgo y contar con ganancias a partir de mercados de importación en expansión a la luz de los impactos del cambio climático, tales como las importaciones de maíz, Tal enfoque hacia el manejo del riesgo de la cadena de valor requeriría que API Manzanillo y sus terminales establezcan alianzas con las compañías de transporte y con los clientes. Estas oportunidades pueden investigarse más ampliamente como parte del análisis estratégico llevado a cabo en el desarrollo de planes maestros futuros para el desarrollo del puerto. Este último podría también desarrollar estrategias para monitorear las políticas de mitigación ante el cambio climático tanto nacionales como internacionales que pudieran afectar la oferta y la demanda de los productos comercializados (ver Sección 3.11 y Apéndice 8). También puede monitorear las expectativas de los clientes en términos de confiabilidad de los servicios del puerto y desarrollar un plan de comunicaciones de cómo los efectos negativos de las afectaciones provocadas por el clima se van atendiendo.

Puede haber algunas oportunidades para el puerto en el desarrollo del comercio en las importaciones de los productos que son sensibles al clima, tal como el maíz, para el cual hay alta demanda en México y donde sin embargo la producción doméstica puede verse afectada por el cambio climático. SEMARNAT y e INECC estaría muy bien posicionados para mantener al puerto al día en los hallazgos de las últimas investigaciones en esta área. Esto estaría en armonía con las necesidades identificadas en el análisis FODA proporcionado por el PMDP[260] para el periodo 2012-2017.



3.10. Competencia con otros puertos

Se realizó una valoración comparativa para evaluar si los principales riesgos del cambio climático para el Puerto de Manzanillo podrían ser más o menos severos que aquéllos que enfrentan los otros principales puertos mexicanos que le compiten.

Los tres principales parámetros del cambio climático examinados fueron: aumento del nivel del mar, ciclones tropicales y temperatura.

3.10.1. Panorama de los principales puertos en México

Como se ha mencionado en la Sección 1.3, entre los puertos mexicanos, seis son considerados como los mayores. Estos son Ensenada, Manzanillo, y Lázaro Cárdenas en la costa del Pacífico, y Altamira, Tampico y Veracruz en la costa del Atlántico (Figura 3.58).

Antes de discutir elementos importantes de los puertos que compiten con Manzanillo en México, es útil señalar algunos de los problemas que enfrenta Manzanillo, para compararlos. Manzanillo es el principal puerto en la costa del Pacífico de México. Históricamente ha manejado una variedad de productos de material a granel y de productos agrícolas, pero en los últimos años ha expandido drásticamente su línea de negocio en el manejo de contenedores y el transporte marítimo de vehículos. Sin embargo, tiene algunas desventajas en comparación con sus competidores. Se encuentra en el centro de una ciudad ocupada de México y por lo tanto sufre de problemas de difícil acceso y congestión de tráfico en sus principales rutas de transporte por carretera dentro y fuera de las terminales. También se encuentra en una de las zonas más sensibles naturales de México, incluyendo los manglares a lo largo del sur y el margen occidental de las cuencas portuarias y la Laguna de Las Garzas.

También se está acercando al límite máximo de la zona de que dispone para su expansión. Con el desarrollo de la Zona Norte que incluye la nueva terminal CONTECON, hay poca tierra que permanece en la zona portuaria para el futuro desarrollo de nuevas terminales. El desarrollo portuario futuro, si tiene lugar, probablemente tendría que estar ubicado en los alrededores de la laguna de Cuyutlán. Esta área requeriría una inversión sustancial para mejorar la carretera y los accesos ferroviarios y para trabajos de dragado de canales de navegación y atraque.

RESUMEN DE LOS PUNTOS CLAVES

- Los puertos clave que compiten con Manzanillo son Lázaro Cárdenas y Ensenada en el Pacífico y Veracruz, Tampico y Altamira en el Atlántico.
- Debido a menor actividad por tormentas, los puertos del Pacífico experimentan un número de días con cierre de puerto a embarcaciones grandes y pequeñas anual mucho menor que los puertos del Atlántico.
- Los cierres durante un año para los puertos del Pacífico ocurren en promedio 0.5% del tiempo para embarcaciones >500 UAB y un 5.5% del tiempo para embarcaciones < 500 UAB. En Manzanillo, los cierres durante un año son de 0.4% y 6.6% respectivamente.
- Cierres durante el año para los puertos del Atlántico ocurren en promedio un 5.4% del tiempo para embarcaciones >500 UAB y un 21% del tiempo para embarcaciones <500 UAB.
- Para los puertos del Pacífico, la migración hacia los polos en la trayectoria de las tormentas[261] no resulta suficiente para traer a Ensenada bajo la influencia de las tormentas al grado que Manzanillo experimenta actualmente o que es probable que experimente en el futuro. Ensenada mantiene su ventaja competitiva por tanto en este respecto. Lo mismo es cierto, pero con una confianza ligeramente menor, para Lázaro Cárdenas.
- No hay variaciones significativas en el aumento medio del nivel del mar que le den a ningún puerto una ventaja competitiva.
- Las variaciones en cambios de temperatura son muy pequeñas como para concluir que la vulnerabilidad de los puertos que son competencia será significativamente diferente con respecto a Manzanillo.

FIGURA 3.58

Principales puertos competidores en México.

Fuente: Autores de este reporte

3.10.2. Lázaro Cárdenas

El puerto de Lázaro Cárdenas fue desarrollado en 1970s como parte del programa del gobierno mexicano de construcción de una acería integrada en la costa del Pacífico. Con la firma del TLCAN, la globalización en aumento y el crecimiento del comercio entre México y Asia, se aceleró la expansión de las instalaciones para manejo de contenedores en el puerto. El puerto se convirtió en un competidor directo de Manzanillo, particularmente en el área de terminales para contenedores y embarque de autos. Recientemente el Hutchison Port Holdings Group completó la segunda fase de mayor expansión de sus instalaciones de terminales de contenedores en el puerto, poniendo en marcha una nueva terminal que va a ser construida en cuatro etapas con una capacidad final de 2.6 millones de TEU's y la posibilidad de manejar buques Súper Post-Panamax. Los planes están en marcha para construir una segunda terminal de contenedores y una terminal adyacente para autos al norte

FIGURA 3.59

Vista aérea del puerto de Lázaro Cárdenas donde se muestra la ubicación de la nueva terminal de contenedores

Fuente: Worley Parsons Engineering [262]

de la terminal Hutchison (Figura 3.59). Lázaro Cárdenas representa probablemente el principal competidor para Manzanillo. Tiene varias ventajas en este caso:

- Está localizado en la afueras del pueblo de Lázaro Cárdenas y tiene excelentes autopista y conexiones férreas al interior del país y hacia EU
- Cuenta con mucho terreno disponible para expandir la terminal en el futuro
- No es un área ambientalmente delicada y no ha sufrido un alto nivel de sedimentación que requiera mantenimiento de dragado frecuente.

3.10.3. Ensenada

El Puerto de Ensenada es una terminal marítima de carga y de cruceros en Ensenada, Baja California. Este puerto de aguas profundas se encuentra en la Bahía de Todos Santos. Los barcos llegan al puerto desde los principales puertos de Asia, Norteamérica y Sudamérica. El puerto alberga terminales de carga y terminales de crucero y de igual manera sirve como muelle de descarga para contenedores. Las actividades del puerto se extienden a la pesca comercial y deportiva, embarcaciones de placer y áreas de marina. El puerto de Ensenada mantiene un astilleros especializados y maneja mineral a granel. Es también el segundo puerto de mayor tráfico en México por su volumen de negocios, así como el segundo puerto más visitado como escala de grandes líneas de cruceros y barcos de recreo en México.

FIGURA 3.60

Panorámica del puerto de Ensenada[263]

Fuente: Ferreira, 2004

3.10.4. Veracruz

El puerto de Veracruz es el Puerto más antiguo de México, fue establecido en el siglo XVI bajo el régimen de la Colonia española. En 1991, el gobierno federal tomó el control y la administración del puerto de Veracruz y trajo compañías de estiba para mejorar las operaciones de manejo de carga. La Administración Portuaria Integral de Veracruz (APIVER) fue establecida en 1994.

El puerto de Veracruz tiene infraestructura y tecnología moderna, y la capacidad de hacer maniobras de descarga eficientemente. Tiene además excelentes vías de comunicación a las poblaciones más importantes de México tanto por autopista como por ferrocarril. El mayor número de exportaciones del puerto incluyen contenedores, vehículos, acero y productos agrícolas. Con más de 3,000 m de muelles, el puerto de Veracruz contiene 11 amarres que van desde los 178 a los 507 metros de longitud. El muelle de contenedores tiene más de 507 metros de longitud con una profundidad de 12.8 metros. El muelle de cemento es de 178 metros de longitud con una profundidad de 10.7 metros.

FIGURA 3.61

Panorámica del puerto de Veracruz.

Fuente: International Transport Workers Federation, 2015 [264]

3.10.5. Tampico

La Administración Portuaria Integral (API) de Tampico S.A. de C.V. fue creada en 1999 como la autoridad responsable del puerto de Tampico. Como uno de los puertos marinos más importantes y de más tráfico de la costa este de México, Tampico es una puerta importante para los productos petroquímicos y de minería, acero, madera y muchos productos industriales.

El puerto de Tampico tiene infraestructura e instalaciones modernas, con grandes almacenes a cielo abierto, y buenas conexiones de ferrocarril. El puerto tiene seis terminales privadas, dos terminales públicas y diez campos dedicados a las plataformas petroleras. Está conectado con más de 100 países a través de 20 compañías navieras. Sus mayores socios de comercio y embarque incluyen EU, Canadá, Europa, Cuba, Brasil, República Dominicana, Singapur y Australia.

El puerto tiene tres terminales públicas con equipo de carga especializado, contenedores, carga sobredimensionada, mineral a granel y productos agrícolas. Tiene un total de 2,141 metros en 11 muelles con profundidades que van desde 10.7 hasta 11.3 metros. Las terminales públicas del puerto son atendidas por una doble línea de ferrocarril que permite la carga y descarga y acceso directo a la red de carreteras del país. Las terminales incluyen más de 60,000 metros cuadrados de espacio de almacenamiento bajo techo.

FIGURA 3.62

Panoramica de Tampico.

Fuente: tomzap.com, 2015 [265]

FIGURA 3.63

Panorámica del puerto de Altamira.

Fuente: Puerto Altamira, 2015 [266]

3.10.6. Altamira

El puerto de Altamira maneja múltiples tipos de carga. El puerto alberga una gran instalación de gas natural líquido y sus planes de expansión incluyen la construcción de un nuevo patio para construir plataformas petroleras de aguas profundas, la construcción de una nueva planta de Coca-Cola-Femsa, carbón, y grafito, y la construcción de una planta industrial para producir acero galvanizado para la industria automotriz. La expansión de Altamira ha sido impulsada por API Altamira y varios inversionistas privados de la terminal. Cada uno de los proyectos de expansión será fondeado por inversión privada, con API Altamira aportando los fondos públicos para la inversión en infraestructura general del puerto. Altamira no enfrenta restricciones significativas de terreno ya que el puerto está localizado fuera del área urbana y tiene una amplia área circundante disponible.

3.10.7. Comparación riesgos climáticos

Ciclones Tropicales

Actual

Para comparar la sensibilidad del funcionamiento actual de los puertos durante las tormentas, han sido usados datos proporcionados por la SCT[267] sobre los cierres

TABLA 3.48

Porcentaje de clausura de operaciones para buques >500 UAB en todos los puertos.

Año	MANZANILLO	LAZARO CARDENAS	ENSENADA	VERACRUZ	TAMPICO	ALTAMIRA
2010	0.00%	0.45%	0.00%	5.27%	5.54%	4.78%
2011	0.50%	1.34%	0.00%	3.87%	5.27%	5.32%
2012	0.00%	0.00%	0.23%	3.24%	4.20%	4.91%
2013	1.10%	2.23%	0.00%	8.39%	6.71%	8.06%
% inope-ratividad	0.40%	1.01%	0.06%	5.19%	5.43%	5.77%

Fuente: Autores de este reporte

TABLA 3.49

Porcentaje de clausura de operaciones para buques < 500 UAB en todos los puertos.

Año	MANZANI-LLO	LAZARO CARDENAS	ENSENADA	VERACRUZ	TAMPICO	ALTAMIRA
2010	13.00%	3.33%	7.30%	20.39%	16.43%	16.43%
2011	5.40%	3.98%	6.30%	24.15%	21.92%	23.32%
2012	2.70%	7.25%	2.27%	23.60%	17.06%	14.76%
2013	5.30%	7.73%	1.16%	32.47%	20.87%	22.86%
% inope-ratividad	6.60%	5.57%	4.26%	25.15%	19.07%	19.34%

Fuente: Autores de este reporte

anuales en cada uno de los puertos. Esto se da para buques grandes y pequeños (mayores y menores de 500 UAB) (Tabla 3.48 y Tabla 3.49). La razón climática para los cierres de puertos no se da específicamente en los datos. Sin embargo, los datos indican que la mayoría de los retrasos se producen en la temporada de tormentas tropicales de junio a octubre.

Se puede observar que los puertos del Pacífico de Manzanillo, Lázaro Cárdenas y Ensenada están sujetos a significativamente menos tiempo de inactividad que los puertos del Atlántico de Veracruz, Tampico y Altamira. Esto se puede atribuir a la mayor frecuencia con la que las tormentas afectan las regiones costeras en el Atlántico en comparación con el Pacífico Oriental. Los ciclones tropicales se forman típicamente en las latitudes tropicales del hemisferio norte, donde los vientos predominantes soplan de este a oeste. En el Atlántico, las tormentas se mueven generalmente hacia puertos de la costa, mientras que en el Pacífico con más frecuencia se alejan.

Futuro

Una valoración comparativa para cada puerto fue llevada a cabo en vista de las proyecciones de los cambios futuros de los ciclones tropicales en el lugar. Se debe enfatizar que los métodos para predecir las rutas de los ciclones tropicales a escala de sub-cuenca están en una etapa muy temprana. Manzanillo muestra tener un potencial de mayor impacto por ciclones tropicales comparado con sus puertos competidores en la costa del Pacífico, pero menor al de los puertos del Atlántico.

En el periodo de registro histórico satelital (1980 al 2014), Ensenada yace efectivamente más allá de las rutas de los ciclones tropicales. La ampliación de las rutas de las tormentas hacia los polos[268] que está ocurriendo actualmente, no es suficiente como para traer a Ensenada bajo la influencia de las tormentas al grado que Manzanillo experimenta actualmente o que podría enfrentar en el futuro. Por lo tanto, Ensenada mantiene su ventaja competitiva en este punto. Lo mismo es cierto pero ligeramente con menor confianza en el caso de Lázaro Cárdenas. Este puerto sí yace cerca del límite norte de la ruta de las tormentas pero se necesitaría un cambio importante hacia los polos y de las consiguientes rutas de ciclones tropicales para traer el puerto al mismo grado de influencia que experimenta Manzanillo actualmente o que posiblemente experimentará en el futuro.

En relación a los puertos del Atlántico, Veracruz, Tampico y Altamira, el puerto de Manzanillo tiene una ventaja competitiva debido a la relativamente mayor frecuencia de tormentas más fuertes que tocan tierra en la latitud de los puertos del Atlántico.

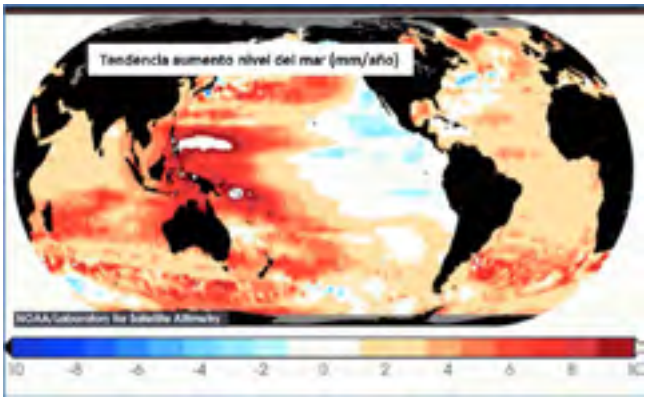
Es importante resaltar que el juicio de expertos sobre el futuro de los ciclones tropicales muestra un consenso de un 50% en un posible aumento en la frecuencia anual de las tormentas de categoría 4 y 5 en la línea costera de los puertos del Atlántico. En contraste, se sostiene que no se tienen datos suficientes para evaluar esta métrica para el caso de la línea costera de los puertos del Pacífico. Las estimaciones del aumento de la vida media de las tormentas y las precipitaciones extremas de las tormentas son similares en las costas del Pacífico y del Atlántico.

Nivel del mar

La Figura 3.64 muestra los cambios observados en el nivel del mar entre 1992 y 2010 basados en los datos del programa de altimetría de NOAA aportados por los satélites Jason 1 y Jason 2 son mostrados en la Figura

FIGURA 3.64

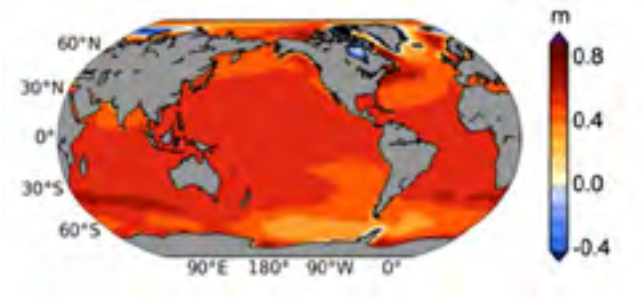
Cambios en el nivel del mar en el periodo 1992 a 2010 basados en la altimetría del satélite.



Fuente: NOAA, 2015 [270]

FIGURA 3.65

Proyecciones del PICC para el aumento del nivel del mar para el final del siglo XXI.



Fuente: PICC, 2013 [272]

3.64[269]. Estos datos indican que el nivel del mar del puerto de Manzanillo permanece sin cambio para este periodo, y se redujo en 2 mm por año en Lázaro Cárdenas. Los datos para el puerto de Manzanillo que se presentan aquí serán comparados con datos disponibles del IMT siempre que estén disponibles. En la costa del Caribe, los datos del satélite indican que el puerto de Veracruz vio un incremento en el nivel medio del mar de 2 mm/año y los puertos de Tampico y Altamira vieron de 4 a 6 mm/año. Una causa de esta variación son los cambios en los niveles del terreno debido a la acción de la falla tectónica más importante que corre a lo largo de la costa del Pacífico Mexicano. Esto es debido al empuje hacia arriba del litoral del Pacífico y el área de la Sierra Madre de México y algunas hundimientos alrededor del Golfo de México.

En el largo plazo, bajo el escenario del PICC con aumento del nivel del mar acelerado, se anticipa que los cambios en el nivel del mar alrededor de las costas mexicanas será positivo (más alto) para ambas: el del Pacífico y el del Golfo de México. La Figura 3.65 muestra las proyecciones del aumento del nivel del mar para la región para el final del siglo XXI.[271]

Estos datos indican que para el fin del siglo, el nivel del mar podría estar aumentando en 5 o 6 mm/año para el Puerto de Manzanillo y sus principales competidores. La tasa de aumento para el Puerto de Ensenada podría ser más de 1 mm/año menor que la de Manzanillo. Efectivamente, no se puede concluir que los efectos del aumento del nivel del mar debido al cambio climático sean ampliamente comparables para todos los puertos mexicanos revisados en este reporte.

Temperatura

El análisis llevado a cabo para este reporte (Sección 2.1.2) aporta proyecciones de los cambios futuros en la temperatura para Manzanillo y sus principales puertos competidores. Para efectos de comparación los resultados se dan en la Tabla 3.50.

Los resultados muestran que las variaciones en los cambios de la temperatura media superficial es pequeña entre los puertos seleccionados. En la década de 2040 a 2050, el cambio de temperatura está en el rango de 1.8 a 2.0˚C, excepto para Ensenada que es ligeramente más alto en 2.0 a 2.2˚C de junio a noviembre. En la década de 2070 a 2080 las variaciones son ligeramente más grandes. El aumento de temperatura predecido para Manzanillo es igual al de sus competidores por hasta 0.2˚C, excepto para Tampico/Altamira que esta estimado en 0.2˚C menos que Manzanillo de junio a noviembre.

Las variaciones en los cambios de estas magnitudes son demasiado pequeñas como para concluir que la vulnerabilidad de Manzanillo al cambio climático inducida por los aumentos de temperatura será significativamente diferente a los de sus competidores.

TABLA 3.50

Temperaturas medias superficiales proyectadas para Manzanillo y sus puertos competidores.

Puerto	2040 Cambio de Temperatura (˚C)		2070 Cambio de Temperatura (˚C)	
	Dic-Mayo	Jun-Nov	Dic-Mayo	Jun-Nov
Manzanillo	1.8 – 2.0	1.8 – 2.0	3.0 – 3.2	3.2 – 3.4
Ensenada	1.8 – 2.0	2.0 – 2.2	3.2 – 3.4	3.4 – 3.6
Lázaro Cárdenas	1.8 – 2.0	1.8 – 2.0	3.0 – 3.2	3.2 – 3.4
Veracruz	1.8 – 2.0	1.8 – 2.0	3.2 – 3.4	3.2 – 3.4
Tampico/Altamira	1.8 – 2.0	1.8 – 2.0	3.0 – 3.2	3.0 – 3.2

Fuente: Autores de este reporte

3.11. Efectos de acuerdos/compromisos nacionales e internacionales para reducir emisiones de gas efecto invernadero (GEI)

Un resumen de los riesgos para el puerto asociados a los acuerdos tanto nacionales como internacionales para reducir la emisión de gases de efecto invernadero se proporciona en laTabla 3.51. Se proporciona un mayor nivel de detalle en el Apéndice 8.

RESUMEN DE LOS PUNTOS CLAVES

- Cambios en regulaciones, estándares y expectativas de los inversionistas en México debido a los compromisos tanto nacionales como internaciones para reducir las emisiones de gases de invernadero pueden tener implicaciones para las líneas de negocio del puerto.
- La conferencia de las partes (COP) en París a finales de 2015 busca alcanzar un acuerdo global jurídicamente vinculante respecto al clima. Sin embargo, existe bastante especulación respecto al resultado de la COP.
- De acuerdo a la Contribución Determinada Nacionalmente de México (INDC o Intended Nationally Determined Contributions) el país está comprometido a reducir de manera incondicional las emisiones de gases de efecto invernadero y de contaminantes del clima de vida corta en un 25% por debajo del "business as usual" (BAU) para el 2030. Este compromiso pudiera incrementarse a 40% condicionado a alcanzar un acuerdo global en el COP en París.
- Los compromisos de mitigación del cambio climático podrían afectar el precio de los productos petroleros y la demanda de tipos de combustibles diferentes que se comercializan y pasan por el puerto.
- Otro tipo de cargamento en donde la demanda pudiera verse afectada debido a los compromisos de mitigación incluye los vehículos automotores y los minerales.

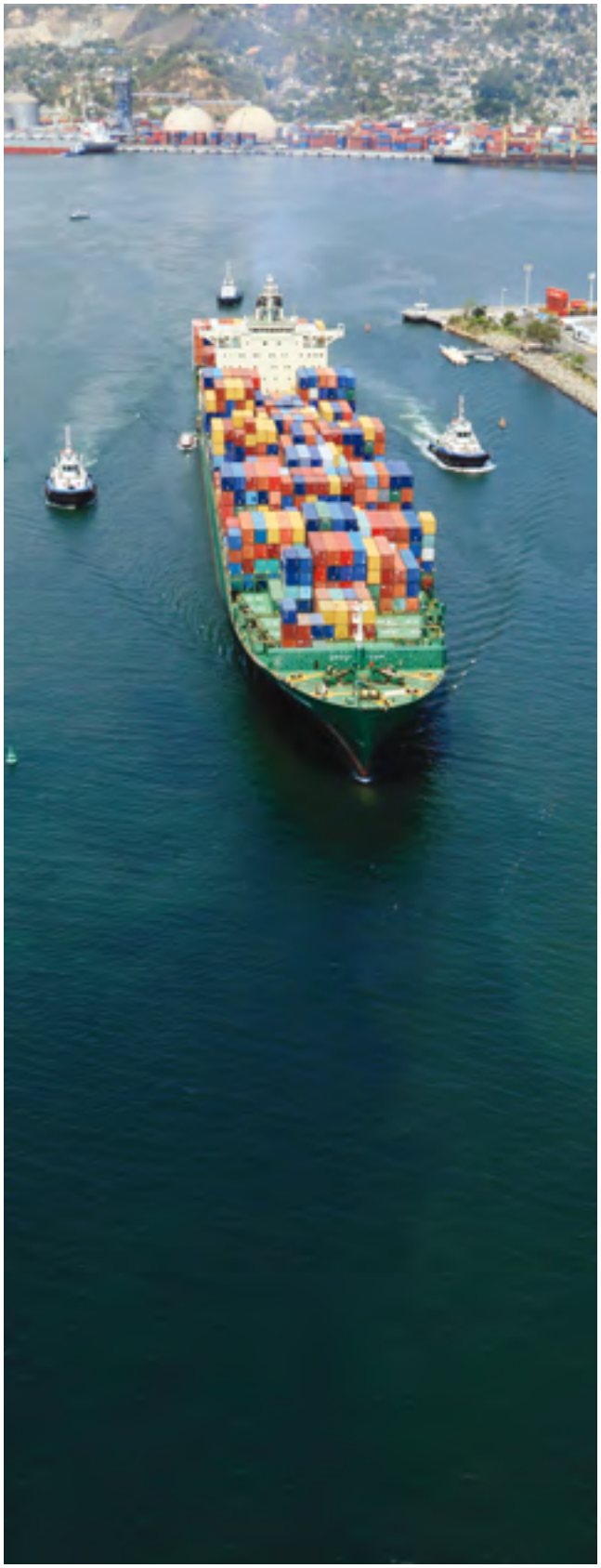


TABLA 3.51

Riesgos asociados a los acuerdos nacionales e internacionales para reducir la emisión de gases de efecto invernadero.

Riesgo	Umbrales y Sensibilidades	Variabilidad y cambio oceanográfico y de clima tanto presente como futuro	Descripción del Riesgo
Aumento del precio de importación de combustibles fósiles puede afectar los flujos de volumen del petróleo y sus derivados	La introducción de límites y/o políticas en las reducciones de emisiones GEI así como la regulación encaminada a la promoción de energías y energéticos renovables y las medidas para la eficiencia enérgetica y transporte más limpio pudieran aumentar el precio de los combustibles fósiles.	La publicación de INDC por parte de México es un indicador de un esfuerzo de mitigación incondicional por parte del país que equivale a una reducción de los gases de efecto invernadero del 25 % en 2030 por debajo de "business as usual" BAU. Este compromiso está en línea con la Ley General de Cambio Climático y equivale a una reducción del 22% de las emisiones de gases de efecto invernadero y el 51 % de las emisiones de carbono negro. Si la conferencia de las partes en París alcanza un acuerdo global, este compromiso podría aumentarse hasta alcanzar 40%.	Son un tanto inciertos en este momento los compromisos internacionales a ser acordados en la próxima Conferencia de las Partes en París. Junto con los compromisos de México en su INDC, estos tienen el potencial de afectar la producción y el comercio de los productos que se mueven a través del puerto.
Políticas para mitigar industrias y mercancias con altas emisiones de GEI pueden afectar el flujo de carga de estos productos (por ejemplo minerales y vehiculos) y puede tener implicaciones para las actividades comerciales	Los volúmenes de exportaciones e importaciones de diversos materiales a través del Puerto de Manzanillo no han sido afectados directa o indirectamente por las negociaciones internacionales o bien por la legislación sobre el cambio climático hasta ahora. Sin embargo, esto podría cambiar a la luz de las INDC emitidas por México y dependiendo del resultado del COP en París		

Fuente: Autores de este reporte

3.12. Implicaciones de la evolución futura del mercado asegurador

RESUMEN DE LOS PUNTOS CLAVES

- API Manzanillo tiene un paquete de seguros integral que lo cubre contra daños a activos e infraestructura, costos por reubicación temporal de servicios portuarios debido a interrupciones en el servicio, daño a terceros, y daños a vehículos. No es aparente a partir de las pólizas de API Manzanillo si se cubren daños por interrupción de negocio.
- Entre el 2010 y el 2014 API Manzanillo ha presentado dos reclamos relacionados a eventos meteorológicos, ambos por daños a equipos eléctricos ocasionados por tormentas eléctricas.
- Las terminales que ofrecieron información detallada sobre sus pólizas mostraron tener pólizas comerciales empresariales que generalmente las cubren por daños a activos y a terceras partes. En algunos de los casos la póliza también cubre daños por interrupción de negocios.
- Ninguno de los reclamos hechos por las terminales en los últimos años corresponden a pérdidas generadas por eventos meteorológicos.
- A nivel global, incrementos en la frecuencia e intensidad de eventos climáticos y meteorológicos junto con el aumento de desarrollos y del valor de los activos ha llevado a un aumento en el número y valor de reclamos.
- Incrementos futuros que se puedan presentar en la frecuencia de eventos meteorológicos que se asocien a reclamos de pólizas pueden llevar a un incremento en los costos de las primas y en deducibles más altos para API Manzanillo y las terminales.
- Opciones de adaptación incluyen medidas de prevención y reducción de riesgos para los activos.
- API Manzanillo y las terminales deberán monitorear cambios en costos de primas y deducibles dentro de las pólizas que cubren contra fenómenos meteorológicos.
- Teniendo un Plan de Adaptación y una serie de acciones a implementar, API Manzanillo y las terminales pueden pedir a sus aseguradoras términos de póliza más favorables.

3.12.1. Pólizas de seguro contratadas por API Manzanillo

API Manzanillo tiene un paquete de seguros integral con AXA Seguros S.A. de C.V. Este mismo paquete cubre a todos los principales puertos comerciales de México[xlvii] y los protege contra riesgos relacionados al clima y otros peligros. API Manzanillo ofreció los detalles técnicos de su paquete con la póliza de seguro de AXA TRiesgo (2014-2015) el cual cubre a las APIs contra fuego, riesgos comerciales e industriales.

Dentro del paquete TRiesgo de API Manzanillo hay cinco sub-pólizas, a saber:

1. Póliza para riesgos mayores: para edificios, construcciones en el puerto y equipamiento para señales marítimas
2. Seguro comercial
3. Seguro de responsabilidad civil
4. Seguro para botes de menor calado (botes operacionales)
5. Seguro para vehículos (autos, camiones, autobuses y motocicletas)

La sub-póliza 1 de seguros para riesgos mayores incorpora cobertura para activos físicos que pertenecen a API Manzanillo o están bajo su responsabilidad, incluyendo: embarcaderos, amarre, atracaderos, rompeolas, espigones, escolleras, patios y caminos, barreras de defensa, bardas perimetrales, ramales ferroviarios, señales marítimas (ej. boyas, faros), baffles, amarres y protecciones marginales.[xlviii] La póliza también cubre saneamiento y limpieza debido a contaminación súbita o inesperada. Los riesgos asegurados bajo la póliza 1 por tanto se refieren a todas las propiedades que se poseen o que se encuentran bajo la responsabilidad de API Manzanillo que se hayan dañado o perdido (siem-

pre y cuando el daño o la pérdida haya sido accidental, súbita o inesperada) y resultando en costo incurridos por API Manzanillo los cuáles incluyen:

- Costos de reconstrucción
- Dragado en el canal de navegación y el puerto interno debido a la sedimentación
- Remoción de desechos sólidos (incluyendo costos de demolición y limpieza de materiales)
- Costos adicionales (por ejemplo la renta de una localización temporal para llevar a cabo las actividades portuarias, costos de mudanza, servicios de electricidad y aire acondicionado en el domicilio temporal, adaptación temporal de áreas para carga y descarga)

De resaltar es el hecho de que los costos incurridos por dragado del canal y elegibles bajo la sub-póliza 1 de seguro son reembolsados bajo la premisa de la diferencia entre los niveles de sedimentación registrados en el último estudio batimétrico oficial y aquellos encontrados después del evento que disparó la reclamación del seguro. A este respecto, AXA Seguros solo acepta estudios batimétricos que tengan menos de 6 meses de expedidos como base para contrastar los niveles de sedimentación previos a y después de un desastre natural. Las actividades de dragado para el material depositado en la bahía a una tasa natural de deposición y dentro de las condiciones oceanográficas naturales del área no tienen cobertura.

El paquete de póliza de seguro no cubre los bienes y mercancía que forman parte de la carga en las terminales. Por lo tanto, la póliza de seguro para las APIs no cubre pérdidas directas o indirectas ni daños a bienes debido a crecimiento de hongos, moho o crecimiento de otros microorganismos en los bienes comercializados.

Para el periodo de cobertura actual (2014-15), el valor total de la cobertura de reembolso para edificios, trabajos en puerto y equipo de señalización marítimo para el puerto de Manzanillo estuvo cercano a 3.4 mil millones de MXN (Tabla 3.52). De acuerdo con esto, Manzanillo tiene el segundo valor más grande de activos asegurados bajo la póliza de seguro de AXA 1 de todas las APIs.[xlix] La prima de seguro total que paga API Manzanillo para el periodo 2014-15 suma la cantidad de USD 1,856,017.91 (0.8% del valor de los activos asegurados).[273]

Sub-póliza de seguros 1 contra riesgos mayores, brinda cobertura para:

1. Incendios, rayos o explosiones (sin valor en exceso)
2. 'Fenómeno natural' que incluiría eventos meteorológicos e hidrometeorológicos
3. Temblores y erupciones volcánicas
4. Otros riesgos
5. En el caso de las operaciones del puerto, robo y pérdida de señalización marítima.

TABLA 3.52

Valor de los elementos asegurados por API Manzanillo.[274]

Elementos cubiertos	Suma asegurada total (pesos)
Edificios y obras completas	344,862,462.54
Amarres, atracaderos y muelles	1,751,983,595.45
Muelles de protección, escollera y protección marginal, deflectores	682,687,183.49
Patios, caminos e infraestructura ferroviaria	558,863,190.17
Señalización marítima	14,473,466.40
Total	3,382,869,898.04

Fuente: API Manzanillo

TABLA 3.53

Deducibles por tipo de activo para reclamaciones detonadas por un 'fenómeno natural'.

Tipo de activo	Exceso/deducible
Obras portuarias	1% de la pérdida con un mínimo de USD 3,000 y un máximo de USD 50,000 dólares por evento
Edificios	1% de la pérdida con un mínimo de USD 3,000 y un máximo de 10,000 dólares por evento
Dragado de canal y de la dársena	USD 500,000
Obras de ingeniería civil en proceso de construcción	USD 5,000

Fuente: API Manzanillo [275]

La Tabla 3.53 aporta información de valores en exceso (deducibles) para reclamaciones de seguros detonadas por un fenómeno natural. Es importante notar que el dragado tiene un deducible de 500,000 dólares.

Los documentos recapitulativos que fueron examinados explícitamente indican que cuando se refieren a un fenómeno natural, las pérdidas generadas por un temblor, erupción volcánica o fenómeno natural son presentados como pérdida únicamente cuando:

1. Si más de un temblor o acción volcánica o fenómeno natural ocurre en un periodo de 72 horas durante la vigencia de la póliza
2. o si una inundación sucede en un periodo de crecimiento continuo o desbordamiento de cualquier rio(s) o corriente(s) y si el agua se baja entre las riberas de dicho(s) rio(s) o corriente(s)
3. o si una inundación resulte de una oleada o serie de oleadas causadas por una sola conmoción.

Los documentos para la sub-póliza 2 (seguro empresarial) especifican condicione en las que, en los casos de interrupción del negocio, la póliza cubrirá API Manzanillo por costos de continuidad de negocios, tales como los costos de la reubicación temporal de las actividades de negocio. Sin embargo, no es aparente si esta póliza cubre API Manzanillo por pérdidas en guanacias generadas por la interrupción del negocio.

Del mismo modo, las sub-pólizas 1 y 2 no parecen incluir contingencias de interrupción del negocio cobertura de entrada / salida. En términos generales, la pérdida física o daño a un bien asegurado pueden provocar una pérdida de la interrupción del negocio. Una póliza de interrupción de negocios o de entrada/salida podría cubrir a API Manzanillo por pérdidas generadas por ingresos no realizados, independientemente de la existencia de una pérdida o daño a un bien asegurado[276]. Por tanto, sería cubrir la interrupción del negocio de API Manzanillo en casos de:

- Amenazas climáticas que afecten a los clientes de API Manzanillo;
- Inundaciones, vientos fuertes o lluvias torrenciales que afectan el acceso desde y hacia el puerto o el movimientos de vehículos en el puerto, y que causa interrupciones de negocios o tiempo de inactividad.

3.12.2. Reclamaciones históricas de API Manzanillo

Las reclamaciones históricas hechas por API Manzanillo las cuáles tienen relevancia en el contexto de la variabilidad y cambio climáticos están resumidas en la Tabla 3.54. Puede verse que de los reclamos hechos, tres fueron directamente causados por malas condiciones climáticas, específicamente daño a maquinaria causado por tormentas eléctricas y dragado después de las tormentas tropicales Héctor y Manuel.

TABLA 3.54

Reclamaciones de seguros hechas por API Manzanillo sobre el periodo 2010-2014 que tienen relevancia en los factores climáticos.

Reclamación de seguros de API Manzanillo	Fecha	Descripción	Valor reclamado[l]	Relevancia climática
Trabajo extraordinario realizado por remolcadores	22 de abril de 2012	Un temblor ocasionó sedimentación en el muelle 7 Carril 8 Banda C afectando el giro y la capacidad de atracar del buque B/M Moonray. Esto forzó al buque a atracar a 50 cm del muelle y requerir apoyo extra de los remolcadores para el amarre.	$2,500,000.00 pesos (costo estimado de operación para API)	En este caso el evento fue un temblor, los eventos climáticos podrían causar impactos similares.
Reemplazo del equipo NEPSY 4000	8 de octubre de 2013	Tormenta eléctrica	$208,307.51 MXN indemnizados por la pérdida	El incremento potencial en la intensidad de las tormentas en el futuro puede llevar a una mayor frecuencia de tormentas eléctricas
Operaciones de dragado	11 de abril de 2014	Se requirió de dragado adicional para remover volúmenes de material acumulado debido a las tormentas tropicales Héctor (Ago 2012) y Manuel (Sep 2013)	$39,999,999.33 de pesos (a)	El incremento potencial en la vida media de la intensidad máxima de una tormenta y de la tasa de precipitación en un radio de 200 km puede llevar a tasas más altas de sedimentación e incrementos en los requerimientos de dragado y sus costos.
Arreglo del equipo del CCTM (Centro de Control de Tráfico Marítimo)	30 de junio de 2014	Tormenta eléctrica	$251,895.25 pesos	El incremento potencial en la intensidad de las tormentas en el futuro puede llevar a una mayor frecuencia de tormentas eléctricas

Notas:

Valor proporcionado basado en dos reclamaciones de seguro por costos de dragado:

$28,499,999.59 pesos (periodo del 14 de Nov al 14 de Dic de 2013)

$ 11,499,999.74 pesos (periodo del 15 Dic 15 de 2013 al 5 Ene de 2014)

MXN 39,999,999.33 Total

Fuente: API Manzanillo [277]

3.12.3. Pólizas de seguros en posesión de las terminales

Algunas de las terminales han entregado detalles de los tipos de pólizas de seguros que tienen, los bienes o aspectos cubiertos, y los eventos cubiertos (ver Tabla 3.55).

Todas las terminales que entregaron detalle de seguros (seis en total) poseen una póliza de seguros comercial, que típicamente cubre daño de bienes y responsabilidad civil por daños a terceros. De acuerdo a las terminales, las pólizas normalmente cubren eventos 'relacionados con el clima', 'eventos hidrometeorológicos' u 'olas y mareas.' En algunos casos, las terminales poseen una póliza individual de responsabilidad civil marítima. Algunas terminales reportaron tener cobertura por interrupciones de negocios, que las cubrirían en caso de pérdidas de ingresos durante eventos extremos.

Solo una de las seis terminales ha hecho una reclamación en el periodo de 2009-2014. Esta fue por daños materiales, y no fue por eventos relacionados con el clima. Es interesante, que ninguna de las terminales reportaran reclamaciones de seguros por suspensión de negocios debido a los eventos que fueron descritas durante las reuniones (y mencionados en otro punto en este reporte), concretamente:

- Bloqueo del camino de entrada al puerto debido a inundación y sedimento acumulado causado por una fuerte lluvia en 2011, 2012 y 2014 (ver Sección 3.6.1,

TABLA 3.55

Resumen de los seguros en posesión de las terminales.

Tipo de Póliza	Bienes / aspectos cubiertos	Eventos cubiertos
Comercial (incluyendo daño a bienes, interrupción de negocios, negligencia profesional y responsabilidad civil por daños a terceros).	Edificaciones permanentes, maquinaria de manejo de carga, amarres, muelles, atracaderos, mamparas, estructuras dentro del área portuaria, contaminación y fugas, responsabilidad por carga	Temblor, erupción volcánica, olas, mareas, tsunami
Comercial (incluyendo daños a bienes y responsabilidad civil)	Daño a materiales, daño a contenidos, pérdidas en consecuencia, robo de bienes	Temblor, incendio, rayos, explosión, huelgas, eventos climáticos
Comercial (incluyendo daños a bienes y responsabilidad civil)	Edificios y actividades ,remoción de escombros, robo, daño accidental, responsabilidad general	Temblor, erupción volcánica, incendio, eventos hidrometeorológicos
Comercial	No descrita	Temblor, erupción volcánica, incendio, rayos, explosión, huelgas, manifestaciones, descontento social, vandalismo, eventos hidrometeorológicos
Responsabilidad civil marítima (a)	Daños a terceros (barcos, carga y otros) incluyendo daños por demora, responsabilidad por daños a terceros, remoción de escombros, contaminación súbita y accidental, responsabilidad legal	Incendio, guerra, huelgas, terrorismo

Fuente: Autores de este reporte

apartado “Inundaciones”).

- Interrupción de servicios ferroviarios de Ferromex durante un periodo de 17 días debido a la reconstrucción del puente que cruza el Río Armería, que fue destruido por un aumento del flujo del río después del Huracán Jova en 2011.
- Cierre del puerto por la Capitanía de Puerto como preparación a fuertes tormentas tropicales y huracanes.

3.12.4. Respuesta de la industria aseguradora al cambio climático

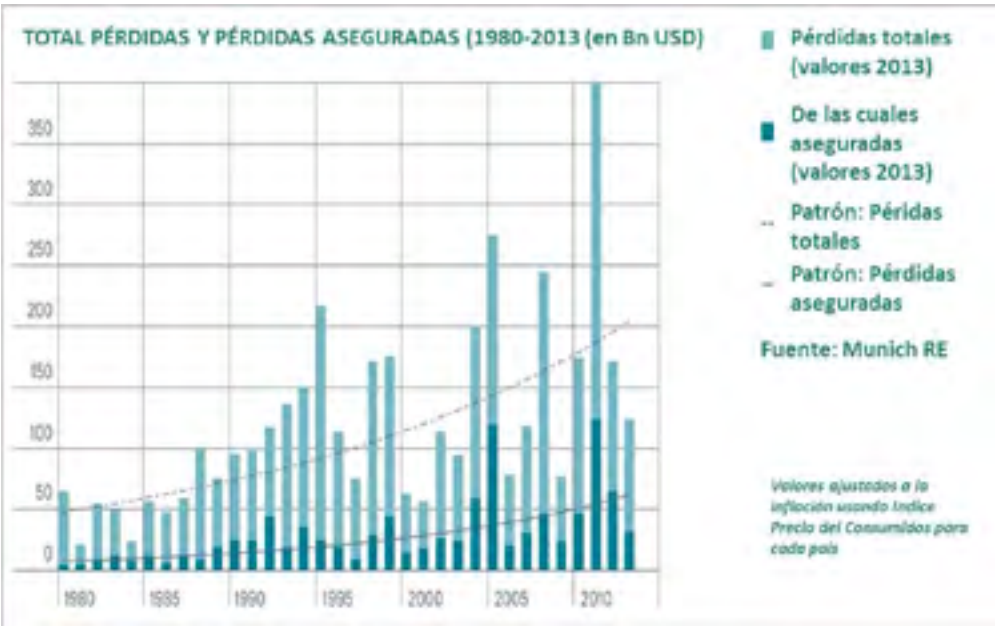
La industria aseguradora está registrando incrementos en las pérdidas a nivel global, debido a catástrofes relacionadas con el clima (Figura 3.66). Varios factores explican esta tendencia a la alza, incluyendo más alto valor de las propiedades y coberturas de seguros más grandes, además de aumento del número de siniestros relacionados al clima y cambio climático. Mientras que el número de eventos geofísicos (temblor, tsunami y erupción volcánica) ha permanecido casi constante en el periodo 1980 a 2013, en la es claro que eventos meteorológicos, eventos hidrológicos y los llamados eventos climatológicos han sido más frecuentes. Desde los 1980s, el número de catástrofes con pérdidas relevantes relacionadas con el clima se ha casi triplicado.

La Figura 3.68 muestra los países mas afectados por catástrofes naturales en 2013. México fue el séptimo país más afectado a nivel mundial en términos del número de siniestros y el sexto más afectado en términos de pérdidas totales. Los eventos meteorológicos fueron los eventos más comunes en México en ese año (Figura 3.68, panel superior), y las fuentes principales de las pérdidas de los países (Figura 3.68, panel inferior).

La industria aseguradora se ha manifestado al respecto del cambio climático por más de una década, expresando sus preocupaciones en cuanto a que, sin una fuerte acción para reducir las emisiones de efecto invernadero, habrá mayores cambios en el panorama del riesgo a nivel mundial y amenazas al bienestar y economía. En noviembre de 2013, se publicaron tres iniciativas de seguros[li] con una membresía compuesta por más de 100 aseguradoras líderes mundiales en una Declaración Global de la Industria Aseguradora, “Construyendo comunidades y economía resilientes al cambio climático y a desastres: Cómo la industria aseguradora y los gobiernos pueden trabajar juntos más efectivamente”[281]. Esto explica que la industria vea la necesidad de que actores públicos y privados se com-

FIGURA 3.66

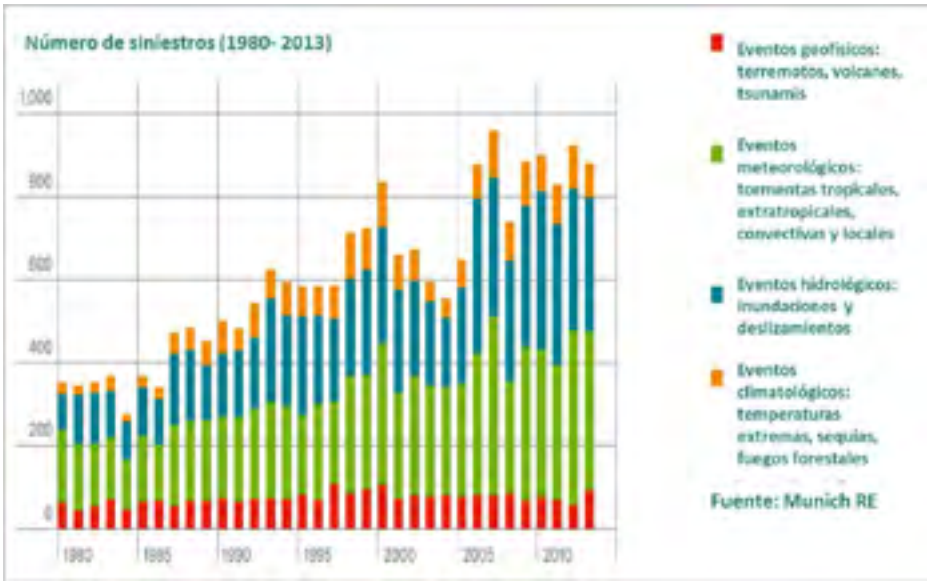
Siniestros a nivel mundial (pérdidas totales y pérdidas aseguradas) debidas a catástrofes naturales mayores desde 1980 a 2013.



Fuente: Münich Re 2014 [278]

FIGURA 3.67

Número de siniestros a nivel mundial por tipo de catástrofe natural desde 1980 a 2013.



Fuente: Munich Re 2014 [279]

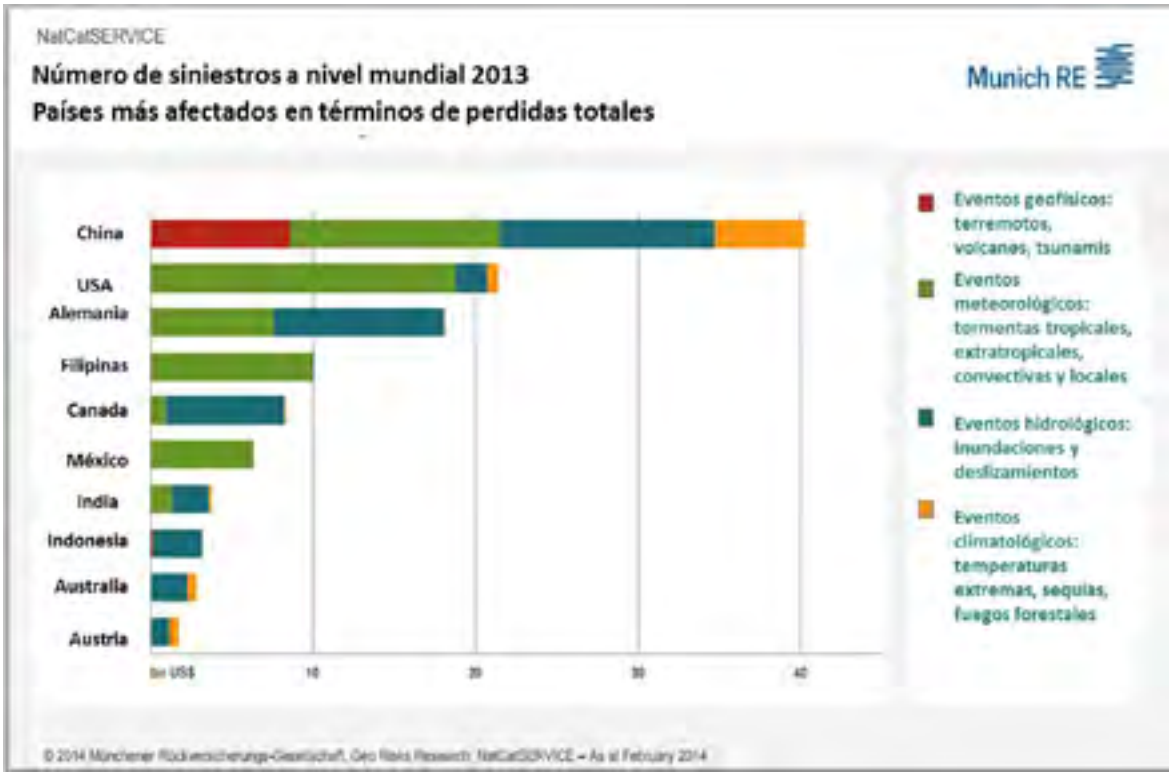
prometan en un "amplio debate social sobre el uso del seguro en el contexto del desarrollo de la resiliencia al cambio climático y desastres". Esto plantea algunas de las áreas críticas de acción en las que las aseguradoras han acordado avanzar, concretamente:

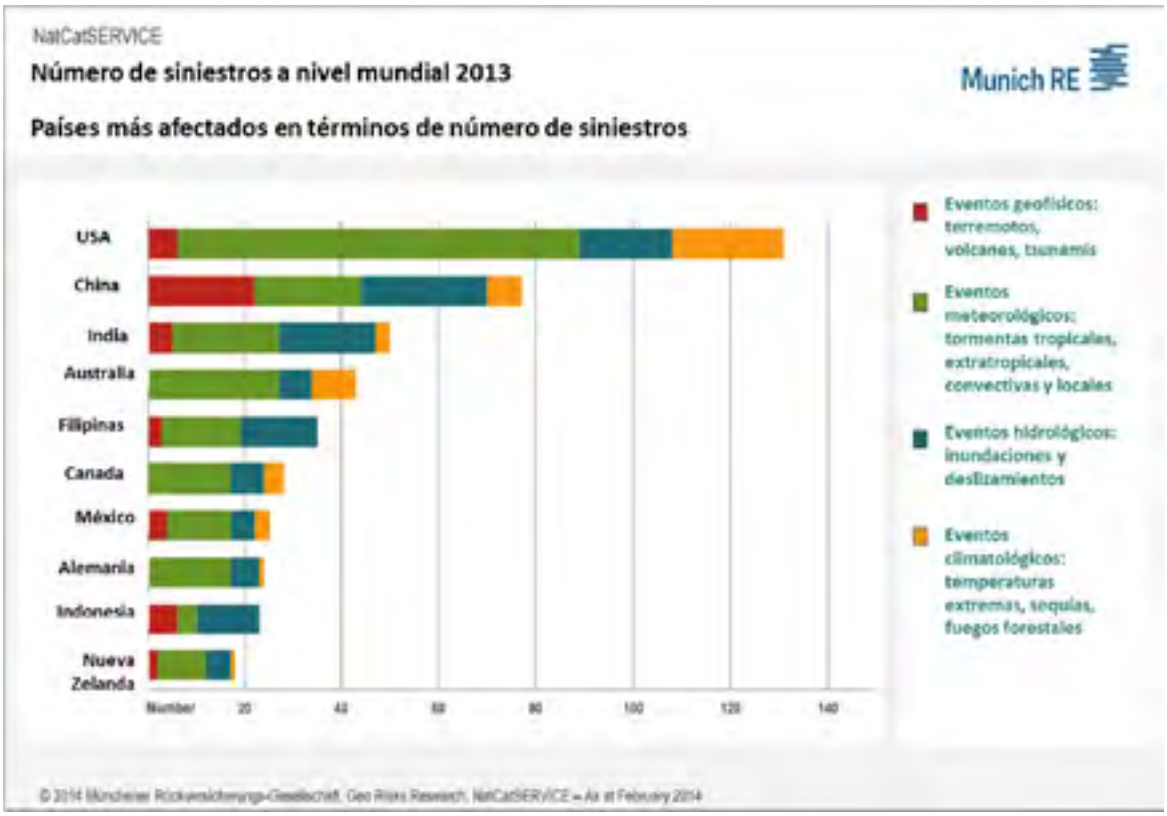
- Demostrando liderazgo para decarbonizar la actividad económica a la escala y paso demandado por el consenso científico y apoyando la correspondiente toma de decisiones del sector público
- Identificando y desarrollando incentivos para reducir el riesgo por el cambio climático promoviendo la conciencia ante el riesgo, prevención del riesgo y soluciones para reducción del riesgo que contribuyan a construir adaptación a los efectos del cambio climático incluyendo resiliencia al desastre
- Donde los riesgos no pueden ser efectivamente reducidos o conservados, apoyando la transferencia de tales riesgos a través de mecanismos de seguros incluyendo mecanismos de riesgo compartido
- Considerando cómo la industria aseguradora responde a los eventos relacionados al riesgo del cambio climático se pueden moldear comportamientos y decisiones gubernamentales, comunidades y negocios en la administración de los riesgos del cambio climático

En la práctica, estas acciones implican que los puertos (entre otros) puedan enfrentar primas más altas y deducibles más altos si hacen más reclamaciones por siniestros relacionados al clima, mientras los siniestros se vuelven más frecuentes debidos al cambio climático, también se puede esperar que las compañías aseguradoras tomen un rol más activo participando con sus clientes en la resiliencia climática. Los puertos con planes de adaptación al cambio climático vigentes podrían solicitar que sus aseguradoras les brinden condiciones de seguro más favorables.

FIGURA 3.68

Siniestros a nivel mundial en 2013 por número de siniestros (panel superior) y pérdidas totales (panel inferior).





Fuente: Munich Re 2014 [280]

3.13. Resumen de evaluación de riesgos

Siguiendo la metodología para la priorización de riesgos descrita en la Sección 1.5 y el Anexo 1, se asignaron valores de riesgo para cada uno de los riesgos que se describen en las Secciones 3.1 a la 3.12 de este estudio. Los riesgos calificados como de "alta prioridad" se resumen en la Tabla 3.56, mientras que los considerados como de prioridad media o baja se muestran en la Tabla 3.57.

Los valores asignados reflejan los niveles de riesgo para el puerto en su conjunto, pero, en donde se considera importante, la Tabla 3.56 y Tabla 3.57 proveen información especifica sobre terminales con riesgos particulares y mayores riesgos que el promedio del puerto.

Las medidas de adaptación para hacer frente a estos riesgos han sido identificados en las Secciones 3.1 a 3.12. Estas son evaluadas en más detalle en las Secciónes 4.2 y 5 a continuación.

TABLA 3.56

Resumen de riesgos prioritarios para el Puerto de Manzanillo.

Area de riesgo del puerto		Riesgo climático	Vulnerabilidad actual es alta
RIESGOS DE ALTA PRIORIDAD			
DAÑOS A LA INFRAESTRUCTURA, EDIFICIOS Y EQUIPO		El aumento en la frecuencia de las lluvias causa daño en la infraestructura y equipo debido a inundaciones superficiales	A
SERVICIOS PORTUARIOS		El incremento en la frecuencia de las lluvias causa aumento en la sedimentación de la cuenca del puerto, reduciendo el tamaño de calado para los buques y el acceso a las terminales	A
RUTAS COMERCIALES	Pérdida de Conectividad del Puerto con las rutas de transporte terrestre	Aumento en la frecuencia de las lluvias causa inundaciones con aguas superficiales en los caminos de acceso internos y de entrada, causando trastornos en las operaciones del puerto	A
		Aumento en la frecuencia de las lluvias causa inundaciones con aguas superficiales de las vías férreas internas del puerto, causando trastornos en las operaciones del puerto	A

Fuente: Autores de este reporte

Los impactos proyectados por el cambio climático son grandes	Las decisiones tienen tiempos de espera muy largos o efectos a largo plazo	Escala incierta del riesgo futuro (pero podría ser grande)	Comentarios (incluyendo las terminales enfrentando mayores vulnerabilidades / riesgos)
A	M	M	Riesgo reputacional actual alto con clientes internacionales. Riesgo reputacional futuro alto. Todas las terminales se ven afectadas
A	M	M	Riesgo reputacional actual alto con clientes internacionales .Riesgo reputacional futuro alto. Todas las terminales se ven afectadas
A	M	M	Riesgo reputacional actual alto. Riesgo reputacional futuro alto. Todas las terminales se ven afectadas
A	M	M	Riesgo reputacional actual alto. Riesgo reputacional futuro alto.Todas las terminales se ven afectadas

TABLA 3.57

Resumen de riesgos no prioritarios para el Puerto de Manzanillo.

Area de riesgo del puerto	Riesgo climático	Vulnerabilidad actual Alta
RIESGOS DE PRIORIDAD MEDIA Y BAJA		
ALMACENAMIENTO DE MERCANCIAS	Aumento de las temperaturas promedio y máxima causa incremento de los costos de refrigeración y congelación	B
MANEJO DE MERCANCIAS	Aumento en la intensidad de las lluvias causa incremento de paros en el equipo de manejo, por ejemplo, visibilidad del operador de la grúa y del montacargas	B
	Un menor número de días de lluvia reduce las demoras por lluvia en la carga y descarga de los buques	B
	Aumento del nivel del mar combinado con marejadas provoca inundaciones en el puerto que resultan en paros en el manejo de mercancías	B
	Aumento en la intensidad máxima y duración de los ciclones tropicales provoca incremento de paros en las actividades de manejo	B
DAÑOS A LA INFRAESTRUCTURA, EDIFICIOS Y EQUIPO	La velocidad del viento en las tormentas extremas daña el equipo de manejo	B
	Aumento del nivel del mar combinado con marejadas provoca inundaciones en el puerto que resultan en daño al equipo del puerto y a su infraestructura	B
SERVICIOS PORTUARIOS	Incremento en la intensidad de las lluvias requiere incremento del mantenimiento del sistema de drenaje del puerto.	M
	Aumento en la intensidad máxima y duración de los ciclones tropicales asociado con el viento y la actividad de las olas conducen al cierre del puerto, problemas de amarre y downtime operacional	B
	Incremento en el nivel del mar promedio reduce la disponibilidad de amarre al exceder el límite mínimo de altura del muelle de los buques	B

Fuente: Autores de este reporte

Los impactos proyectados por el cambio climático son grandes	Las decisiones tienen tiempos de espera muy largos o efectos a largo plazo	Escala incierta del riesgo futuro (pero podría ser grande)	Comentarios (incluyendo las terminales enfrentando mayores vulnerabilidades / riesgos)
L	L	L	
M	M	M	
B (+vo)	B	M	Mayor riesgo para minerales, granos y terminales de concentración de contenedores: OCUPA, CEMEX, APASCO, FRIMAN, MULTIMODAL, TIMSA, GRAN, USG, LA JUNTA
M	B	A	
M	B	A	PEMEX en mayor riesgo comparado con otras terminales debido a la mayor exposición al viento y a la actividad de las olas
B	B	A	En mayor riesgo terminales de contenedores con grúas
B	B	A	Todas las terminales enfrentan riesgos similares de inundaciones por el aumento del nivel del mar combinado con marejadas
M	M	M	
M	B	A	PEMEX en mayor riesgo comparado con otras terminales debido a la mayor exposición al viento y a la actividad de las olas
M	B	M	

TABLA 3.57

Resumen de riesgos no prioritarios para el Puerto de Manzanillo.

Area de riesgo del puerto		Riesgo climático	Vulnerabilidad actual Alta
RIESGOS DE PRIORIDAD MEDIA Y BAJA			
RUTAS COMERCIALES	Transporte terrestre en una red más amplia	Las tormentas tropicales, inundaciones y nieve afectan la ampliación de las redes carreteras y ferroviarias en México usadas por los usuarios del puerto, causando interrupciones y demoras en el movimiento de mercancías desde y hacia el puerto	B
	Transporte Marítimo	Incremento de los trastornos al transporte marítimo regional e internacional por las tormentas tropicales	M
AMBIENTAL		Aumento de problemas por la generación y dispersión de polvo en condiciones secas tanto dentro del puerto como en las áreas municipales de los alrededores.	M
		Factores climáticos cambiantes y la expansión del puerto afectan el desempeño ambiental de APIMAN y los costos del seguro para el hábitat del manglar	B
		Incremento de pérdida de la calidad del agua y del hábitat bentónico debido al incremento en el mantenimiento de dragado y eliminación del material de dragado	B
SOCIAL		Cambios en la temperatura y humedad relativa conducen a condiciones más favorables para la proliferación del mosquito del dengue y de la chikungunya y por lo tanto se dan más casos de éstas enfermedades	B
		Incremento de las temperaturas máximas causa incremento en el riesgo de golpe por calor y deshidratación de los trabajadores del puerto	B
		Incremento en las temperaturas unido a baja precipitación conduce a incremento en la generación de polvo y más casos de conjuntivitis	B
		Incremento en las temperaturas unido a baja precipitación conduce a incremento en la generación de polvo lo cual afecta de manera adversa la relación del puerto con la comunidad local	M

Fuente: Autores de este reporte

Los impactos proyectados por el cambio climático son grandes	Las decisiones tienen tiempos de espera muy largos o efectos a largo plazo	Escala incierta del riesgo futuro (pero podría ser grande)	Comentarios (incluyendo las terminales enfrentando mayores vulnerabilidades / riesgos)
M	A	M	
M	B	M	
M	M	M	Mayor riesgo dentro del puerto por terminales de granel mineral y cemento APASCO, CEMEX, USG, HAZEZA.
M	B	A	
M	B	B	
B	B	M	
M	B	B	
M	M	M	
M	M	B	

235

TABLA 3.57

Resumen de riesgos no prioritarios para el Puerto de Manzanillo.

Area de riesgo del puerto	Riesgo climático	Vulnerabilidad actual Alta
RIESGOS DE PRIORIDAD MEDIA Y BAJA		
PATRONES DE DEMANDA Y CONSUMO	Impactos del cambio climático en la economía global que afectan el flujo comercial en el puerto	B
	Impactos del cambio climático en las economías de los paises con los que el puerto tiene comercio que afectan los flujos comerciales en el puerto	B
	Impactos del cambio climático en la economía de México que afectan los flujos comerciales en el puerto	B
	Cambios en la producción y precio de los productos sensibles al clima que afectan la demanda de los servicios del puerto y/o la oferta de oportunidades de desarrollo / fortalecimiento del comercio con clientes existentes o nuevos	B
COMPETENCIA CON OTROS PUERTOS	Cambios en los ciclones tropicales que afectan el atractivo de Manzanillo en relación a otros puertos	M
IMPLICACIONES DE POSIBLES ACUERDOS SOBRE EMISIONES GEI	Incremento de los precios de importación de combustible fósil que afecta el volumen del flujo de petróleo y sus derivados	B
	Efectos de la política de mitigación de GEI en la carga de gran volumen (por ejemplo minerales y vehículos) que afecta el flujo de la carga de estos productos.	B
IMPLICACIONES DE LA EVOLUCION DEL MERCADO DE SEGUROS	Incremento en daños y tastornos debidos a fenómenos extremos que llevan a un incremento de reclamos y primas de seguro y deducibles más altos para APIMAN y/o las terminales	B
	Las compañías aseguradoras ofrecen condiciones más favorables al puerto debido a la implementación de medidas que reducen el riesgo en el Plan de Adaptación	B

Fuente: Autores de este reporte

Los impactos proyectados por el cambio climático son grandes	Las decisiones tienen tiempos de espera muy largos o efectos a largo plazo	Escala incierta del riesgo futuro (pero podría ser grande)	Comentarios (incluyendo las terminales enfrentando mayores vulnerabilidades / riesgos)
M	M	A	
M	M	A	
M	M	A	
M	M	A	
M	B	A	
M	M	M	
B	M	M	
M	M	A	
B (+vo)	M	M	

4. Resumen financiero y económico

4.1. Costos generados por los impactos climáticos

En el capítulo anterior, las posibles implicaciones financieras de los riesgos del cambio climático y acciones de adaptación han sido examinadas de forma aislada para cada elemento de la cadena de valor del puerto.

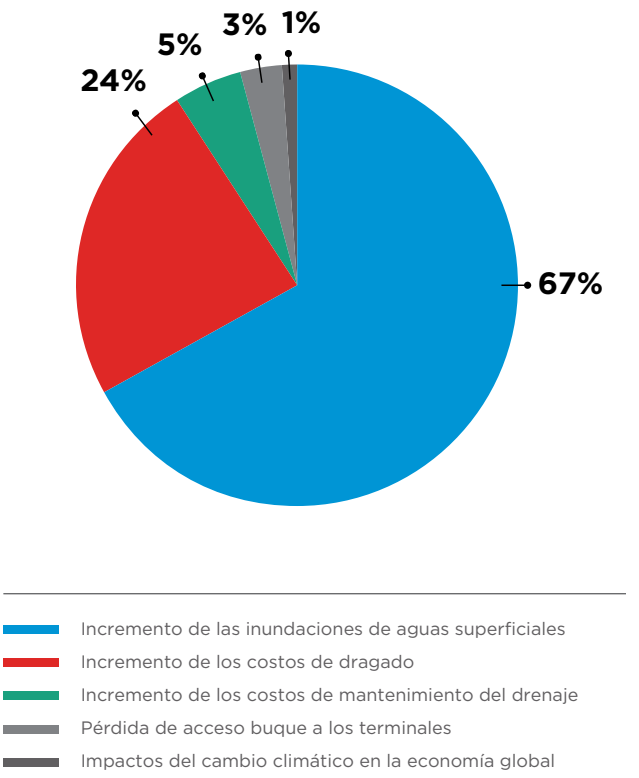
La evaluación demostró que los riesgos del cambio climático con el impacto financiero más significativo para el puerto como un todo son:

- El incremento de las inundaciones en el puerto y el incremento asociado a las interrupciones de los movimientos de vehículos y trenes (Sección 3.6.1, apartado "Inundaciones") que afectan a las terminales, e incrementan los costos de mantenimiento, afectando a API Manzanillo (Sección 3.4.2, apartado "Mantenimiento del drenaje").
- El incremento en la intensidad de la lluvia que causa mayor sedimentación en la cuenca del puerto. Esto reduce el calado para los buques, afecta el acceso a las terminales, e incrementa el mantenimiento de dragado que también interrumpe las operaciones de algunas terminales (Sección 3.4.2, apartado "Incremento en el dragado de mantenimiento").
- Los impactos del cambio climático en la economía global, que a su vez, podrían afectar el comercio a través del puerto (Sección 3.9).

Estos resultados indican que, si no se toma ninguna acción, se asumirán impactos financieros significativos para API Manzanillo y para las terminales a causa de

FIGURA 4.1

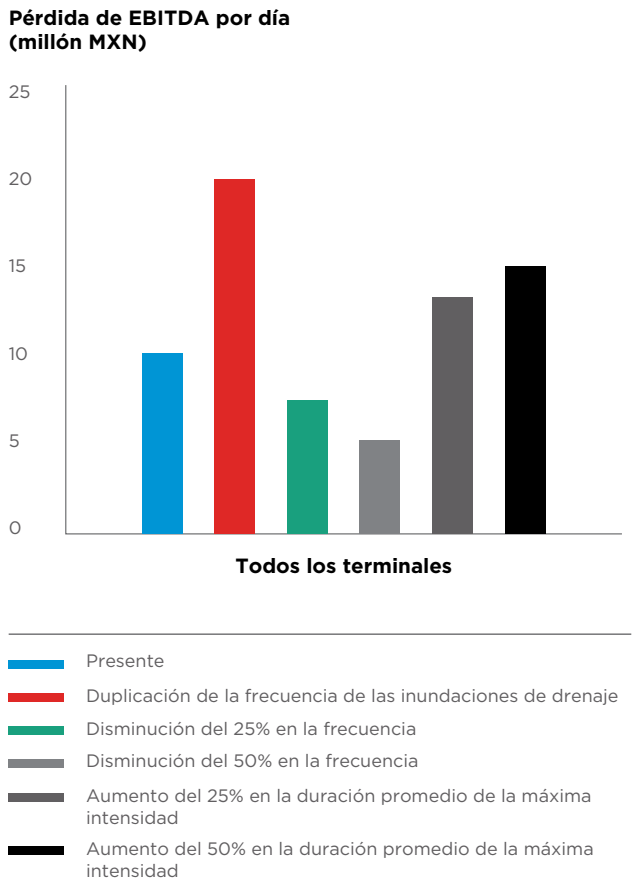
Incremento en costos anuales o pérdida de ingreso anual para 2050 para los riesgos debidos al cambio climático con impactos financieros significativos.



Fuente: Autores de este reporte

FIGURA 4.2

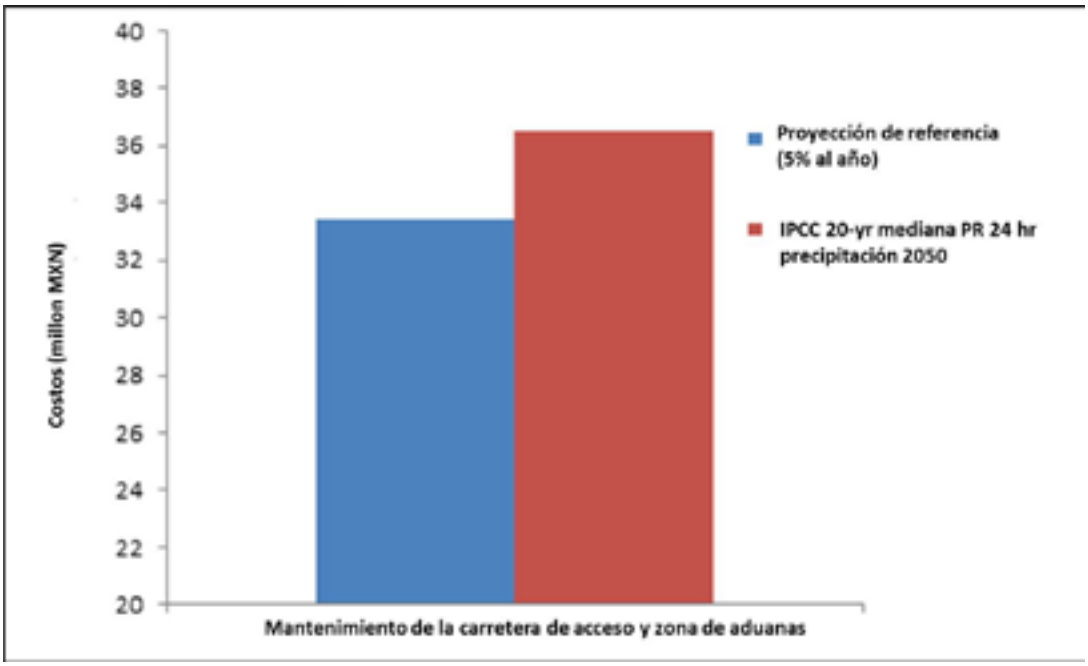
Promedio anual de la pérdida total (EBITDA por día) por downtime operacional debido a las inundaciones por aguas superficiales para todas las terminales, bajo un incremento en la frecuencia de sobrecarga del drenaje y con cambios en los escenarios de tormentas.



Fuente: Autores de este reporte

FIGURA 4.3

Incremento en el costo anual de mantenimiento de carreteras y área de aduanas en API Manzanillo debido al incremento en la intensidad de las lluvias para el 2050.



Fuente: Autores de este reporte

estos temas clave. Estos costos se resumen más adelante. Sin embargo, los impactos no son suficientemente severos como para representar riesgos a la continuidad del negocio en el puerto en el mediano o largo plazo (décadas de 2050 a 2080). Un resumen comparativo del incremento en los costos debido al cambio climático para el 2050 se proporciona en la Figura 4.1.

Ya que incrementos en el costo de la energía debido al aumento de las temperaturas es cuantificable y significativo para terminales específicas, estos también son analizaddos en esta sección.

Con respecto a otros riesgos, los impactos financieros estimados son relativamente pequeños, o no pueden ser fácilmente cuantificados, y por lo tanto no serán discutidos más adelante.

4.1.1. Incremento de las inundaciones

El estudio muestra que inundaciones, causadas principalmente por las fuertes lluvias que se dan durante las tormentas tropicales, ya representan un problema para el puerto. Adicionalmente, los clientes del puerto y la comunidad portuaria consideran que la congestión de la carretera de acceso al puerto junto con el pobre servicio de trenes son las dos principales debilidades del puerto. Estas debilidades son también un riesgo reputacional.

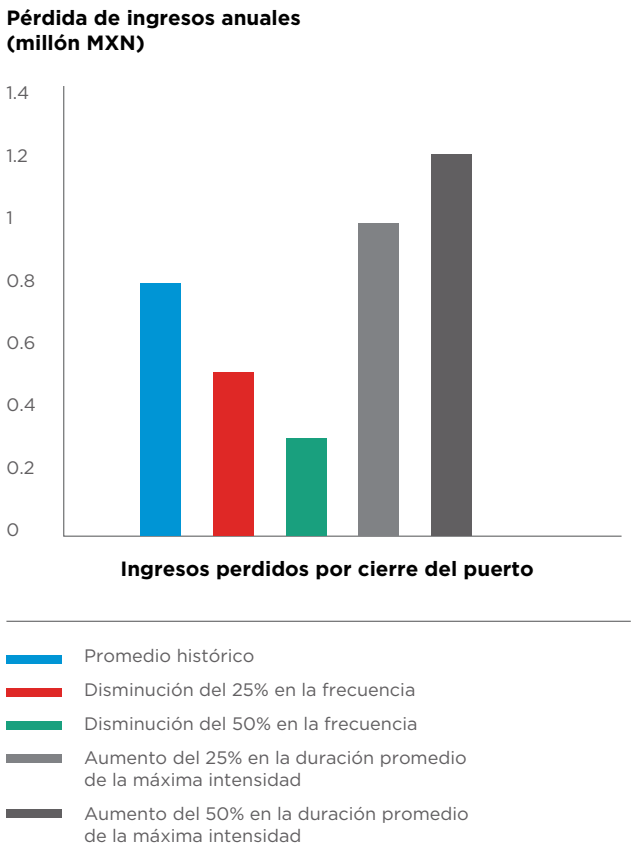
La Figura 4.2 aporta un rango de valores en el que se estima el total de posibles pérdidas (EBITDA por día) para todas las terminales, asociado con interrupciones en las operaciones generadas por las inundaciones por lluvias. En comparación con el análisis hidrológico (Sección 2.2.2, apartado “Descargas”), estos análisis de sensibilidad proyectan aproximadamente el doble de frecuencia de la sobrecarga de drenaje para 2050, y varios escenarios para tormentas que contribuyen al grado de la inundación.

Si se asume que los casos de inundaciones por lluvias y cierre de accesos de conexiones de carreteras\trenes pueden ser tratados como un tema de cierre del puerto por API Manzanillo, entonces la pérdida de ingresos para API Manzanillo puede ser cuantificada. Los impactos financieros por el cierre del puerto fueron discutidos en la Sección 3.5. El análisis muestra que los costos promedio anuales del cierre del puerto para API Manzanillo son del 0.12% del ingreso anual por cada 24 horas.

Se puedeaplicar un análisis de sensibilidad para ilustrar el efecto que tendrían cambios en las condiciones de tormentas en el ingreso del puerto (Figura 4.4).

FIGURA 4.4

Pérdida de ingresos para API Manzanillo debido al cierre del puerto por inundaciones por lluvias bajo escenarios cambiantes de tormentas.



Fuente: Autores de este reporte

4.1.2. Incremento en la sedimentación del puerto

El incremento en la sedimentación de la cuenca del puerto y en el sistema de drenaje debido al incremento de la intensidad de las lluvias tiene múltiples riesgos financieros:

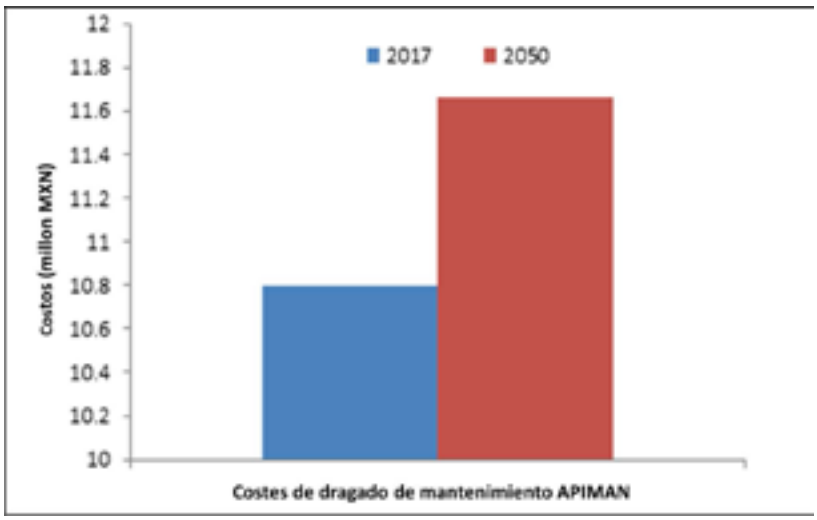
- Un incremento en el requerimiento de mantenimiento de dragado;
- Impactos de las actividades de dragado en el acceso de los buques a las terminales;
- El incremento en el mantenimiento del drenaje, por ejemplo la limpieza de las trampas de sedimento.

Mantenimiento de dragado

En este estudio el incremento potencial de la carga de sedimento a la cuenca del puerto que es generado por el cambio climático ha sido relacionado con el incremento del 8% en los valores de precipitación en 24 horas que se dan con un periodo de retorno de 1 en 20 años y que han sido estimados por el PICC para la década de 2050 (este incremento será del 10% para la década de 2080). El área de ingeniería de API Manzanillo declaró que 0.1

FIGURA 4.5

Costos de mantenimiento de dragado anual para API Manzanillo en 2017 (sin cambio climático) y 2050 (con cambio climático).



Fuente: Autores de este reporte

millones de m³ por año de sedimento serán dragados bajo el programa de mantenimiento en 2017. La Figura 4.5 muestra el incremento potencial en los costos para APl Manzanillo generados por mantenimiento de dragado para el año 2050 y tomando en cuenta el cambio climático. Esto equivale a un 1% de incremento en el Gasto de Operación Total para APl Manzanillo.

Además del mantenimiento regular de dragado como se describe arriba, las tormentas pueden traer importantes cantidades de sedimento que se depositan en el puerto, requiriendo una respuesta inmediata de APl Manzanillo fuera del calendario de mantenimiento regular. El volumen representativo del dragado inmediato que sigue a una tormenta en la actualidad es de más o menos 10,000 m³ de material (correspondiente al 10% del programa anual). La Figura 4.6 ilustra el análisis de sensibilidad sobre los cambios potenciales en el costo de dragado de emergencia relacionado con la sedimentación generada por tormentas y relacionado a los cambios en los patrones de tormentas debido el cambio climático.

Impactos de las actividades de dragado en el acceso de los buques a las terminales

Además de la reducción en el calado asociado con el dragado, los movimientos de los buques de dragado también pueden impedir el acceso a todas las terminales, y detener efectivamente las operaciones de todo el puerto. Por ejemplo, una terminal reportó un incremento en el tiempo de manejo del 50% para descargar un buque de carga (de 10 a 15 horas).

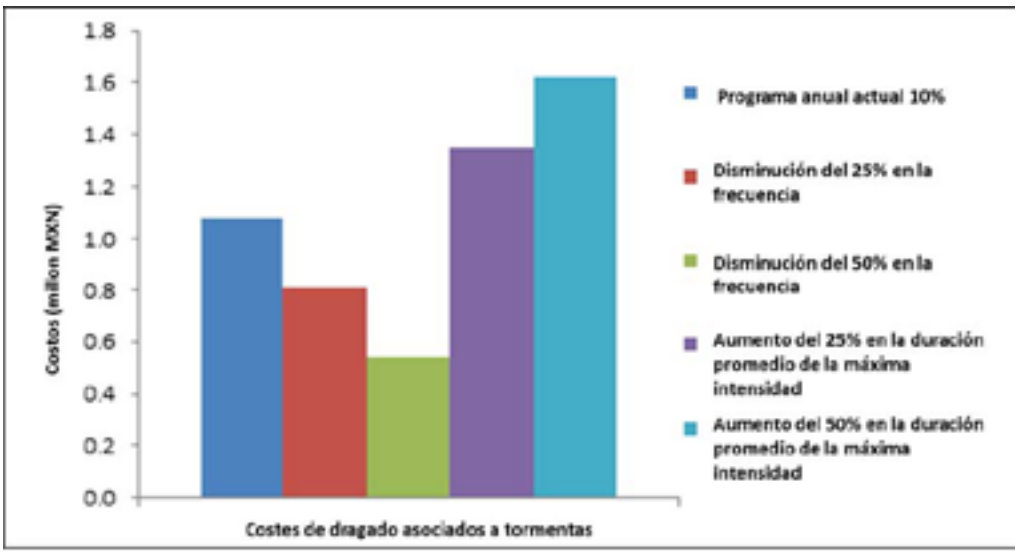
Aunque ha sido reportado por varias terminales como un problema operacional, una sola terminal proporcionó información financiera sobre el paro de actividades ocasionado por operaciones de dragado. Esta terminal declaró que en 2011, 168 horas del tiempo de operación se perdieron debido a las operaciones de dragado, con un costo de 16,706 MXN por hora. No fue reportado ningún paro de actividades para otros años, lo que sugiere que este único registro representa un evento notable de sedimentación relacionado a una tormenta tropical.

Si se toman los 16,706 MXN por hora como una cifra promedio representativa para una terminal en el puerto, entonces el costo total para todas las terminales (16,706 MXN x 14) es de 233,884 MXN por hora. Con un incremento proporcional del 8% en la deposición de sedimento podría entonces resultar en un costo adicional por hora para las terminales de 18,710 MXN. La Figura 4.7 ilustra un análisis de sensibilidad del efecto potencial de los escenarios cambiantes de tormentas y que resultan en requerimientos de dragado por sedimentación y el paro de la terminal debido a los movimientos del buque.

Así como es el caso con las inundaciones por lluvias, la operación del buque de dragado puede detener la entrada de los buques al puerto. Además de los costos

FIGURA 4.6

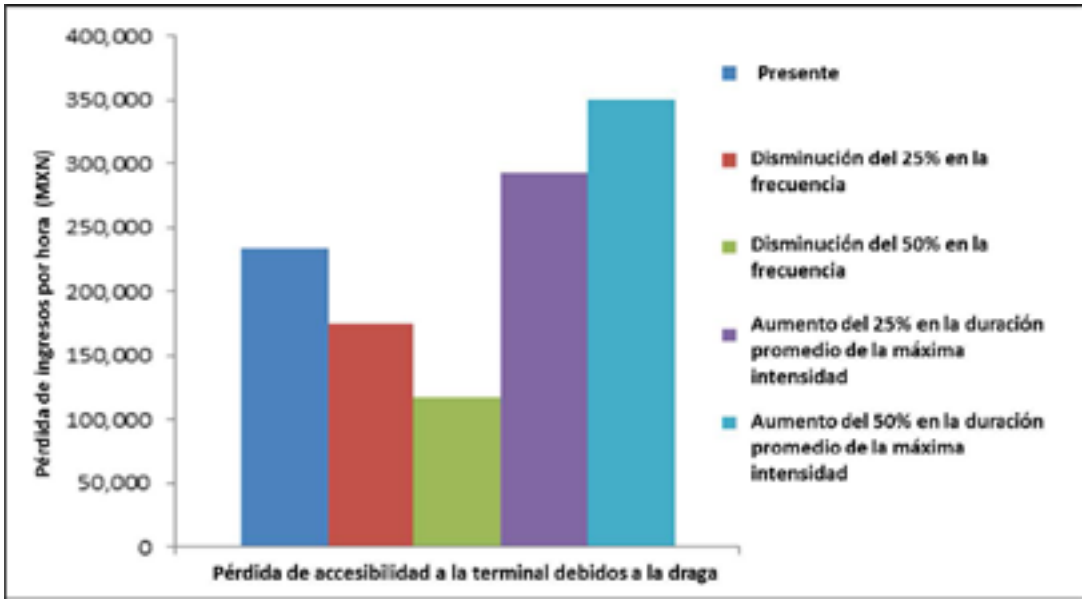
Costos de dragado para APl Manzanillo relacionados con tormentas bajo escenarios cambiantes de tormentas.



Fuente: Autores de este reporte

FIGURA 4.7

Pérdida de ingreso por hora por la presencia del buque de dragado deteniendo el acceso a las terminales. Efecto agregado en todas las terminales.



Fuente: Autores de este reporte

que genera la operación del buque para API Manzanillo, se estima también una reducción de ingresos para API Manzanillo de aproximadamente 0.005% por hora, debido el cese de movimientos (67,000 MXN en 2015).

Incremento en el mantenimiento de drenaje

En lo que respecta al mantenimiento del drenaje, el nivel del costo asociado a la limpieza del sedimento, desperdicio y otros materiales que se vierten en el sistema de drenaje puede estar relacionado con los incrementos en la frecuencia de fenómenos hidrológicos intensos y los cambios en la actividad de las tormentas. Se ha aplicado un análisis de sensibilidad para ilustrar los efectos potenciales de las tormentas, bajo escenarios futuros, en el costo del mantenimiento del drenaje, expresado en millones de pesos y como un porcentaje del Gasto de Operación Total de API Manzanillo (Figura 4.8).

4.1.3. Incremento de los costos de energía debido al incremento de las temperaturas

El estudio evaluó los impactos financieros del incremento de los costos energéticos que se podrían generar con un incremento en las temperaturas a causa del cambio climático. Este es un riesgo que afecta en primer lugar a las terminales.

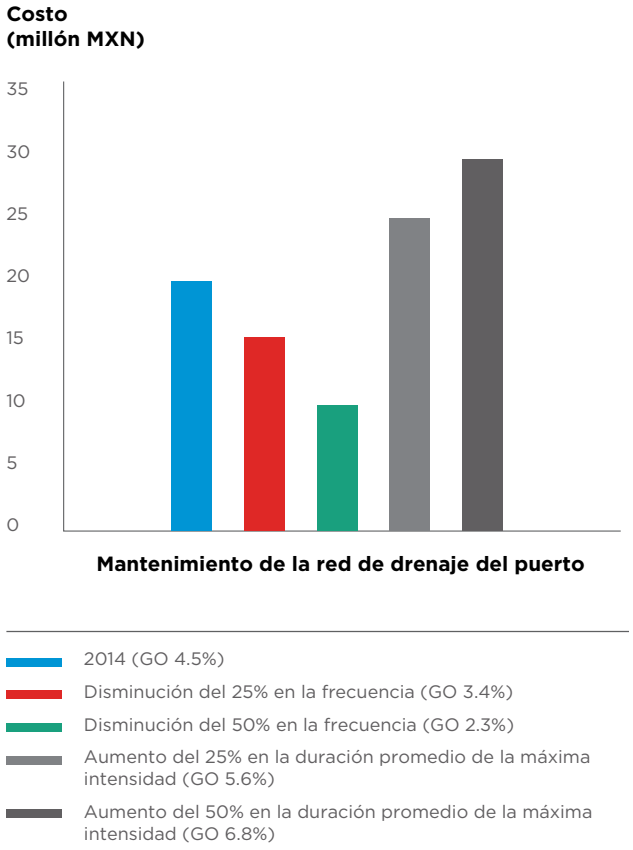
Existe una relación positiva importante entre las temperaturas promedio mensuales y el costo de energía para congelación en la terminal de una terminal de referencia. Este equivalía aproximadamente a un incremento promedio anual de costos de energía del 5% por cada grado de incremento en la temperatura promedio.

Basado en las proyecciones de incrementos de la temperatura promedio que serán generados por el cambio climático, se estimaron los incrementos en los costos de energía generados por enfriamiento de productos para las terminales con almacenes de refrigeración/congelación y aquellos con reefers (Nótese que no todas las terminales con reefers aportaron sus datos de costos de energía). Un resumen de los resultados promedio calculado a partir de los datos de tres terminales se ofrece en la Figura 4.9.

Los datos proporcionados por cada terminal mostraron que el total de los gastos de energía para refrigeración son relativamente bajos, así que las altas temperaturas no son un peligro significativo para el puerto en su conjunto. Sin embargo para terminales especializadas con contenedores refrigerados o congelados, el impacto financiero es más significativo y se justificaría invertir para mitigar sus efectos.

FIGURA 4.8

Costos de mantenimiento del drenaje anual para API Manzanillo bajo escenarios cambiantes de tormentas.



Fuente: Autores de este reporte

4.1.4. Impactos del cambio climático en el comercio total

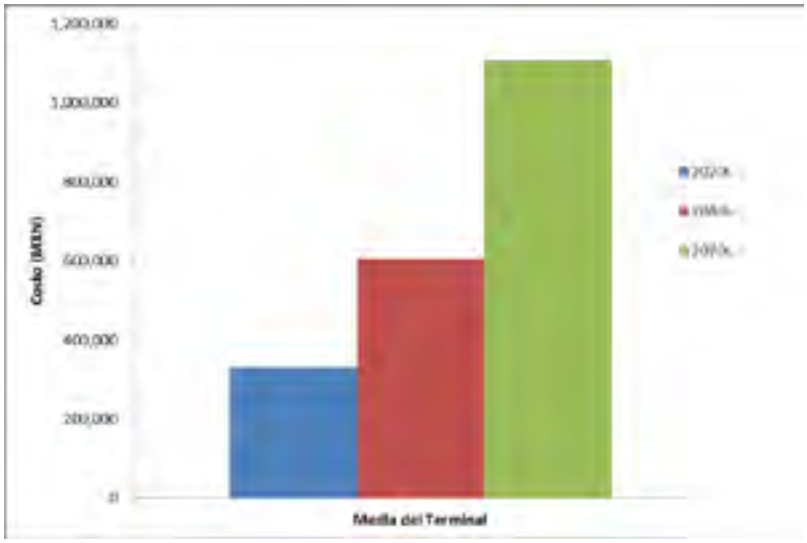
El estudio evaluó cómo los impactos del cambio climático en la economía global podrían afectar el comercio total a través del puerto. Se identificó una fuerte correlación entre el PIB global y el ingreso en el puerto (ver Sección 3.9), por lo que se concluye que los impactos del cambio climático en la economía del mundo pueden afectar directamente al comercio en el puerto. La elasticidad del ingreso del puerto con respecto al PIB global es cerca de 3 (esto quiere decir que un incremento del 1% en el PIB global lleva a un incremento del 3% en los ingresos del puerto). En este sentido, un 1% de reducción en el PIB mundial lleva a 1.5% de reducción en el ingreso del puerto.

Claramente, varios factores clave afectan las fluctuaciones en los movimientos de carga y los ingresos asociados del puerto, tales como la competencia con otros puertos, relaciones con clientes y circunstancias socio-económicas en países que son socios comerciales importantes. Por tanto es desafiante inferir cambios en el ingreso del puerto a partir de cambios en el PIB mundial debido a los impactos del cambio climático. Más aún, existe una gran incertidumbre con respecto a los impactos del cambio climático en la economía global.

Sin embargo, el estudio usó estimaciones de los impactos del cambio climático del Informe Stern en cuanto a los aspectos económicos del cambio climático ('Stern

FIGURA 4.9

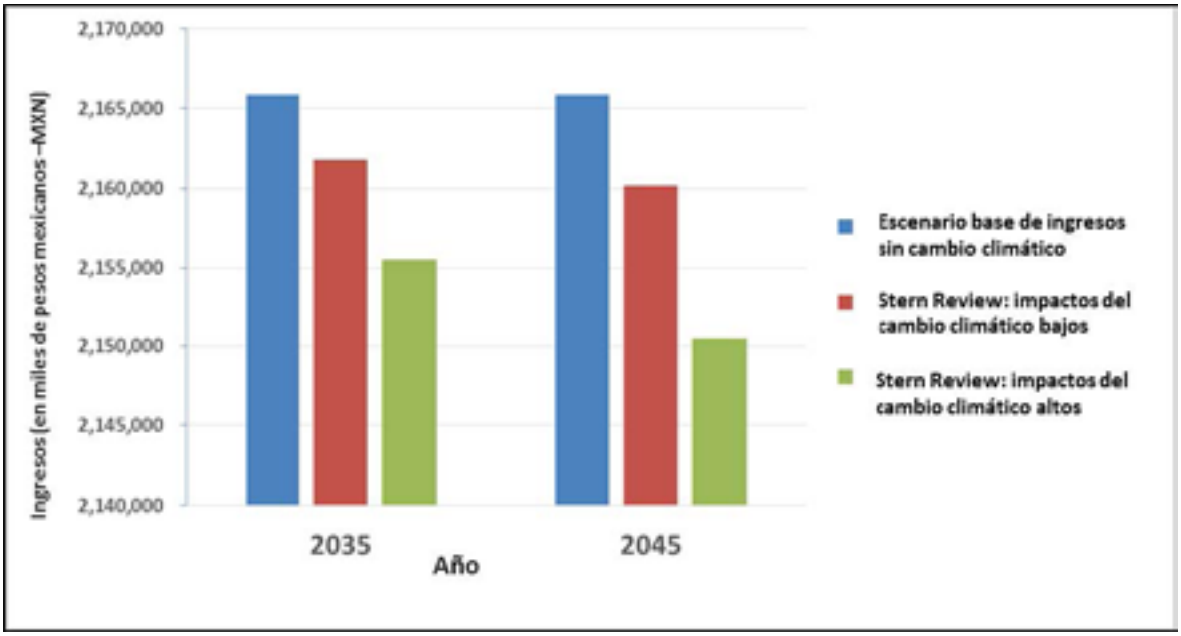
Incrementos potenciales en los costos medios anuales de energía debido al aumento de temperaturas. Valores medios estimados considerando tres terminales de referencia con almacenes, áreas de refrigeración o congelación, comparado al día de hoy.



Fuente: Autores de este reporte

FIGURA 4.10

Efectos estimados en el ingreso del puerto en 2035 y 2045 debido a las pérdidas del PIB global por el cambio climático.



Fuente: Autores de este reporte

Review 2007')[282]. Estos conducen a estimaciones de pérdidas de ingreso proyectadas para el puerto con valores del -0.30% al -0.95% para la década de 2020 y entre -0.38% y -1.88% para la década de 2050. Las estimaciones que se presentan en la Figura 4.10 son para el periodo entre el 2035 y el 2045, usando escenarios de impacto climático bajo y alto de Stern.[lii] Estos indican pérdidas de ingresos de entre 4 a 10 millones MXN aproximadamente para el 2035, y de 6 a 15 millones MXN para el 2045 (no descontadas).

4.1.5. Otros riesgos

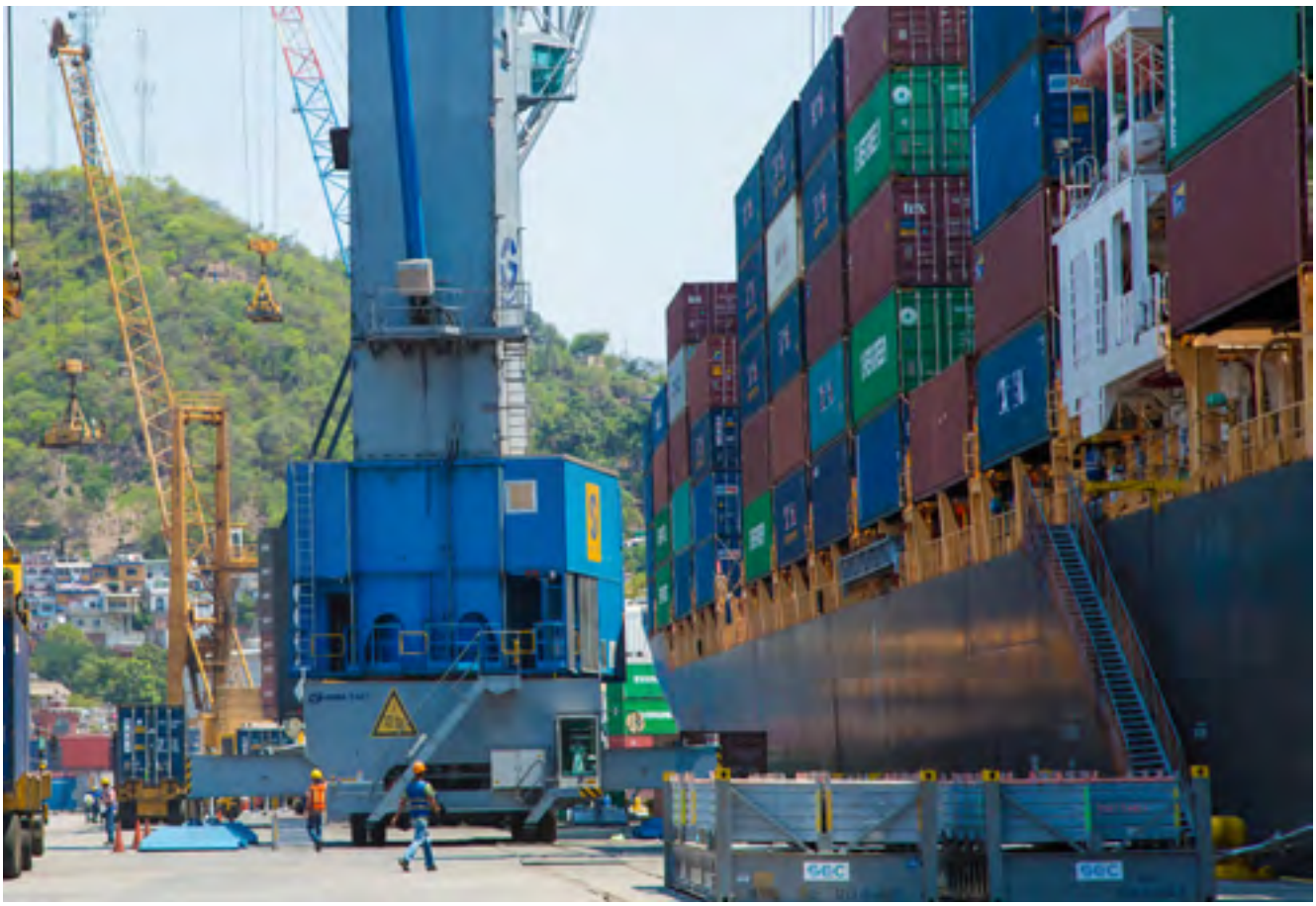
Se ha concluido que es poco probables que otros riesgos generados por el cambio climático que pueden afectar a los puertos en general representen un problema en el caso de Manzanillo y no se cree que puedan resultar en un costo financiero significativo para API Manzanillo y\o las terminales, aunque los impactos potenciales no pueden ser totalmente excluidos. Estos incluyen:

- El manejo de mercancías, el cual no se espera que sea significativamente afectado por el aumento de las lluvias intensas y los cambios en la velocidad del viento;
- El daño a la infraestructura y equipo del puerto, el cual es debido al incremento en los ciclones tropicales extremos (Categoría 4 y 5) y tormentas extremas que causan inundaciones costeras. La probabilidad de estos eventos es baja en Manzanillo;
- Los temas de navegabilidad y disponibilidad de amarre debido al clima extremo no aplican a todo el puerto, aunque son significativos para la terminal de PEMEX. Los incrementos en el nivel del mar se encuentran dentro de los límites de amarre;
- El mantenimiento de los hábitats del manglar alrededor del puerto es emprendido en negociación con SEMARNAT, y cubierto por un seguro pagado por API Manzanillo. No se prevee que factores tales como el aumento del nivel del mar tengan un efecto significativo en los manglares en Manzanillo, sin embargo hay una alta incertidumbre sobre el tamaño de los impactos;
- Los efectos de los eventos de clima extremo en el transporte marítimo.

4.1.6.
Impactos benéficos del cambio climático

La evaluación también revela que el cambio climático podría traer potencialmente algunos impactos financieros positivos para las terminales debido a la disminución de las lluvias. Si las tendencias observadas continúan, el puerto experimentará una reducción del 6% de las lluvias diarias durante la temporada de lluvias (<1mm) para el 2020 y reducciones de hasta el 23% para el 2040.

Esto resultará en una reducción del tiempo de inoperatividad en la carga\descarga de mercancías debido a la lluvia para terminales específicas que manejan productos sensibles a la lluvia, por ejemplo productos agrícolas y granel mineral, así como para terminales involucradas en la consolidación y manejo de carga contenerizada.



4.2. Análisis de efectividad del costo de medidas que ofrezcan acciones de adaptación

Las medidas de adaptación para tratar todos los riesgos identificados en este estudio fueron discutidas en la sub-secciones de la Sección 3, incluyendo medidas que:

- Construyen capacidad de adaptación: estas son discutidas más a detalle en el Plan de Adaptación (Sección 5).
- Implementan acciones de adaptación al reducir los riesgos del cambio climático o al sacar partido de las oportunidades que se generan. Estas se dividen en cuatro sub-categorías:
  - Operacional: cambios en procesos y procedimientos;
  - Soluciones de ingeniería/carácter estructural, conocidas como 'medidas grises';
  - Medidas de adaptación en base a ecosistema, llamadas 'medidas verdes';
  - Híbridas: una combinación de medidas verdes y grises.

Más adelante se proporciona un análisis de alto nivel de la efectividad del costo de las medidas que proporcionan acciones de adaptación para los riesgos prioritarios identificados en el estudio. El enfoque usado está alineado con la literatura reciente sobre el análisis de efectividad de los costos de las medidas de resiliencia climática.[283]

Los riesgos prioritarios considerados son:

- El incremento en la intensidad de las lluvias que causan inundaciones por lluvias en la carretera de acceso interno y conexiones férreas y entrada del puerto, causando interrupciones en las operaciones del puerto;
- El incremento en la frecuencia de las lluvias intensas que causan daños a la infraestructura y al equipo a causa de las inundaciones por lluvias;
- El incremento en la intensidad de las lluvias que causan incremento en la sedimentación de la cuenca del puerto, reduciendo el calado para los buques y el acceso a las terminales.

El análisis comparativo de la efectividad del costo de todas las medidas de adaptación operacionales, grises, verdes e híbridas para estos riesgos se presenta de la Figura 4.11 a la Figura 4.13. Los valores atribuidos bajo, medio y alto que se muestran en la Tabla 4.1 son primordialmente una comparación relativa de los costos y efectividad de cada opción basado en el juicio de expertos, la transferencia de valores de la literatura que había disponible, y en la aplicación de un criterio del estudio específico. Debe hacerse notar que un costo alto no necesariamente resulta en una adaptación más efectiva. Puede haber medidas de bajo costo con alta efectividad.

Los hallazgos son discutidos en más detalle en el Plan de Adaptación (Sección 5).

TABLA 4.1

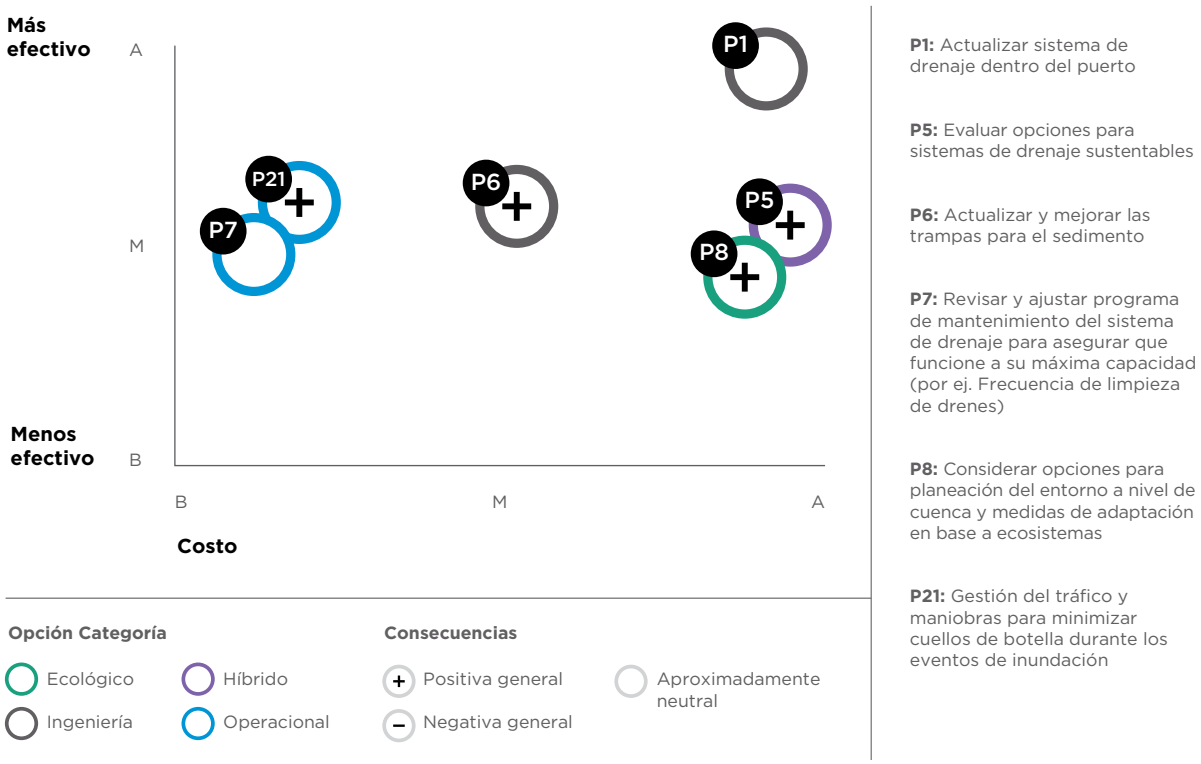
Criterios de costo-eficiencia.

COSTO	
A	Inversión significativa en medidas de adaptación operacionales, grises, verdes, híbridas
M	Inversión moderada en medidas de adaptación operacionales, grises, verdes o híbridas
B	Inversión menor, principalmente medidas operacionales
EFECTIVIDAD	
A	La medida ha tenido efecto contra 100 % del riesgo\impacto
M	La medida tiene una reducción mínima garantizada de 50-99% del riesgo\impacto
B	La medida tiene una reducción mínima garantizada de <50 % del riesgo\impacto

Fuente: Autores de este reporte

FIGURA 4.11

Pérdida de la conectividad del puerto por la inundación por lluvias.



Fuente: Autores de este reporte

El siguiente tablero describe el tipo de medida de adaptación y sus consecuencias adicionales.

'Consecuencias adicionales' se refiere a las medidas de adaptación que tienen efectos más amplios, más allá del riesgo a ser considerado. Estos factores pueden incluir la reducción de riesgos fuera del puerto relacionados con el clima y aportar beneficios a la biodiversidad.

Las siguientes conclusiones de alto nivel pueden hacerse en base a los resultados del análisis de costo eficiencia:

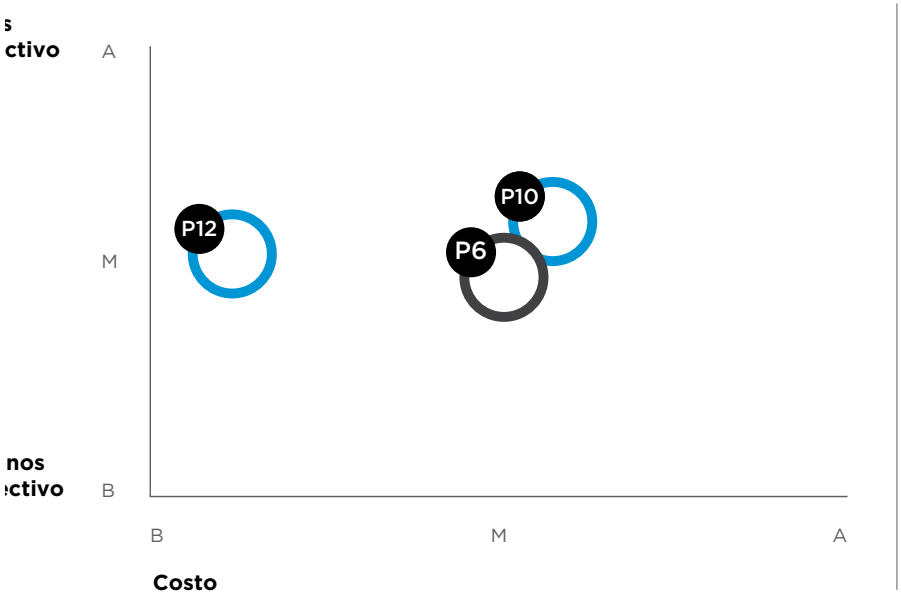
- Medidas operacionales (mostradas en azul) tienden a ser de bajo costo y tener una efectividad media para reducir el riesgo;
- Las medidas de diseño de ingeniería o estructurales (grises) son frecuentemente más efectivas para reducir el riesgo. Sin embargo, son generalmente más costosas y tienen pocas consecuencias positivas (benéficas) adicionales;
- Las opciones basadas en ecosistemas (verdes) e híbridas (moradas) tienen más consecuencias positivas adicionales, pero no son típicamente tan efectivas como las opciones de diseño de ingeniería para la reducción de riesgos. Tienden a ser más complejas de implementar, y la evidencia basada en ellas es más débil, así que hay cierta incertidumbre respecto a su efectividad.

4.2.1. Costo eficiencia – actualizar el sistema de drenaje e instalación de trampas de sedimento adicionales

Un análisis detallado del costo y desempeño financiero de la actualización del sistema de drenaje fue presentado en la Sección 3.4.2, incluyendo el incremento máximo de su capacidad de drenado y la instalación de trampas de sedimento adicionales.

FIGURA 4.12

Incremento en la intensidad de las lluvias que causan aumento de la sedimentación de la cuenca del puerto.



P6: Actualizar y mejorar las trampas de sedimento

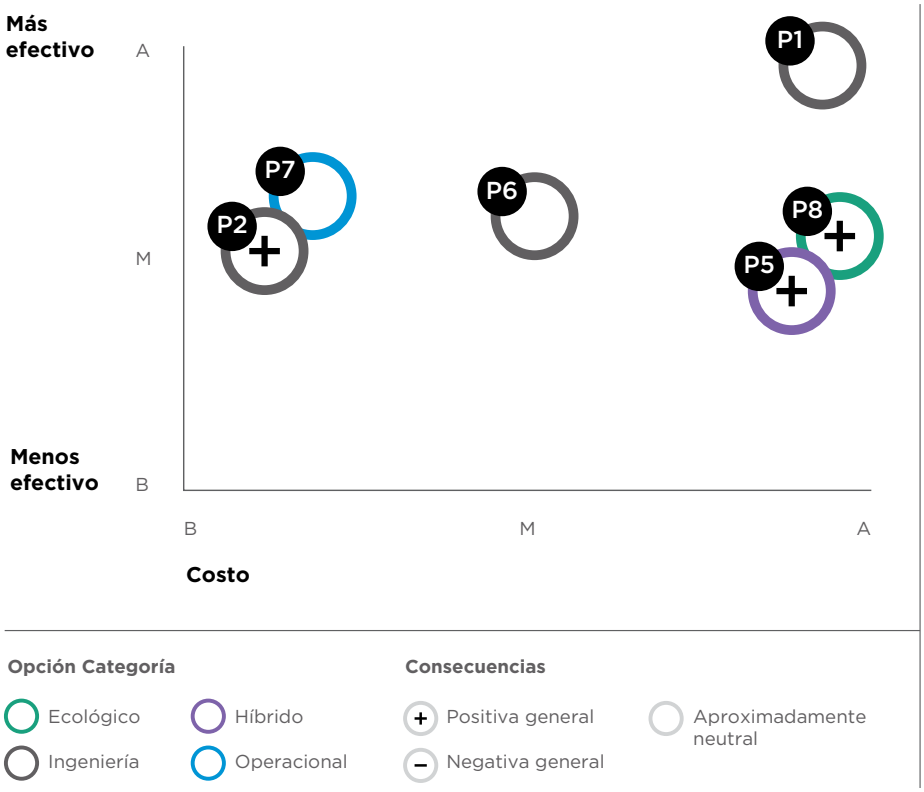
P10: Actualizar los programas de dragado y sus calendarios para reducir la pérdida de calado

P12: Incrementar la frecuencia de la limpieza de las trampas de sedimento para mantener la eficiencia

Fuente: Autores de este reporte

FIGURA 4.13

Daño al equipo del puerto y a su infraestructura después de una inundación por lluvias.



P1: Actualizar sistema de drenaje dentro del puerto

P2: Actualizar estructuras de infraestructuda critica o de activos vulnerables a las inundaciones

P5: Evaluar opciones para sistemas de drenaje sustentables

P6: Actualizar y mejorar las trampas para el sedimento

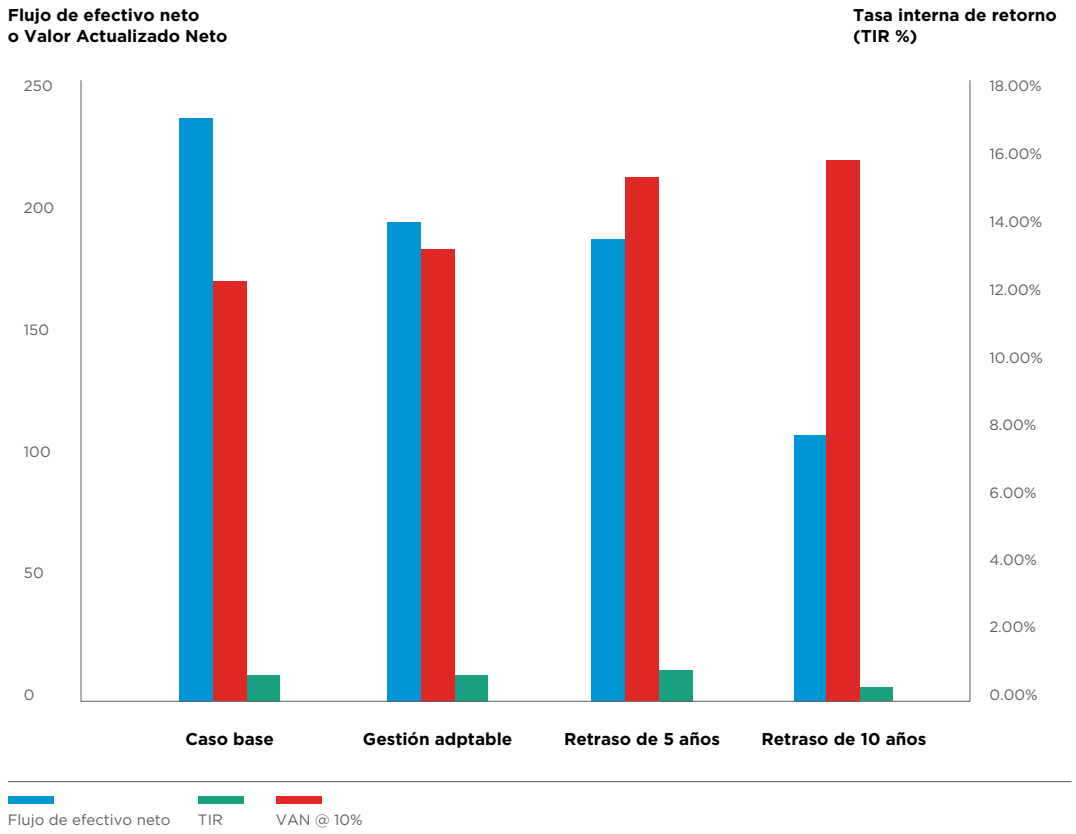
P7: Revisar y ajustar programa de mantenimiento del sistema de drenaje para asegurar que funcione a su máxima caqoacidad (por ej. frecuendia de limpieza de drenes)

P8: Considerar opciones para planeación a nivel de cuenca y medidas de adaptación en base a ecosistemas

Fuente: Autores de este reporte

FIGURA 4.14

Comparación del desempeño financiero para los escenarios de implementación de la adaptación.



Fuente: Autores de este reporte

El costo estimado para la actualización de la capacidad del Drenaje 3 se calculó en 92,636,245 MXN. Los costos para la instalación de una trampa de sedimento adicional en todos los drenajes fueron estimados en 7,380,745 MXN.

Estas dos medidas de diseño de adaptación combinadas pueden aportar un alto nivel de efectividad contra las inundaciones por lluvias así como para reducir la sedimentación en la cuenca del puerto. Los ahorros para API Manzanillo que podrían resultar de estos dos proyectos fueron comparados con los costos totales de una inundación por lluvias (cierre del puerto), mantenimiento de dragado y mantenimiento del drenaje en conjunto. Cuantificar el cambio exacto en el patrón del flujo del drenaje para estas medidas es algo que va más allá del alcance de este estudio, así que se asume que las actualizaciones podrían compensar el 75% de estos costos incrementales.

Cuatro escenarios diferentes para la implementación de estas medidas fueron estudiados para explorar cómo los aspectos económicos eran afectados al completar los proyectos en fases o retrasándolos (Figura 4.14).

Retrasando los proyectos, ya sea posponiendo su implementación o implementándolos en fases (gestión adaptable) se disminuye el flujo de efectivo neto (porque deja al puerto expuesto a los impactos del cambio climático por más tiempo) pero mejora la tasa de retorno de la inversión (como se evalúa en la "tasa interna de retorno" [TIR], la tasa de descuento a la que el valor presente neto de la inversión es cero).

Los resultados muestran que los proyectos desde el punto financiero, valen la pena, basados en los supuestos hechos para llevar a cabo el análisis. Los costos de implementación no son grandes comparados con el total de gastos anuales operacionales (aproximadamente 100 MXN de pesos comparados con los 450 MXN), particularmente si los proyectos son implementados en fases a lo largo de varios años, como se propone en el modelo financiero. Vale la pena notar que estos son resultados preliminares, y se debe hacer un trabajo de ingeniería y diseño significativo para que se emprendan y así poder determinar completamente su viabilidad. Más aún, el análisis conducido por este estudio asume que la construcción no interrumpirá las actividades del puerto. Futuros estudios determinarán cuáles de estos proyectos causarían trastornos e incluirán los costos resultantes estimados, si los hubiera.

5. Plan de Adaptación para el Puerto de Manzanillo

Esta sección presenta el Plan de Adaptación para el Puerto de Manzanillo bajo cinco rubros principales:

- Introducción de principios que informan el desarrollo de las medidas de adaptación para el puerto.
- Presentación de las medidas de adaptación recomendadas para el puerto que abordan los riesgos de prioridad alta, media y baja, resaltando las entidades que deberían liderar su implementación y (para las medidas de alta prioridad) proponiendo un conjunto de indicadores para monitorear su progreso
- Explicación de cómo el Plan de Adaptación para el Puerto de Manzanillo se relaciona con el marco regulatorio de adaptación al cambio climático de México a nivel federal, estatal y municipal
- Explicación de cómo las medidas de adaptación pueden ser integradas en los planes estratégicos y actividades operacionales gestionadas por API Manzanillo y las terminales.
- Presentación de un Plan de Consulta e Involucramiento de los Actores de Interés para apoyar a API Manzanillo en la implementación de este Plan de Adaptación.

5.1. Principios tomados en cuenta cuando en la formulación del Plan de Adaptación

En este Plan de Adaptación se presentan acciones que responden a las necesidades específicas del puerto de Manzanillo y de su comunidad portuaria y que al mismo tiempo se ven alineadas con los instrumentos de política de cambio climático establecidos a nivel federal, estatal y municipal. El objetivo de la adaptación, como se hace notar por el CICC es "reducir, prevenir y controlar en forma priorizada la potencial ocurrencia de desastres en la población en un sector o una región, combatiendo las causas estructurales de los problemas, fortaleciendo las capacidades de resiliencia de la sociedad y construyendo un modelo que, bajo un clima distinto, siga dando viabilidad al desarrollo" (CICC 2012).[284]

Puesto que los planes de adaptación reflejan un contexto específico, se considera fundamental que el Plan de Adaptación para el Puerto de Manzanillo se incorpore en los planes de desarrollo futuro del puerto ('Planes Maestros de Desarrollo Portuario - PMDPs') y en sus planes y procedimientos operacionales. Así mismo, y para facilitar la puesta en práctica de medidas de adaptación, se considera importante introducir junto con las distintas opciones de adaptación identificadas, los roles y responsabilidades de los diferentes actores que operan en el escenario socio-económico y político donde estas deban ser implementadas.

Tomando estos aspectos en cuenta, un grupo de principios han sido aplicados para formular las medidas de adaptación para el puerto y para el diseño de este Plan de Adaptación. Estos principios están resumidos en el Cuadro 5.1.

CUADRO 5.1

Principios base tomados en cuenta en el desarrollo de las medidas de adaptación y el Plan de Adaptación para el Puerto de Manzanillo.

- **Las acciones prioritarias deben ser las primeras en abordarse.** Las acciones de adaptación son consideradas una prioridad donde:
  - La vulnerabilidad climática actual es alta;

- y/o los riesgos están clasificados como 'altos' contra uno o más de los siguientes criterios:
  - Los impactos proyectados por el cambio climático son grandes* en cuanto pueden afectar de manera significativa uno o más aspectos del rendimiento portuario (operativo, económico, ambiental, social o reputacional, ver Apéndice 1);
  - Decisiones en temas de adaptación pueden tomar tiempo en ser implementadas y pueden tener efectos a largo plazo;
  - Existe una gran incertidumbre en la magnitud del riesgo futuro, esto es, el tamaño del riesgo futuro es incierto (pero podría ser grande como se ha definido anteriormente*).

- **Evitar medidas maladaptivas.** Las acciones tomadas para evitar o reducir la vulnerabilidad al cambio climático pueden afectar negativamente otros sistemas, sectores o grupos sociales o pueden inadvertidamente hacer el cambio climático más difícil de gestionar en el futuro. Ejemplos de respuestas maladaptivas incluyen aquellas que:
  - Incrementan los riesgos en otras áreas o para otros actores;
  - Imponen costos mayores que otras acciones alternativas que gestionan el riesgo;
  - Reducen la flexibilidad para responder a condiciones climáticas no previstas;
  - Están en conflicto con los objetivos de reducción de emisión de gases de efecto invernadero.

- **Tomar en cuenta los servicios ambientales** que ayudan a responder a los retos del cambio climático. Donde sea posible, deberían considerarse las oportunidades para soluciones de adaptación basadas en ecosistemas (ver Cuadro 5.2).

- **Enfatizar las medidas que tienen un resultado positivo** bajo condiciones de incertidumbre, llámese:
  - **Medidas de adaptación de resultados garantizados ("sin remordimientos"):** Estas son medidas que valen la pena ahora, resultando en beneficios socio-económicos netos que exceden sus costos, y que continúan siendo valiosos sin importar cual sea la naturaleza del clima en el futuro. Un subconjunto de estas medidas de resultados garantizados son llamadas medidas 'suaves' que apoyan al entendimiento y la construcción de capacidades y que mejoran la gestión de la adaptación.
  - **Medidas de adaptación de resultados intermedios ("bajo remordimiento").** Las medidas para las cuales los costos asociados son relativamente bajos y en las que los beneficios pueden ser potencialmente grandes, teniendo en cuenta la incertidumbre del cambio climático futuro.
  - **Medidas de adaptación 'ganar-ganar'.** Estas son las acciones que tienen otros beneficios ambientales, sociales o económicos además de los que responden a problemáticas del cambio climático.
  - **Opciones flexibles o de gestión adaptable.** Estas son las medidas que pueden ser implementadas de forma incremental, más que a través de la adopción de soluciones de adaptación particularmente costosas. Por ejemplo, retrasar las medidas mientras se exploran las opciones y trabajar con otros actores para encontrar las soluciones más apropiadas puede ser un enfoque viable para asegurar que el adecuado nivel de resiliencia se alcance cuando sea necesario. Manteniendo opciones flexibles y de plazo abierto se da lugar a que también éstas puedan ajustarse, continuando con el monitoreo y evaluación y valoración sistemáticamente de sus resultados.
  - **Asegurar que las medidas de adaptación para el puerto estén alineadas a las políticas marco de cambio climático a nivel federal, estatal y municipal.**
  - **Donde sea relevante, trabajar en colaboración con otros actores para desarrollar e implementar medidas de adaptación.** El trabajo en colaboración puede ayudar a identificar sinergias en los objetivos de adaptación y evitar conflictos. Esto se discute en el Plan de Participación de Actores (Sección 5.5).

Fuente: Autores de este reporte

5.2. Medidas de adaptación para mejorar la capacidad de adaptación ante el cambio climático para el Puerto de Manzanillo

Esta sección presenta y discute las medidas de adaptación propuestas por el equipo consultor para el Puerto de Manzanillo. Las medidas de adaptación contribuyen ya sea para:

- Construir la capacidad de adaptación: ayudando a entender y responder a los retos del cambio climático. Se incluyen en esta categoría medidas para obtener nueva o actualizar información existente (por ejemplo: recopilación de datos, investigación, monitoreo y sensibilización de la comunidad portuaria) y medidas para apoyar la gestión o las estructuras organizacionales. Estas son medidas de bajo costo, con resultados garantizados y se recomienda que se empiecen a implementar tan pronto como sea posible ya que en muchos casos pueden ayudar a lanzar acciones de adaptación.
- Implementar acciones de adaptación: llevar a cabo acciones que ayuden a reducir los riesgos del cambio climático o a sacar partido de las oportunidades. Como se hace notar en la Sección 4.2, éstas se dividen para más detalle en cuatro sub-categorías:
  - **Operacional:** cambios en procesos y procedimientos;
  - **Medidas grises:** Soluciones de diseño de ingeniería /de carácter estructural;
  - **Medidas verdes:** Adaptación basada en ecosistemas (ver Cuadro 5.2);
  - **Híbridas:** una combinación de medidas verdes y grises.

CUADRO 5.2

Adaptación basada en el ecosistema.

La Adaptación basada en Ecosistemas (AbE) se define ampliamente como "el uso de los servicios generados por la biodiversidad y los ecosistemas como parte de una estrategia de adaptación para ayudar a la gente a adaptarse ante los efectos adversos del cambio climático"[285]. Una medida de AbE efectiva ayuda a promover, mantener y apoyar los servicios de los ecosistemas, definidos como los beneficios sociales compartidos por las comunidades y los individuos obtenidos mediante el funcionamiento adecuado de los ecosistemas (tales como agua y aire limpios, protección ante los vientos y olas, biodiversidad, etc) y ayuda a asegurar que el puerto mantenga su nivel de desempeño ambiental actual en el futuro.

Se recomienda que se consideren las medidas AbE para el Puerto de Manzanillo. Las medidas AbE son medidas 'ganar-ganar' ya que pueden generar múltiples beneficios (sociales, ambientales y económicos).

En el caso del puerto de Manzanillo hay principalmente dos medidas AbE a ser consideradas:

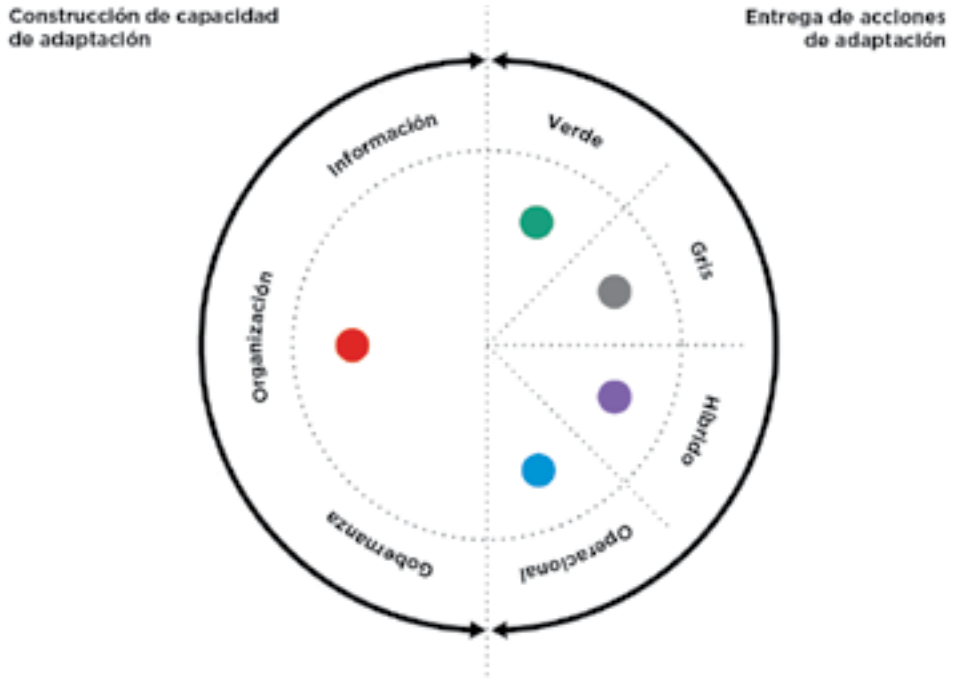
- Actualización de los programas de mantenimiento y de restauración de los manglares teniendo en cuenta futuras condiciones climáticas. Esta es una medida de adaptación en base a ecosistemas ya que ayudan a preservar los sistemas de manglar. Los servicios ecológicos de los manglares incluyen: control de inundaciones, estabilización del litoral, control de pérdida de sedimento, hábitat para la biodiversidad, recreación y turismo, entre otros.

- Planear esfuerzos para mejorar el sistema de escurrimiento de lluvias en la cuenca del puerto como reducir la deforestación y apoyar la reforestación en las áreas montañosas es también una forma de AbE. Esto ayuda a regular el ciclo hidrológico y reduce el riesgo de inundación en las cuencas bajas (en este caso, el puerto) incrementando la filtración y la retención de agua en el suelo por la captación de aguas en las áreas más altas de la cuenca. Esto requiere un fuerte compromiso con los actores fuera del puerto pero puede generar beneficios significativos tanto para la ciudad como para la comunidad portuaria.

Fuente: Autores de este reporte

FIGURA 5.1

Tipos de medidas de adaptación para el cambio climático recomendadas para el Puerto de Manzanillo.



Fuente: Autores de este reporte

La Figura 5.1 aporta una ilustración conceptual de esta división. El código de color mostrado en esta figura (círculos de color) es aplicado para codificar cada una de las medidas de adaptación presentadas en la Tabla 5.1 y la Tabla 5.2.

Las medidas de adaptación recomendadas para el puerto de Manzanillo se presentan en la Tabla 5.1 y Tabla 5.2, dividas en dos categorías:

- Medidas de adaptación prioritarias: Estas son las medidas que abordan los riesgos prioritarios identificados en la Sección 4.2 de este estudio. Para estas medidas se proporciona información en la Tabla 5.1 sobre:
  - Tipo de medida (ej: Construye capacidad de adaptación, Operacional, Gris, Verde (AbE) o Híbrida);
  - Costo eficiencia relativa a cada medida (como se presentó en la Sección 4.2);
  - La entidad que debería liderar su implementación;
  - Otros actores importantes que podrían estar involucrados en su puesta en marcha y gestión;
  - Un indicador de adaptación, para rastrear el progreso en la implementación;
  - Coordinación para la implementación, tomando en cuenta los ciclos del Plan Maestro del puerto.[liii]

- Medidas de adaptación que abordan riesgos de prioridad media y baja: Una lista más extensa de opciones de adaptación en la que se abordan riesgos de prioridad media y baja se presenta en la Tabla 5.1;
- Para estas medidas la información se da en:
  - Tipo de medida (como antes se mencionó);
  - La entidad que debería liderar su implementación
  - Otros actores que deberían estar involucrados en su entrega.

Cada medida en la Tabla 5.1 y la Tabla 5.2 tiene un código numérico único[liv]. Este código de números se utiliza en la Sección 5.3 Para el Plan de Adaptación, para denotar cuales medidas o acciones están alineadas a los objetivos del cambio climático del gobierno federal, estatal y municipal. También se utiliza en la Sección 5.5 para identificar dónde puede ser integrada cada medida de adaptación en los planes estratégicos y actividades operacionales asumidas por API Manzanillo y las terminales. Nótese que el enfoque respecto a la priorización de las medidas de adaptación se discutió en la Sección 1.5.5.

TABLA 5.1

Medidas de adaptación prioritarias para el Puerto de Manzanillo.

ÁREA DE RIESGO PARA EL PUERTO

Daños a la infraestructura, edificios y equipo

Riesgo climático

Incremento en la frecuencia de eventos de precipitación pluvial intensa causa daños a la infraestructura y a los equipos debido a inundaciones por lluvia.

Objetivo de medida de adaptación

Incrementar la resiliencia a las inundaciones y a las lluvias intensas.

CÓDIGO

Colores en la tabla se muestran en:

Rojo = medidas que construyen capacidad de adaptación, (CCA);

Azul = Medidas operacionales, (OP);

Gris = soluciones de estructura rígida / ingeniería (ING);

Verdes = medidas de adaptación en base a ecosistemas (AbE);

Morado = Híbridas (HIB); una combinación de gris y verde)

Medida de adaptación	Tipo	Costo	Efectividad
P1 - Modernizar el sistema de drenaje dentro del puerto para incrementar la capacidad máxima y manejar el incremento de flujo.	ING	H	H
P2 - Retroadaptar la infraestructura/activos vulnerables a las inundaciones, sobre todo la infraestructura crítica (por ej. aislar equipo eléctrico, usar materiales resistentes al agua).	ING	L	M
P3 - Comprometerse con los actores para planear opciones de administración de inundación a nivel de cuencas.	CCA	Resultados garantizados "sin remordimientos"	
P4 - Revisar sistemas de alerta temprana de inundación e identificar áreas de mejora ante el incremento de riesgo debido al cambio climático.	CCA	Resultados garantizados "sin remordimientos"	
P5 - Revisar opciones para usar sistemas de drenaje sostenibles (SUDS) tomando en cuenta los cambios potenciales en la precipitación.	HIB	H	M
P6 - Modernizar y mejorar las trampas de sedimento.	ING	M	M
P7 - Realizar revisiones y ajustes al programa de mantenimiento para asegurarse que la máxima capacidad del sistema de drenaje actual está siendo alcanzada por ejemplo, frecuencia de limpieza del drenaje.	OP	L	M
P8 - Considerar la planeación a nivel cuenca para la captación de lluvias y opciones de adaptación en base a ecosistemas para reducir el riesgo de desbordamiento del drenaje.	AbE	H	M

Entidad principal	Aliados clave	Indicador(es) de Adaptación	Implementar en el Plan Maestro del Puerto (PDMP) en:			
			2012-2017	2017-2022	2022-2027	2027-2032
Ingeniería de API	Ayuntamiento de Manzanillo (Comisión de agua potable, drenaje y alcantarillado), CONAGUA.	Sistema de drenaje actualizado para albergar el incremento de flujo.				
Ingeniería de API		Infraestructura crítica vulnerable a inundaciones es a prueba del clima.				
Ingeniería de API, Ecología de API	Ayuntamiento de Manzanillo (Departamento de Medio Ambiente, INPLAN), CONAGUA.	Medidas de planeación para gestionar inundaciones están incorporadas en los programas municipales de planeación de uso de suelo.				
Ingeniería de API, Ecología de API	Ayuntamiento de Manzanillo (Departamento de Medio Ambiente, INPLAN), CONAGUA.	Sistemas de alerta temprana de inundaciones están al día.				
Ingeniería de API, Ecología de API		Opciones para incorporar SUDS en el puerto son evaluadas e implementadas.				
Ingeniería de API		Actualizaciones de las trampas de sedimento completadas.				
Ingeniería de API		Aumento en frecuencia de la limpieza de las trampas de sedimento.				
API Ecologia	Ayuntamiento de Manzanillo (Departamento de Medio Ambiente, INPLAN), CONAGUA.	Gestión de riesgos a nivel de cuenca para controlar inundaciones, implementado con el Municipio.				

TABLA 5.1

Medidas de adaptación prioritarias para el Puerto de Manzanillo.

ÁREA DE RIESGO PARA EL PUERTO

Servicios portuarios

Riesgo climático

El incremento en la frecuencia de las lluvias que causa aumento en la sedimentación de la cuenca del puerto, reduciendo el tamaño de calado para los buques y acceso a la terminal.

Objetivo de medida de adaptación

Reducir el riesgo de sedimentación.

CÓDIGO

Colores en la tabla se muestran en:

Rojo = medidas que construyen capacidad de adaptación, (CCA);

Azul = Medidas operacionales, (OP);

Gris = soluciones de estructura rígida / ingeniería (ING);

Verdes = medidas de adaptación en base a ecosistemas (AbE);

Morado = Híbridas (HIB); una combinación de gris y verde)

Medida de adaptación	Tipo	Costo	Efectividad
P9 - Monitorear los niveles de sedimentación y evaluar las tendencias históricas en la frecuencia y cantidades de dragado.	CCA	Resultados garantizados “sin remordimientos”	
P10 - Actualizar los programas de dragado y su calendario para reducir la pérdida de profundidad de calado.	OP	M	M
P11 - Modernizar y mejorar las trampas de sedimento.	ING	M	M
P12 - Revisar y ajustar la frecuencia de limpieza de las trampas de sedimento para mantener la eficiencia.	OP	L	M

Entidad Líder	Socios Clave	Indicador(es) de Adaptación	Implementar en el Plan Maestro del Puerto (PDMP) en:			
			2012-2017	2017-2022	2022-2027	2027-2032
Ingeniería de API		Monitoreo del sistema en sitio para detectar tendencias en la sedimentación y dragado				
Ingeniería de API		Actualización del calendario de dragado				
Ingeniería de API		Actualizaciones de las trampas de sedimento completadas				
Ingeniería de API		Frecuencia incrementada en la limpieza de las trampas de sedimentos				

TABLA 5.1

Medidas de adaptación prioritarias para el Puerto de Manzanillo.

ÁREA DE RIESGO PARA EL PUERTO

Rutas de comercio

Pérdida de conectividad portuaria con las rutas de transporte en tierra

Riesgo climático

Aumento en la frecuencia de las lluvias causa inundaciones por lluvia de los caminos de acceso internos y de entrada, causando trastornos en las operaciones del puerto.

Aumento en la frecuencia de las lluvias causa inundaciones por lluvia de las vías férreas internas del puerto, causando trastornos en las operaciones del puerto.

Objetivo de medida de adaptación

Aumentar la resiliencia a inundaciones y a eventos intensos de precipitación pluvial.

CÓDIGO

Colores en la tabla se muestran en:

Rojo = medidas que construyen capacidad de adaptación, (CCA);

Azul = Medidas operacionales, (OP);

Gris = soluciones de estructura rígida / ingeniería (ING);

Verdes = medidas de adaptación en base a ecosistemas (AbE);

Morado = Híbridas (HIB); una combinación de gris y verde)

Medida de adaptación	Tipo	Costo	Efectividad
P13 - Modernizar el sistema de drenaje dentro del puerto para incrementar la capacidad máxima y manejar el incremento de flujo.	ING	H	H
P14 - Revisar opciones para usar sistemas de drenaje sostenibles (SUDS) tomando en cuenta los cambios potenciales en la precipitación.	HIB	H	M
P15 - Comprometerse con los actores a planear opciones de administración de inundación a nivel del paisaje.	CCA	Resultados garantizados "sin remordimientos"	
P16 - Revisar sistemas de alerta temprana de inundación e identificar áreas de mejora ante el incremento de riesgo debido al cambio climático.	CCA	Resultados garantizados "sin remordimientos"	
P17 - Revisar y actualizar los planes de evacuación y la continuidad del negocio durante los fenómenos meteorológicos extremos.	CCA	Resultados garantizados "sin remordimientos"	
P18 - Realizar revisiones y ajustes al programa de mantenimiento para asegurarse que la máxima capacidad del sistema de drenaje actual está siendo alcanzada por ejemplo, frecuencia de limpieza del drenaje.	OP	L	M
P19 - Modernizar y mejorar las trampas de sedimento.	ING	M	M
P20 - Considerar la planeación del nivel de captación del paisaje y del ecosistema basado en opciones de adaptación para reducir el riesgo de desbordamiento del drenaje.	AbE	H	M
P21 - Implementar medidas de administración del tráfico para minimizar los cuellos de botella durante los fenómenos meteorológicos extremos.	OP	L	M

Entidad Líder	Socios Clave	Indicador(es) de Adaptación	Implementar en el Plan Maestro del Puerto (PDMP) en:			
			2012-2017	2017-2022	2022-2027	2027-2032
Ingeniería de API	Ayuntamiento de Manzanillo (Comisión de agua potable, drenaje y alcantarillado, INPLAN), CONAGUA	El sistema de drenaje es actualizado de acuerdo a los futuros escenarios de lluvia				
Ingeniería de API		Reporte de opciones dispuestas para el uso sustentable de los sistemas de drenaje				
Ingeniería de API, Ecología de API	Ayuntamiento de Manzanillo (Comisión de agua potable, drenaje y alcantarillado, INPLAN), CONAGUA	Medidas de planeación del uso de suelo para apoyar que la administración de las inundaciones esté incorporada en los programas municipales de planeación del uso de suelo				
Ingeniería de API, Ecología de API		Sistema de alerta temprana de inundaciones en sitio actualizado				
Operaciones de API	Terminales, Centro de Emergencia, Unidad Municipal de Protección Civil	Planes de continuidad de negocio y planes de evacuación actualizados				
Operaciones de API	Ingeniería de API	Ejecución de ajustes a la operación asegurando el desempeño a tope del sistema de drenaje				
Ingeniería de API		Actualizaciones de las trampas de sedimento completadas				
Ecología de API	Ayuntamiento de Manzanillo (Departamento de Medio Ambiente), CONAGUA	Enfoque basado en captación para la administración riesgos de inundación implementado con el municipio				
Operaciones de API	Aduanas, Terminales, Ayuntamiento de Manzanillo (Dirección General de Servicios Publicos Municipales, Ayuntamiento de Manzanillo (Departamento de Medio Ambiente), CONAGUA)	Reducción de los problemas de tráfico y cuellos de botella				

TABLA 5.2

Medidas de adaptación referentes a riesgos no prioritarios (niveles medio y bajo) para el Puerto de Manzanillo.
(El código usado para el tipo de medida de adaptación es igual que en la Tabla 5.1)

Area de Riesgo para el Puerto	Riesgo climático
ALMACENAMIENTO DE MERCANCIAS	Incremento de temperaturas promedio y máxima causan incrementos en los costos de refrigeración y congelación.
MANEJO DE MERCANCIAS	Aumento en la intensidad de las lluvias causa incremento de paros en el equipo de manejo, por ejemplo, visibilidad del operador de grúas y montacargas
	Un menor número de días de lluvia reduce las demoras por lluvia en la carga y descarga de los buques
	Aumento del nivel del mar combinado con sobrelevación por tormentas (marejadas) provoca inundaciones en el puerto que resultan en paros en el manejo de mercancías
	Aumento en la intensidad máxima y duración de los ciclones tropicales provoca incremento de paros en las actividades de manejo de mercancía

Fuente: Autores de este reporte

Medidas de Adaptación	Tipo de medida de adaptación	Acciones a ser implementadas / monitoreado por:
A1 - Implementar mejoras tecnológicas disponibles a lo largo del tiempo, incrementando la eficiencia del equipo de enfriamiento/ congelamiento.	ING	Terminales
A2 - Revisar las auditorías energéticas llevadas a cabo en el estudio de Huella de Carbono 2015 (ME-T1239) ante los impactos del aumento de temperaturas y considerar oportunidades adicionales para reducir el consumo de energía alineado a los resultados	CCA	Operaciones de API, Terminales
A3 - Revisar los impactos del cambio climático en potenciales fuentes de energia alternativa (tales como energía solar en sitio y/o energía eólica) siendo considerados a raíz del estudio de Huella de Carbono de 2015	OP	Ingeniería de API, Terminales
A4 - Revisar relaciones de determinación de precio entre las terminales y sus clientes , es decir, evaluar si algún costo de energía puede ser transferido al cliente	OP	Terminales
A5 - Aislar conexiones eléctricas para reducir la exposición al agua y al polvo, menos incidentes de pérdida de energía para refrigeración y la consecuente energía extra para reenfriar \recongelar	ING	Ingeniería de API
A6 - Implemenar mejores procedimientos para manejo de materiales bajo condiciones climáticas adversas.	OP	Operaciones de API, Terminales
A7 - Incrementar áreas de manipulación bajo techo	ING	Ingeniería de API, Terminales
A8 - Comercializar esto a las terminales como un beneficio que puede resultar en menores trastornos a las operaciones de manejo de mineral y productos agrícolas a granel	CCA	Area Comercial de API, Terminales
A9 - Revisar los planes de respuesta a inundaciones ante el incremento del riesgo debido al cambio climático	CCA	Ingeniería de API, Ecología de API, Terminales
A10 - Elevar la altura de los muelles para prevenir inundaciones	ING	Ingeniería de API
A11 - Continuar los esfuerzos para preservar las áreas de manglar que actúan como defensas naturales ante las inundaciones , reconociendo que la sucesión entre rojo y blanco puede tener implicaciones en términos de los niveles de defensa proporcionados	AbE	Ecología de API
A12 - Retroadaptar el equipo/infraestructura crítica que es vulnerable al a las inundaciones (por ejemplo, aislar equipamiento eléctrico, el uso de materiales resistentes al agua)	ING	Ingeniería de API
A13 - Revisar los umbrales de operación para equipo crítico de manejo. Incorporar dentro del plan de mantenimiento y renovación el impacto potencial por el incremento de la velocidad máxima del viento.	OP	Operaciones de API, Terminales

TABLA 5.2

Medidas de adaptación referentes a riesgos no prioritarios (niveles medio y bajo) para el Puerto de Manzanillo.

Area de Riesgo para el Puerto	Riesgo climático
DAÑOS A LA INFRAESTRUCTURA, EDIFICIOS Y EQUIPO	La velocidad del viento durante las tormentas extremas daña el equipo de manejo
	Aumento del nivel del mar combinado con sobrelevación por tormentas (marejadas) provoca inundaciones en el puerto que resultan en daño al equipo del puerto y a su infraestructura
SERVICIOS PORTUARIOS	Incremento en la intensidad de las lluvias requiere incremento del mantenimiento del sistema de drenaje del puerto
	Aumento en la intensidad máxima y duración de los ciclones tropicales asociado con el viento y la actividad de las olas conducen al cierre del puerto, problemas de amarre e interrupción de las operaciones
	Incremento en el nivel del mar promedio reduce la disponibilidad de amarre al exceder el umbral mínimo de altura del muelle de los buques

Fuente: Autores de este reporte

Medidas de Adaptación	Tipo de medida de adaptación	Acciones a ser implementadas / monitoreado por:
A14 - Revisar la necesidad de emprender mejoras a los sistemas de frenado de las grúas y sistemas de predicción de la velocidad del viento	CCA	Terminales
A15 - Revisar la necesidad de emprender mejoras a los sistemas de sujeción de las grúas	OP	Terminales
A16 - Revisar la necesidad de actualizar los correas, sistemas de iluminación, infraestructura en general para resistir de mejor manera la velocidad del viento	OP	Ingeniería de API, Terminales
A17 - Actualizar los estándares de diseño para el equipo e infraestructura tomando en cuenta el impacto potencial del cambio climático futuro sobre la vida de los activos	CCA	Terminales
A18 - Tener en cuenta el aumento del nivel del mar cuando se haga inventario para reemplazo y renovación de infraestructura	OP	Ingeniería de API, Terminales
A19 - Retroadaptar el equipo / infraestructura crítica que es vulnerable alas inundaciones (por ejemplo, aislar equipamiento eléctrico, el uso de materiales resistentes al agua)	ING	Ingeniería de API, Terminales
A20 - Elevar la altura de los muelles para prevenir inundaciones	ING	Ingeniería de API
A21 - Continuar los esfuerzos para preservar las áreas de manglar que actúan como defensas naturales ante las inundaciones , reconociendo que la sucesión entre rojo y blanco puede tener implicaciones en términos los niveles de defensa proporcionados	AbE	Ecología de API
A22 - Incrementar la frecuencia de la limpieza de trampas	OP	Ingeniería de API
A23 - Llevar a cabo evaluaciones de la funcionalidad del atraque y maniobras para entender los umbrales de operación ante cambios potenciales de tormentas y aumento del nivel del mar	OP	Operaciones de API, Terminales
A24 - Monitorear las reacciones de los clientes a las restricciones de amarre y cambios requeridos en el volumen de carga	CCA	Operaciones de API, Area Comercial, Terminales
A25 - Elevar la altura de amarre/muelles para adaptarla al aumento del nivel del mar	ING	Ingeniería de API
A26 - Revisar los planes de contingencia para demoras y pérdidas de tráfico causadas por la nevegabilidad reducida o maniobras lentas	CCA	Operaciones de API, Terminales
A27 - Comprometerse con las autoridades de navegación para asegurar la gestión adecuada de los riesgos	CCA	Operaciones de API, Terminales

TABLA 5.2

Medidas de adaptación referentes a riesgos no prioritarios (niveles medio y bajo) para el Puerto de Manzanillo.

Area de Riesgo para el Puerto		Riesgo climático
RUTAS COMERCIALES	Transporte terrestre en una red más amplia	Las tormentas tropicales , inundaciones y nieve afectan la ampliación de las redes de carreteras y ferroviarias en México usadas por los usuarios del puerto, causando interrupciones y demoras en el movimiento de mercancías desde y hacia el puerto
	Transporte maritímo	Incremento en interrupciones en el transporte marítimo regional e internacional a causa de las tormentas tropicales
ASPECTOS AMBIENTALES		Factores climáticos afectan el desempeño ambiental de APIMAN y los costos del seguro para el hábitat del manglar
		Aumento de problemas por la generación y dispersión de polvo en condiciones secas tanto dentro del puerto como en las áreas municipales de los alrededores
		Incremento de pérdida de la calidad del agua y del hábitat bentónico debido al incremento en el mantenimiento de dragado y eliminación del material de dragado

Fuente: Autores de este reporte

Medidas de Adaptación	Tipo de medida de adaptación	Acciones a ser implementadas / monitoreado por:
A28 - Monitorear y registrar las interrupciones y demoras causadas por el clima adverso que afecten las redes de carreteras y ferroviarias, en coordinación con otros actores (clientes del puerto, otros usuarios importantes de los sistemas de transporte)	CCA	Operaciones de API
A29 - Monitorear la influencia que tienen los trastornos en el nivel de satisfacción de los clientes del puerto y terminales	CCA	Operaciones de API, Area Comercial
A30 - Discutir la información sobre las interrupciones y demoras con la SCT (Subdirección de Obras y Subdirección de Transporte) y con Ferromex y promover acciones con ellos para mejorar la resiliencia de las redes de carretera y ferroviaria.	CCA	Planeación de API
A31 - Desarrollar planes de emergencia con medidas de respaldo para desviar la mercancía.	CCA	Operaciones de API, Centro de Emergencias
A32 - Dotar a los choferes con planes de emergencia en caso de eventos climáticos extremos y rutas alternativas.	CCA	Operaciones de API, Centro de Emergencias
A33 - Desarrollar planes de contingencia para las cadenas de suministro	CCA	Operaciones de API, Líneas navieras
A34 - Incrementar la diversidad de clientes internacionales hacia regiones menos sujetas a tormentas	OP	Area Comercial de API, Terminales
A35 - Desarrollar planes de contingencia para tráfico nacional usando las redes carreteras y ferroviarias.	OP	Planeación de API
A36 - Desarrollar nuevas rutas marítimas potencialmente más robustas, por ejemplo el Pasaje del Norte	OP	Planeación de API
A37 - Continuar con el mantenimiento de los manglares y los programas de restauración para apoyar los servicios ambientales que proveen, por ejemplo en Laguna de Las Garzas.	AbE	Ecología de API
A38 - Reducir otras presiones que puedan afectar la salud del manglar tales como la contaminación por escurrimientos	AbE	Ecología de API
A39 - Explorar oportunidades de acceso a financiamientos para respaldar la conservación del manglar (por ejemplo pago para esquemas de servicios del ecosistema , mercados de carbono, fideicomisos de conservación, CONAFOR)	CCA	Ecología de API
A40 - Revisar y fortalecer medidas para supresión de polvo	OP	Operaciones de API, Terminales
A41 - Apoyar el manejo de sedimentos y calidad del agua dentro del puerto que aportan los ecosistemas naturales tales como los manglares y la vegetación ribereña	AbE	Ecología de API
A42 - Revisar y actualizar el programa de monitoreo de calidad del agua y de sedimentos	OP	Ecología de API

TABLA 5.2

Medidas de adaptación referentes a riesgos no prioritarios (niveles medio y bajo) para el Puerto de Manzanillo.

Area de Riesgo para el Puerto	Riesgo climático
ASPECTOS SOCIALES	Cambios en la temperatura y humedad relativa conducen a condiciones más favorables para la proliferación del mosquito del dengue y de la chikungunya y por lo tanto más casos de estas enfermedades
	Incremento de las termperaturas máximas causa incremento en el riesgo de estrés térmico y deshidratación de los trabajadores del puerto
	Incremento en las temperaturas unido a baja precipitación conduce a incremento en la generación de polvo y más casos de conjuntivitis
	Incremento en las temperaturas unido a baja precipitación conduce a incremento en la generación de polvo y afecta de manera adversa la relación del puerto con la comunidad local
PATRONES DE DEMANDA Y CONSUMO	Impactos del cambio climático en la economía global afectan el flujo comercial en el puerto Impactos del cambio climático en las economías de los paises con los que el puerto tiene comercioafectan los flujos comerciales en el puerto Impactos del cambio climático en la economía de México afectan los flujos comerciales en el puerto
	Cambios en la producción y precio de los productos sensibles al clima afectan la demanda de los servicios del puerto y/o la oferta de oportunidades de desarrollo/ fortalecimiento del comercio con clientes existentes y/o nuevos
	Cambios en la producción y precio de los productos sensibles al clima que afectan la demanda de los servicios del puerto y/o en la oferta de oportunidades de desarrollo / fortalecimiento de rutas comerciales con países socios ya existentes o nuevos.

Fuente: Autores de este reporte

Medidas de Adaptación	Tipo de medida de adaptación	Acciones a ser implementadas / monitoreado por:
A43 - Asegurar que la comunidad del puerto esté notificada por las autoridades oficiales de salud cuando el riesgo de brotes de dengue sea alto	CCA	Administración de API
A44 - Sistemas de alertamiento temprano para brotes de dengue	CCA	Administración de API
A45 - Monitorear los pronósticos de clima y emitir alertas de olas de calor a las terminales cuando se pronostique que las temperaturas aparentes excedan límites importantes	CCA	Administración de API, Centro de Emergencias
A46 - Emitir recomendaciones a las terminales con acciones sugeridas para reducir los riesgos de estrés térmico y ondas de calor	CCA	Centro de Emergencias
A47 - Revisar y fortalecer medidas para supresión de polvos	CCA	Operaciones de API, Terminales
A48 - Fortalecer la colaboración entre la comunidad del puerto y el gobierno local para construir una visión compartida de las oportunidades económicas en Manzanillo, para reducir la competencia de espacio entre el puerto y la ciudad y promover sinergias entre sus esfuerzos de desarrollo	CCA	Planeación de API
A49 - Monitorear los cambios en la oferta y la demanda de los productos comercializados que son sensibles al clima para refinar las proyecciones futuras para las líneas de negocio críticas	CCA	Area Comercial de API
A50 - Monitorear las expectativas de los clientes en términos de la confiabilidad de los servicios del puerto y desarrollar un plan de comunicación sobre cómo están siendo encarados los trastornos con efectos negativos por factores climáticos	CCA	Area Comercial de API
A51 - Monitorear los impactos del cambio climático en la economía de Mexico, concentrándose en la producción, importación y exportación de mercancías clave comercializadas a través del puerto	CCA	Area Comercial de API
A52 - Tomar en cuenta el cambio climático y las temperaturas extremas actuales en los planes de continuidad de actividades, pronósticos de patrones de comercio y planes de estrategia	CCA	Planeación de API
A53 - Diversificar el número de países que son socios comerciales	CCA	Area Comercial de API
A54 - Diversificar líneas de negocio para distribuir el riesgo	CCA	Area Comercial de API, Terminales
A55 - Expandir, actualizar o adecuar las instalaciones del puerto en respuesta a las demandas cambiantes de los clientes y flujos comerciales	HIB	Ingeniería de API, Terminales

TABLA 5.2

Medidas de adaptación referentes a riesgos no prioritarios (niveles medio y bajo) para el Puerto de Manzanillo.

Area de Riesgo para el Puerto	Riesgo climático
COMPETENCIA CON OTROS PUERTOS	Cambios en los ciclones tropicales que afectan el atractivo de Manzanillo en relación a otros puertos
IMPLICACIONES DE POSIBLES ACUERDOS SOBRE EMISIONES GEI	Incremento de los precios de importación de combustibles fósiles afectan el volumen del flujo de petróleo y sus derivados
	Efectos de la política de mitigación de GEI en la carga de gran volumen (por ejemplo minerales y vehículos) afecta el flujo de la carga de estos productos.
IMPLICACIONES DE LA EVOLUCION DEL MERCADO DE SEGUROS	Incremento en daños y trastornos debidos a fenómenos extremos que llevan a un incremento de reclamos y primas de seguro y deducibles más altos para APIMAN y/o las terminales
	Las compañías aseguradoras ofrecen condiciones más favorables al puerto debido a la implementación de medidas que reducen el riesgo en el Plan de Adaptación

Fuente: Autores de este reporte

Medidas de Adaptación	Tipo de medida de adaptación	Acciones a ser implementadas / monitoreado por:
A56 - Implementar revisiones regulares de los puntos vulnerables de los puertos competidores, actualizar la estrategia de adaptación para conservar la resiliencia comparativa	OP	Area Comercial de API
A57 - Monitorear las negociaciones internacionales para reducción de emisiones GEI , compromisos con socios comerciales internacionales importantes y acciones nacionales enfocadas en reducir las emisiones de carbono de las industrias de alto consumo	CCA	Planeación de API
A58 - Monitorear las negociaciones internacionales para reducción de emisiones GEI , compromisos con socios comerciales internacionales importantes y acciones nacionales enfocadas en reducir las emisiones de carbono de las industrias de alto consumo	CCA	Planeación de API
A59 - Monitorear reclamaciones de seguros relacionadas con el clima y sus impactos en primas y deducibles	CCA	Administración de API,Terminales
A60 - Informar a las aseguradoras sobre la implementación del Plan de Adaptación y buscar condiciones de seguro más favorables	CCA	Administración de API, Terminales

5.3. ¿Cómo se incorpora este Plan de Adaptación dentro del marco de políticas para la adaptación en México?

La Seccion 1.4 de este documento presenta la politica de adaptacion al cambio climatico a nivel federal, statal y municipal en Mexico[286].

5.3.1. Política marco para la adaptación a nivel federal

La Tabla 5.3 resalta las estrategias clave y las líneas de acción de la adaptación formulada a nivel federal que son más relevantes para el Plan de Adaptación del Puerto de Manzanillo. La tabla sirve como guía para entender:

- ¿Cómo se alinea el Plan de Adaptación para el puerto con los instrumentos del gobierno federal?
- ¿Cómo pueden apoyar las acciones de adaptación en el puerto a los objetivos de adaptación federal?
- ¿Cómo puede el puerto relacionar los objetivos de adaptación del gobierno federal cuando está estructurando sus propios objetivos y necesidades?

La Tabla 5.3 usa el código único para cada medida de adaptación mostrada en la Tabla 5.1 (medidas de alta prioridad) y la Tabla 5.2 (prioridad media y baja). La amplia lista de medidas listadas en el Plan de Adaptación del puerto en la Tabla 5.3 indica que hay mucho resonancia entre los objetivos de adaptación del gobierno federal y el Plan de Adaptación del puerto.

5.3.2. Política de adaptación marco a nivel estado

El borrador del PECC del Estado del Colima[287] no identifica ejes estratégicos o líneas de acción para el desarrollo de medidas de adaptación a nivel estatal. No obstante el borrador actual recomienda una serie de medidas de adaptación que resuenan con las medidas recomendadas en este Plan de Adaptación y propone una serie de acciones de adaptación que pueden ofrecer una plataforma para la colaboración entre API Manzanillo, la comunidad del puerto y las autoridades estatales.

La Tabla 5.4 resalta las acciones clave de adaptación recomendadas en el PECC del Estado del Colima y las relaciona con el código numérico de las medidas de adaptación del puerto, para ayudar a entender:

- Cómo se alinea el Plan de Adaptación del puerto con los instrumentos del gobierno del estado;
- Cómo pueden las acciones de adaptación en el puerto apoyar objetivos más amplios de adaptación estatal.

Esto sugiere que las principales áreas de superposición están relacionadas con las medidas de adaptación basada en ecosistemas, concretamente la planeación para gestión de inundaciones a nivel de cuenca y la gestión de los hábitats del manglar.

En consulta con las autoridades de gobierno a nivel estatal durante la visita del equipo de trabajo de este estudio, se hizo nota de que los riesgos climáticos y la adaptación en el puerto no habían sido considerados en el desarrollo del PECC, a pesar de que el puerto es un contribuyente importante para la economía del estado. La formulación de un Plan de Adaptación para el puerto fue por lo tanto vista por las autoridades estatales como importante, ya que complementa otras estrategias y objetivos de adaptación a nivel estatal para Colima.

5.3.3. Marco político a nivel municipal

Actualmente, el Municipio de Manzanillo está en proceso de integrar las estrategias y objetivos de cambio climático presentados a nivel estatal y federal en el próximo Plan Municipal de Desarrollo y en el Programa de Ordenamiento Ecológico y Territorial de Manzanillo. No hay información disponible al día de hoy para aportar recomendaciones concretas de cómo el Plan de Adaptación del Puerto de Manzanillo pueda estar alineado a los esfuerzos que quedarán plasmados en el siguiente Plan Municipal de Desarrollo. Sin embargo, el Plan Municipal de Desarrollo actual (2013-2015)[288] indica posibles áreas de superposición. Será necesario revisar este tema una vez que el siguiente plan esté en vigor. Las áreas de superposición con el Plan Municipal de Desarrollo actual incluyen:

- Las áreas de acción presentadas en el Plan Estatal de Desarrollo (2010-2015) que no han sido completadas por el Municipio;

TABLA 5.4

Alineación de medidas del Plan de Adaptación del puerto de Manzanillo y acciones recomendadas en el Programa de cambio climático del Estado de Colima.

Lineas de accion en el Plan Estatal de Cambio Climatico de Colima (PECC)	Referencia en PECC	Medidas de adaptación en el Plan de Adaptación del Puerto de Manzanillo	
		Prioridad alta	Prioridad media o baja
Promover políticas de reforestación y restauración de las cuencas, alineados con la estrategia estatal para REDD+ (EEREDD+).	Capitulo 13 p. 89	P8, P15, P20	A11, A37, A38, A39
Actualizar planes de ordenamiento ecológico con un foco en áreas costeras e incluir consideraciones para la conservación de manglares.	Capitulo 10 p. 7	P8, P15, P20	A11, A37, A38, A39
Diseño de políticas para atraer inversiones en infraestructura para el desarrollo de nuevas líneas ferroviarias y así reducir la carga por camión en la vía que une a Guadalajara y Manzanillo.	Capitulo 17 p. 105		A28, A29, A30
Fortalecer y desarrollar la capacidad de los sectores productivos en lo que respecta a riesgos climáticos e identificando las soluciones para los distintos sectores.	Capitulo 17 p. 105	Aplica para todas las medidas	
Incentivar la diversificación de los sistemas de producción, en particular para el sector primario y así apoyar su adaptación a la variabilidad climática.	Capitulo 17 p. 105		A53, A54
Atraer inversions en el desarrollo de energías renovables y alternativas.	Capitulo 17 p. 105		A3

Fuente: Autores de este reporte

TABLA 5.5

Alineación de medidas en el Plan de Adaptación del Puerto de Manzanillo y puntos de acción en el Plan Municipal de Desarrollo de Manzanillo.

Lineas de accion en el Plan Municipal de Desarrollo (2013-2015)	Medidas de adaptación en el Plan de Adaptación del Puerto de Manzanillo	
	Prioridad alta	Prioridad media o baja
Promover ante las autoridades competentes que la aduana de Manzanillo trabaje las 24 horas.	P21	
Elaborar un proyecto de reordenamiento vial y señalamiento en el municipio de Manzanillo.	P21	A28, A30, A31, A32, A35
Promocionar el puerto comercial y turístico de Manzanillo mediante la participación en 18 eventos nacionales e internacionales, tales como foros, ferias y congresos.		A34, A48

Fuente: Autores de este reporte

TABLA 5.3

Alineación de medidas en el Plan de Adaptación del puerto de Manzanillo con los ejes estratégicos y objetivos en los instrumentos de política a nivel federal.

Instrumento político	Eje estratégico / objetivos	Líneas de acción relevantes para el Puerto de Manzanillo
Estrategia Nacional de Cambio Climático Visión 10-20-14	**Eje estrategico A2.** Reducir la vulnerabilidad y aumentar la resiliencia de la infraestructura estratégica y sistemas productivos ante los efectos del cambio climático.	**A2.2** Integrar en programas productivos existentes, criterios de adaptación al cambio climático.
		A2.5 Considerar escenarios de cambio climático en la determinación de la vocación y la adecuación del uso del suelo para el establecimiento de actividades productivas.
		A2.9 Implementar técnicas y tecnologías en todos los sectores productivos que fomenten el uso eficiente de los recursos y administren los riesgos asociados al cambio climático.
		A2.11 Fortalecer la infraestructura estratégica existente (comunicaciones, transportes, energía, entre otras) considerando escenarios climáticos.
		A2.12 Incorporar criterios de cambio climático en la planeación y construcción de nueva infraestructura estratégica y productiva.
Programa Especial de Cambio Climático 2014-2018	**Objetivo 1** Reducir la vulnerabilidad de la población y sectores productivos e incrementar su resiliencia y la resistencia de la infraestructura estratégica.	**Estrategia 1.3** Fortalecer la infraestructura estratégica e incorporar criterios de cambio climático en su planeación y construcción. **1.3.3** Generar programas de gestión de la vulnerabilidady aumento de la resistencia de infraestructura, considerando también los ecosistemas de la región. **1.3.5** Implementar programas a fin de contar con infraestructura nacional de mayor capacidad de resistencia ante fenómenos naturales.
		Estrategia 1.4 Fomentar acciones de adaptación en los sectores productivos. **1.4.2** Realizar estudios de vulnerabilidad del sector industrial ante el cambio climático.

Fuente: Autores de este reporte

Entidad gubernamental principal	Medidas de adaptación en el Plan de Adaptación del Puerto de Manzanillo	
	Prioridad alta	**Prioridad media o baja**
No se especifica	Todas las medidas soportan esta línea de acción[lv]	
No se especifica	P8, P20	
No se especifica	Aplica a todas las medidas	
No se especifica	P1, P2, P6, P7, P10, P11, P13, P19	A1, A5, A7, A10; A12, A17, A18, A19, A20, A22, A25;
No se especifica		A17, A18
SENER SEGOB	P1, P2, P3, P5, P6, P7, P8, P10, P11, P12, P13, P14, P15, P18, P19, P20	A1, A5, A7, A9, A10, A11, A12, A13, A14, A15, A16, A17, A18, A19, A20, A21
No se especifica	Este studio responde a esta línea de accion	

- Las áreas estratégicas presentadas en el Plan Municipal de Desarrollo (2013-2015) que pueden presentarse en el siguiente.

Por ejemplo, el Plan Municipal de Desarrollo (2013-2015) presenta una serie de actividades con el objetivo de mejorar la infraestructura de carretera la cual está todavía por realizarse. Estas mejoras podrían apoyar de forma positiva el Plan de Adaptación del puerto, ya que el riesgo de inundaciones por lluvias alrededor de la entrada al puerto incluye los problemas de tráfico actuales. La Tabla 5.5 presenta las actividades en el Plan Municipal de Desarrollo (2013-2015) que se enfocan en apoyar las actividades de consolidación y distribución en el puerto. Estas, a su vez, pueden apoyar medidas en el Plan de Adaptación del puerto.

El objetivo estratégico 7 del Plan Municipal de Desarrollo también presenta una serie de políticas, objetivos y acciones que aportan una guía más detallada de cómo los esfuerzos de adaptación en el puerto pueden integrarse con los objetivos del municipio. La Tabla 5.6 aporta más información en las áreas de superposición.

TABLA 5.6

Alineación de las medidas de adaptación en el Plan de Adaptación del Puerto de Manzanillo con los objetivos estratégicos en el Plan Municipal de Desarrollo de Manzanillo.

Objetivos estratégicos en el Plan Municipal de Desarrollo (2013-2015)	Medidas de adaptación en el Plan de Adaptación del Puerto de Manzanillo	
	Prioridad alta	Prioridad media o baja
7.1.1 Debemos garantizar la convivencia entre el puerto y la ciudad, y lograr que el crecimiento del puerto genere de manera paralela y equilibrada el desarrollo humano y económico.	P8, P15, P20, P21	A39, A43, A48
7.1.3 El Ayuntamiento debe impulsar y coordinar a los agentes de los sectores público, privado y social de la comunidad portuaria para inducir la convivencia entre el movimiento que genera el puerto y las actividades cotidianas de la población.	P21	A28, A30, A31, A32, A35
7.1.7 Los servicios e infraestructura del puerto, de las fuerzas armadas y de organizaciones locales deben trabajar conjuntamente para servir y atender a la Gente, y para darle auxilio y protección en caso de siniestros.	P4, P17	A44
7.2.3 Coordinar a la comunidad portuaria, a las fuerzas armadas y a los organismos de la ciudad para emprender y sostener el Plan de contingencias.	P17	
7.2.6 Coordinar un comité para la atención y prevención de desastres naturales conjuntamente con los cuerpos de auxilio y rescate del puerto, las fuerzas armadas y los organismos locales.	P17	
7.2.7 Ampliar las áreas de reserva urbana con usos industriales y de servicios a la actividad portuaria		A7, A55
7.2.9 Promover un centro logístico intermodal para industria y servicios al puerto, tanto para el de San Pedrito como el futuro puerto en el Vaso II de la Laguna de Cuyutlán, en la zona sureste del área urbana entre El Colomo, la carretera libre, la autopista y la laguna.		A28, A29, A30, A31, A48, A55

Fuente: Autores de este reporte

5.4. Relación entre este Plan de Adaptación y otros planes en el puerto de Manzanillo

En línea con las mejores prácticas, las medidas en este Plan de Adaptación necesitan ser integradas en los planes existentes en el puerto en la medida de lo posible. La adaptación no es un proceso aislado; frecuentemente involucra modificaciones a procesos ya existentes. La integración es una forma eficiente de asegurar que las acciones en el plan tengan dueño, y que sean completadas de forma efectiva.

Existen dos áreas principales donde encajan las medidas de adaptación, concretamente:

- El Plan Maestro de Desarrollo Portuario (PMDP), que presenta la dirección estratégica para el puerto e incluye temas altamente relevantes para la adaptación tales como mantenimiento, desarrollo e inversiones;
- Planes operacionales y procedimientos.

5.4.1. Enlaces con el Plan Maestro de Desarrollo Portuario (PMDP)

Cada cinco años API Manzanillo desarrolla el Plan Maestro de Desarrollo Portuario, de acuerdo al Art. 41 de la Ley de Puertos, al Art. 39 del reglamento de la Ley de Puertos y como parte de las condiciones impuestas por el gobierno federal desde la creación de API Manzanillo en 1994. El PMDP es la principal plataforma para formular las estrategias de desarrollo de corto, mediano y largo plazo para ayudar al puerto a alcanzar sus objetivos económicos.

El PMDP actualmente en vigor cubre el periodo de 2012-2017[289]. El próximo PMDP está preparándose y este ofrece una ocasión oportuna para integrar las distintas medidas de adaptación, en particular aquellas que requieren capital adicional y gastos de operación. La coordinación sugerida para la implementación de las medidas de adaptación prioritarias se presenta en la Tabla 5.1.

La estructura del PMDP actual (2012-2017) y la estructura esbozada para el PMDP del próximo periodo de planeación (2017-2022) ha sido revisada, para identificar donde pueden ser integrados los resultados de este estudio y particularmente las medidas de adaptación. Basados en esta revisión, se hacen las siguientes recomendaciones:

1. Para desarrollar la Sección de Diagnóstico de los futuros PMDPs, API Manzanillo debería tomar en cuenta los riesgos del cambio climático (Sección 3 de este reporte). API Manzanillo podría por ejemplo, considerar cómo pueden interactuar los riesgos climáticos identificados en este estudio con los riesgos del análisis FODA y dónde es que el cambio climático introduce nuevos riesgos u oportunidades que no son actualmente considerados.
2. Al desarrollar la Sección de Estrategia de los futuros PMDPs, se recomienda que las medidas de adaptación para el cambio climático sean tomadas en cuenta de la siguiente manera:
   - API Manzanillo debería revisar cómo se relacionan las medidas de adaptación de este plan con sus objetivos estratégicos y líneas de acción. Donde sea necesario, deberán incorporarse las consideraciones de cambio climático. Por ejemplo, se deberán incluir consideraciones sobre la necesidad de diversificar las relaciones con socios comerciales y en las líneas de negocio (como se describe en la Tabla 5.2 bajo 'Patrones de demanda y consumo')
   - Cuando se formulen metas e indicadores para el desarrollo del puerto, se recomienda considerar los indicadores para las medidas de adaptación prioritarias (ver Tabla 5.1).
3. En la estructuración de Usos, Destinos y Formas de Operación, se recomienda que las medidas de adaptación operacionales, grises e híbridas sean tomadas en cuenta para los cálculos de mantenimiento, desarrollo y requerimientos de inversión para los diferentes tipos de infraestructura (ver Tabla 5.7 para mayor detalle).

La incorporación de medidas de adaptación en próximos PMDPs deberá hacerse de manera participativa y en colaboración con las divisiones de API Manzanillo relevantes para así conciliar actividades para la adaptación con otras necesidades estratégicas y operacionales del puerto.

TABLA 5.7

Enlaces entre los componentes del PMDP que presentan mantenimiento, desarrollo e inversiones y el Plan de Adaptación del Puerto de Manzanillo.

Tipo de Infraestructura	Medidas de adaptación de alta prioridad	Medidas de adaptación de media y baja prioridad
Carreteras	P2	
Instalaciones de aduanas	P2	
Equipo de señalización marítima horizontal y vertical	P2	
Instalaciones para el equipo eléctrico	P2	A3, A5, A12
Bardado perimetral	P2	A12
Sistema de agua dulce y de drenaje	P1, P2, P5, P7, P11, P19, P13, P14, P18	
Patios de almacenamiento	P2	A12, A20
Muelles y embarcaderos	P2	A10, A25

Fuente: Autores de este reporte

5.4.2. Integración de las medidas de adaptación en los planes operacionales

Este Plan de Adaptación presenta varias medidas de adaptación que involucran el monitoreo y la actualización de los planes y procedimientos operacionales. El Reglamento del Puerto de Manzanillo cubre operaciones y procedimientos para un rango de actividades que incluyen:

- Atraque y amarre
- Gestión del tráfico y maniobras
- Desarrollo de infraestructura y sistemas
- Manejo de riesgos y emergencias
- Salud y seguridad.

Hay otros temas operacionales que probable sean presentados en otros planes operacionales que están en vigor en los puertos. La Tabla 5.8 sintetiza la información mostrando dónde pueden ser integradas las medidas de adaptación operacionales en los procedimientos operacionales existentes, tanto para API Manzanillo como para las terminales.

TABLA 5.8

Operaciones y procedimientos donde deben ser integradas diferentes medidas de adaptación.

	API Manzanillo		Terminales	
	Medidas de adaptación de prioridad alta	**Medidas de adaptación prioridad media y baja**	**Medidas de adaptación de prioridad alta**	**Medidas de adaptación prioridad media y baja**
Temas operacionales en el Reglamento del Puerto de Manzanillo				
Amarre y atraque		A23		A22, A26
Gestión del tráfico y maniobras	P21			
Desarrollo de infraestructura y sistemas				A17, A18
Manejo de riesgos y emergencias	P17	A31, A32, A33, A43, A44, A45, A46, A35, A27		A52, A27, A27
Salud y seguridad				A40, A47
Otros temas operacionales				
Desarrollo de Negocios		A34, A36, A49, A56, A52, A54, A8		A24, A52, A8
Operaciones y mantenimiento	P18, P7	A26	P7	A6, A13, A40, A47
Control de sedimentación y dragado	P9, P10, P12	A22		
Gestión/Sustentabilidad de Energía				A2, A3
Gestión de la Calidad del Agua		A42		
Administración Financiera				A4
Comunicaciones		A28, A43, A44, A45, A46, A27		A27
Gestión de actores	P3, P4, P15	A24, A29, A48, A50, A51		

Fuente: Autores de este reporte

5.5. Plan de participación de actores

Un adecuado compromiso con los actores relevantes es un factor crítico para la implementación exitosa de cualquier Plan de Adaptación. Puede ayudar a identificar sinergias en los objetivos de adaptación y evitar conflictos. Un compromiso efectivo de los actores recae en la habilidad de:

- Identificar cuáles actores se necesita involucrar;
- Entender sus roles y responsabilidades;
- Entender su nivel de influencia e importancia;
- Comunicar y comprometerse de maneras que sean percibidas como relevantes y de beneficio para la audiencia a la que está dirigida.

La Tabla 5.9 resume, en términos generales, cuatro categorías de actores, identificados de acuerdo a su:

- **Nivel de influencia** – el nivel de poder que tiene el actor para facilitar o impedir las acciones.
- **Nivel de impacto** – una combinación del nivel de interés que tiene el actor en la implementación de medidas descritas en el plan (dependiendo de como el plan responde a sus roles y objetivos) y de la importancia que su contribución puede tener en su implementación.

Basado en esta categorización, los actores para el Plan de Adaptación del Puerto de Manzanillo están resumidos en la Tabla 5.10. Los actores cuyo apoyo será necesario para la implementación de las medidas de adaptación prioritarias se muestran aquí como 'actores clave'. Se incluyen a los siguientes:

- Comunidad del Puerto: Terminales, líneas navieras, operadores de logística, Unidad Municipal de Protección Civil;
- Gobierno: SEMARNAT, INECC, SCT, CONAGUA, IMADES y el Municipio de Manzanillo.

TABLA 5.9

Matriz de compromiso de actores genéricos.

		Impacto (interés e importancia de la contribución)	
		Bajo impacto	**Alto Impacto**
Influencia (poder para facilitar o impedir)	**Alta influencia**	Actores importantes a ser comprometidos en áreas específicas • **Informar y colaborar según sea necesario** • Incrementar su nivel de interés mientras que su desinterés se convierta en un barrera para la implementación de las acciones de adaptación • Enfocarse en moverlos hacia el cuadrante de Alto Impacto/ Alta Influencia	Actores clave a comprometer a lo largo de la implementación del Plan de Adaptación • **Informar, consultar y colaborar** • Considerar sus intereses y expectativas para construir su apoyo para la implementación de las medidas de adaptación • Enfocar el esfuerzo en este grupo, involucrarlos y consultarlos regularmente • Involucrarlos en la toma de decisiones
	Baja influencia	Actores no críticos que deberían ser involucrados en una amplia consulta • **Mantener al día** • Informar a través de comunicados generales	Actores importantes para considerar en • **Informar y consultar según sea necesario** • Mantener al día con la información que estas organizaciones generen • Consultarlos para temas específicos

Fuente: Autores de este reporte

API Manzanillo deberá considerar el nivel de compromiso requerido para cada actor, de acuerdo a la categoría a la cual pertenece. Esta diferenciación ayuda a API Manzanillo a entender el nivel de esfuerzo que debería invertir en informar, consultar o colaborar con cada actor para apoyar la implementación del Plan de Adaptación.

5.5.1. Relación puerto-ciudad

En lo que se refiere a la implementación de este Plan de Adaptación, API Manzanillo necesitará evaluar con mucho cuidado cómo es que las medidas de adaptación pueden afectar su relación con la ciudad y el municipio. Por un lado, sin el adecuado compromiso y comunicación con el municipio y los grupos de la sociedad civil, los problemas entre la ciudad y el puerto a los que hoy se enfrentan podrían crecer. Por ejemplo, obras de construcción que puedan requerir acondicionamiento o actualización de la infraestructura podrían generar polvo extra o tráfico en las vías y esto podría ser percibido negativamente por los ciudadanos si carecen del adecuado entendimiento de los beneficios de estas medidas. Por el otro lado sin embargo, la implementación de algunas de las medidas de adaptación podría ayudar a fortalecer la relación entre la ciudad y el puerto. API Manzanillo debería buscar colaborar con el municipio tanto como sea posible en dónde la implementación de las acciones de adaptación pueda traer beneficios mutuos, y cuando sea necesario involucrar al municipio para poder implementar medidas específicas. Este es el caso, por ejemplo, en lo que res-

TABLA 5.10

Matriz de manejo de actores para la implementación del Plan de Adaptación del Puerto of Manzanillo.

		Impacto (interés e importancia de la contribución)	
		Bajo impacto	**Alto impacto**
Influencia (poder para facilitar o impedir)	**Alta influencia**	• **Informar y colaborar según sea necesario** • SEMAR • CFE • SAGARPA • CENAPRED	ACTORES CLAVE • **Informar, consultar y colaborar** • Terminales • Líneas navieras • Operadores de logística • Ayuntamiento de Manzanillo • IMADES • Unidad Municipal de Protección Civil • SEMARNAT • INECC • SCT • IMT • CONAGUA
	Baja influencia	• **Mantener al día** • Asociación Mexicana de Agentes Navieros • Asociación de Agentes Aduanales del Puerto de Manzanillo Colima • Asociación de terminales remotas del Pacífico • Asociación Nacional de Importadores y Exportadores de la República Mexicana	• **Informar y consultar según sea necesario** • Investigar/proveedores de información de cambio climático

Fuente: Autores de este reporte

pecta a medidas para reducir el riego de inundaciones que requieran cambios en los esquemas de planeación del uso de suelos al nivel de cuencas o al nivel municipal.

El Centro de Emergencias de API debería también continuar apoyando a la comunidad de Manzanillo y trabajando de manera colaborativa con el municipio y la Unidad Municipal de Protección Civil en la prevención de riesgos y gestión de respuestas para el manejo del riesgo durante desastres naturales.

Como se menciona en el Plan de Desarrollo Municipal para Manzanillo[290], la ciudad y el puerto deben co existir de manera armónica, eficiente y balanceada. Al tiempo que el municipio desarrolla su siguiente Plan de Desarrollo Municipal y el Programa de Ordenamiento Ecológico y Territorial de Manzanillo, el puerto debería comunicar las necesidades de la adaptación que ha identificado a través de este estudio y promover la colaboración en las medidas de adaptación donde traigan beneficios para ambos. Más aún, una vez que el Plan de Desarrollo Municipal haya incorporado las consideraciones climáticas a sus estrategias y líneas de acción, será importante para el puerto tomarlas en cuenta cuando se implementen las acciones de adaptación plasmadas en este Plan.

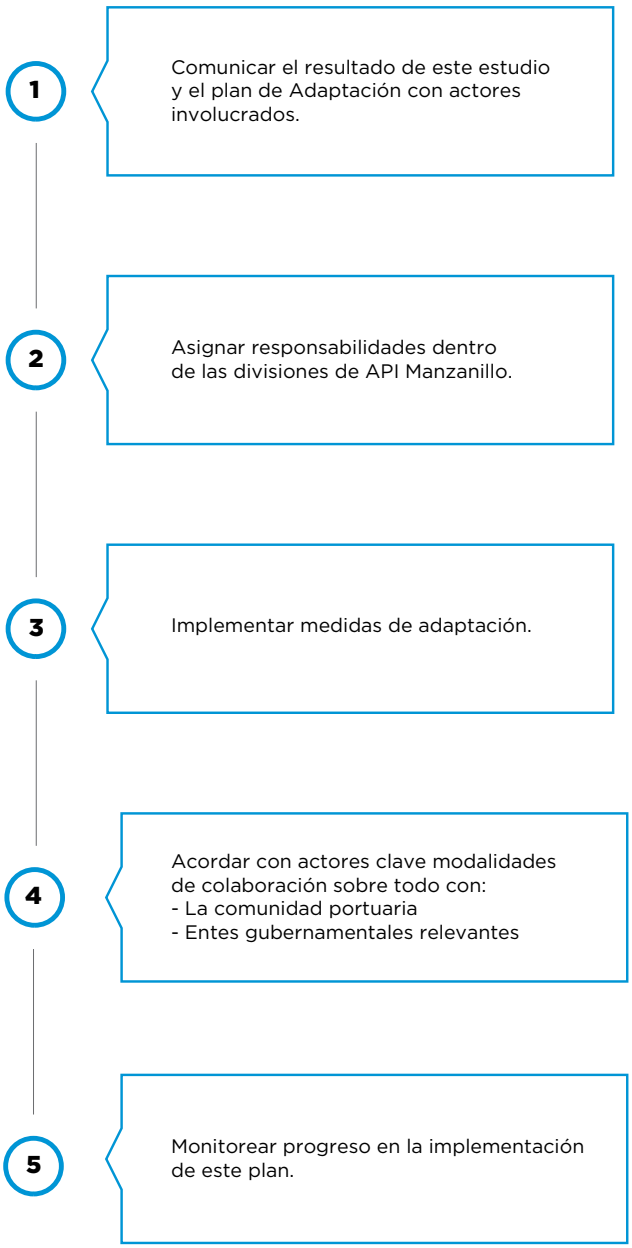
5.6. Siguientes pasos

Aunque haber completado este estudio representa la última etapa de una fase importante en el proceso de adaptación para el puerto, una etapa nueva y aún más importante comienza en base a decisiones a tomar para la implementación de medidas descritas en este plan (Figura 5.2). Los próximos pasos para API Manzanillo consisten en: comunicar los resultados de este estudio y el Plan de Adaptación; considerar las medidas propuestas en el plan; decidir qué medidas han de implementarse y cuándo; definir responsabilidades dentro de las divisiones de la API Manzanillo y acordar proceso de implementación con actores clave. Habiendo cumplido estos pasos API Manzanillo y las terminales podrán comenzar a incorporar medidas de adaptación dentro de sus actividades operativas y estratégicas.

API Manzanillo deberá desarrollar, en coordinación con las terminales y otros actores clave, un plan de monitoreo para evaluar el progreso en la implementación de las medidas de adaptación y para valorar su rendimiento, basado en los indicadores de adaptación recomendados en la Tabla 5.1. API Manzanillo debería también monitorear tendencias en parámetros climáticos y oceanográficos en el puerto para entender cambios que se vayan dando progresivamente. Por último se recomienda a API Manzanillo mantenerse al tanto de nuevos desarrollos en proyecciones de cambio climático mediante comunicaciones con INECC.

FIGURA 5.2

Siguientes pasos en la implementación de este Plan de Adaptación.



Fuente: Autores de este reporte

6. Estudio de las limitaciones y lecciones aprendidas para estudios futuros

SSAMéxico
6
SSAMéxico
4
4
tex
tex

6.1. Observaciones generales

Los estudios de riesgo y adaptación climática a menudo enfrentan varias limitaciones en términos de la disponibilidad de datos y de información. Estas limitaciones pueden afectar los planteamientos, y el grado de confianza en las evaluaciones de riesgo climático y las consecuentes recomendaciones de acciones de adaptación.

Las principales limitaciones experimentadas en este estudio se resumen más adelante. En algunos casos, desarrollos futuros en investigación científica podrían ayudar a tratar estas limitaciones, así que es útil describirlas, para alentar la investigación en las áreas correctas. Más aún, algunas de las evaluaciones podrían ser mejoradas por API Manzanillo trabajando con las terminales y otros actores interesados.

Sin embargo, debería considerarse que ciertas incertidumbres siempre permanecerán respecto a las condiciones climáticas futuras, y por lo tanto es importante que los Planes de Adaptación hagan énfasis en abordar primero las medidas de adaptación de resultados garantizados, low regret, ganar-ganar y las flexibles. Esto es discutido a más detalle en la Sección 5.1.

6.2. Proyectando cambios en los ciclones tropicales

El estudio encontró que una alta proporción de los riesgos climáticos para el puerto estaban relacionados a los ciclones tropicales regionales y a las tormentas, los cuales son responsables de los eventos de lluvias intensas que pueden causar inundaciones por lluvia y fuertes vientos que provocan trastornos y en casos extremos el cierre del puerto. Los ciclones tropicales también son responsables de provocar marejadas, que tienen el potencial de provocar inundaciones de agua de mar. Por lo tanto, es importante un entendimiento de cómo estos eventos cambiarán en el futuro para evaluar el riesgo que representa el cambio climático y para evaluar las acciones de adaptación asociadas. Sin embargo, los ciclones tropicales no son actualmente simulados en los modelos climáticos globales debido principalmente a la relativamente gruesa escala espacial de los modelos.

El estudio también encontró que los impactos de los ciclones tropicales y tormentas en las actividades del puerto dependen fuertemente de sus trayectorias: basados en los datos aportados por PEMEX para 2014, se observó que la mayoría de los ciclones tropicales o tormentas en el Noreste tropical del Pacífico no afectan al puerto. Solo aquellos ciclones o tormentas que pasan muy cerca de Manzanillo, y normalmente dentro de decenas de kilómetros, llevan a trastornos. No es este el caso para la mayoría de los ciclones o tormentas que están más lejanas al puerto.

Por lo tanto, se requiere que los modelos climáticos simulen la frecuencia de ciclones tropicales y su intensidad para evaluar los riesgos futuros del puerto. Un requerimiento adicional es que las rutas de los ciclones tropicales en la escala de la cuenca sub-oceánica deberían ser muy bien simulados. Esto es más allá de las capacidades actuales de la ciencia climática. Modelos climáticos regionales adicionales podrían ser factibles para llevar a cabo investigaciones de cambios posibles en las características del ciclo tropical tales como frecuencia e intensidad. Sin embargo, tales estudios tomarían demasiado tiempo para ser completados y por lo tanto quedan fuera del alcance de este estudio.

Debido a estas limitaciones, fueron desarrolladas pruebas de sensibilidad para cambios futuros en los ciclones tropicales, para aportar un entendimiento de los riesgos futuros potenciales que enfrenta el puerto (ver Sección 2.1.3). Además, fueron analizadas las tendencias observadas en la intensidad de las lluvias y la velocidad de los vientos. Donde estas tendencias fueron estadísticamente significativas, se asumió que continuarían linealmente en el futuro (ver Sección 2.1.1, apartado "Tendencias climáticas observadas: umbrales de precipitación y vientos en base a datos diarios"). Cuando los avances científicos sobre ciclones tropicales futuros estén disponibles, se podrán comparar contra las pruebas de sensibilidad y las tendencias observadas aplicadas en el estudio.

6.3. Análisis hidrológicos

Fue llevado a cabo un análisis hidrológico para aportar estimados de los cambios futuros en los flujos máximos (descargas) para el Arroyo Camotlán (captación de Drenaje 3) (ver Apéndice 6). Se generaron estimados para varios periodos de retorno de flujo máximo, para dos periodos futuros (2050 y 2080). Este análisis tiene algunas limitaciones que son discutidas en mayor detalle en el Apéndice 6. Primero, el método usado para estimar los flujos máximos utilizó fórmulas que no son 100% apropiadas para el tamaño del Drenaje 3 de captación. Segundo, el porcentaje de cambios en la intensidad de la lluvia futura para una frecuencia de retorno (a saber, tormentas en 24hr con periodo de retorno el 20-años) se asumieron para aplicar a todos los periodos de retorno de lluvia. En realidad, el porcentaje de cambios para otros periodos de retorno es probable que sea diferente. El Apéndice 6 aporta detalles en el análisis adicional que pueden ser realizados con recursos extra, para aportar estimados más específicos de los flujos máximos, las inundaciones de aguas superficiales y sedimentación en el puerto.

6.4. Tasas de sedimentación

Para este estudio, no hubo disponibilidad de estimados de las concentraciones de sedimento a la fecha en el Drenaje 3 de captación. Por lo tanto, el potencial de cambios en la descarga de sedimento bajo el cambio climático fue limitado a una discusión cualitativa.

Además, el estudio asumió que los cambios en la descarga de sedimento podían variar proporcionalmente con cambios en los flujos máximos. Sin embargo, eventos de lluvias más frecuentes y más intensos podrían tener el efecto de que las gotas de lluvia al contacto con la superficie expulsen un mayor número de partículas del suelo. Esto incrementaría la sedimentación de forma no-lineal. Similarmente, flujos máximos más altos podrían incrementar la erosión de los canales de forma no-lineal. Se requiere de análisis y datos a más detalle, más allá del alcance de este estudio para realizar una evaluación no lineal.

6.5. Estimados de ingeniería para la actualización del drenaje

Para estimar los costos de la actualización del Drenaje 3, en ausencia del diseño a detalle del drenaje, se tuvieron que hacer varios supuestos con respecto al régimen del flujo, pendiente de drenaje y profundidad de la salida. Los detalles del razonamiento completo se aportan en el Apéndice 7. Estos estimados podrían ser mejorados por API Manzanillo, basados en el diseño detallado de los datos que tienen.

6.6. Análisis financiero

No fueron recibidas respuestas detalladas de todas las terminales para los datos solicitados sobre incidentes observados relacionados al clima y sus impactos en el rendimiento financiero de las terminales (ver Apéndice 3).

El estudio fue capaz de dar un análisis financiero detallado basado en los datos aportados por las terminales. Sin embargo, ante las disparidades en los datos de algunas terminales, ciertos análisis fueron limitados a las terminales que sí respondieron. En otros casos, los supuestos fueron hechos sobre los datos de un limitado número de terminales para que fueran representativos para todas. Por ejemplo, la información sobre costos de paro de actividades por las operaciones del buque de dragado estaba disponible para una sola terminal. Esta fue tomada como una cifra representativa del promedio para todas las terminales del puerto.

6.7. Identificación y valoración de las medidas de adaptación

El alcance y presupuesto disponible para este estudio fueron limitantes en el tipo y nivel de análisis que pudo realizarse para las medidas de adaptación (ver Secciones 4.2 y 5.)

Primero, deberían ser idealmente identificadas y valoradas en consulta con los actores interesados que serán responsables de su implementación, y de involucrar otros actores críticos quienes podrían ser afectados por ellas, o tienen un interés en ellas (ver Sección 5.5 para más detalles). Esto no fue posible con el presupuesto del estudio, que solo permitió una visita a México al inicio del estudio para identificar los riesgos y vulnerabilidades y recoger los datos del estudio. En su lugar, las medidas de adaptación fueron identificadas y valoradas por el equipo del estudio, basándose en los principios de la Sección 5.1. Como se hizo notar en la Sección 5.6, API Manzanillo y las terminales desearán, en acuerdo con otros actores interesados, considerar las medidas propuestas, para decidir cuáles implementar y cuándo.

Segundo, el estudio identifica dos tipos de medidas principales: las que construyen capacidad adaptativa (que son de resultado garantizado), y las que resultan en la implementación de acciones de adaptación. La segunda categoría incluye cuatro sub-categorías (cambios operacionales, soluciones de ingeniería /de carácter estructural, medidas de adaptación basadas en el ecosistema y medidas híbridas – ver Sección 5.2). Dentro del alcance y presupuesto disponible para el estudio, no fue factible realizar análisis cuantitativos para todas las medidas propuestas. En su lugar, fueron realizados análisis de alto nivel de costo–eficiencia para evaluar el costo-beneficio relativo (Sección 4.2). En su lugar, el análisis detallado de los costos y rendimiento financiero de la adaptación fue centrado en las medidas para tratar el riesgo climático más significativo financieramente hablando, de cara al puerto – a saber, actualizaciones al sistema de drenaje para manejar el riesgo de inundaciones de aguas superficiales y sedimentación (Sección 4.2.1).

Glosario[lvi]

Adaptación

Medidas y ajustes en sistemas humanos o naturales, como respuesta a estímulos climáticos, proyectados o reales, o sus efectos, que pueden moderar el daño, o aprovechar sus aspectos beneficiosos.

Manejo adaptivo[lvii]

El proceso de planear, implementar y modificar estrategias iterativamente para la gestión de recursos tomando en cuenta incertidumbres y posibles cambios. El manejo adaptivo conlleva ajustar mecanismos de respuesta en base a observaciones de sus efectos y a cambios en el sistema generados por retroalimentaciones y otras variables.

Cambio climático

Variación del clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana, que altera la composición de la atmósfera global y se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos comparables.

Desastre

Resultado de la ocurrencia de uno o más agentes perturbadores severos y o extremos, concatenados o no, de origen natural o de la actividad humana, que cuando acontecen en un tiempo y en una zona determinada, causan daños y que por su magnitud exceden la capacidad de respuesta de la comunidad afectada.

Gases de efecto invernadero (GEI)

Aquellos componentes gaseosos de la atmósfera, tanto naturales como antropógenos, que absorben y emiten radiación infrarroja.

Mitigación

Aplicación de políticas y acciones destinadas a reducir las emisiones de las fuentes, o mejorar los sumideros de compuestos y gases de efecto invernadero.

Ordenamiento ecológico

El instrumento de política ambiental cuyo objeto es regular o inducir el uso del suelo y las actividades productivas, con el fin de lograr la protección del medio ambiente y la preservación y el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales a partir del análisis de las tendencias de deterioro y las potencialidades de aprovechamiento de los mismos.

Peligro[lviii]

La potencialidad de ocurrencia de un evento natural o un evento físico de origen antrópico (o a sus tendencias), que pueden generar impactos físicos de pérdida de vidas, lesiones u otros impactos a la salud, así como los daños y pérdidas a las propiedades, la infraestructura, los bienes, la provisión de servicios, los ecosistemas y los recursos ambientales.

Resiliencia

Capacidad de los sistemas naturales o sociales para recuperarse o soportar los efectos derivados del cambio climático.

Riesgo[lix]

Consecuencias potenciales donde elementos humanos (incluyendo a personas) se ven amenazadas y donde el resultado es incierto. El riesgo se presenta frecuentemente como la probabilidad de ocurrencia de eventos o patrones peligrosos multiplicados por la consecuencia que se genera si estos eventos ocurren.

Servicios ambientales

Los beneficios tangibles e intangibles, generados por los ecosistemas, necesarios para la supervivencia del sistema natural y biológico en su conjunto, y para que proporcionen beneficios al ser humano.

Vulnerabilidad

Nivel a que un sistema es susceptible, o no es capaz de soportar los efectos adversos del Cambio Climático, incluida la variabilidad climática y los fenómenos extremos. La vulnerabilidad está en función del carácter, magnitud y velocidad de la variación climática a la que se encuentra expuesto un sistema, su sensibilidad, y su capacidad de adaptación.

Notas finales

1. Gobierno del Estado Libre y Soberano de Colima Statement on El Puerto de Manzanillo. [Recurso en línea]: http://www.sefome.gob.mx/influ_puerto.php. (Accesado en agosto de 2015).

2. API Manzanillo, Top 10 Los puertos más importantes de América Latina. [Recurso en línea]: http://www.puertomanzanillo.com.mx/esps/2110842/top-10-los-puertos-mas-importantes-de-america-latina. (Accesado en agosto de 2015).

3. Medidas de adaptación referentes a riesgos no prioritarios (niveles medio y bajo) para el Puerto de Manzanillo (cont.), Top 10 Los puertos más importantes de América Latina. [Recurso en línea]: http://www.puertomanzanillo.com.mx/esps/2110842/top-10-los-puertos-mas-importantes-de-america-latina. (Accesado en agosto de 2015).

4. SEMARNAT y INECC (2015). "Elementos Mínimos para la Elaboración de los Programas de Cambio Climático de las Entidades Federativas." [Recurso en línea]: http://www.inecc.gob.mx/descargas/cclimatico/2015_elem_minims_prog_cc_efederativas.pdf. (Accesado en agosto de 2015).

5. API Manzanillo. (2012). Programa Maestro de Desarrollo ortuario (PMDP) del Puerto de Manzanillo 2012 – 2017.

6. API Manzanillo. (No date). Puerto de Manzanillo. Port Handbook 2014-2015

7. SCT. (2013). [Recurso en línea]: http://www.amivtac.org/esp/1/mapas/sistema-portuario-nacional. (Accesado en septiembre de 2015)

8. UK Adaptation Sub-Committee (2014). Managing climate risks to well-being and the economy. Adaptation Sub-Committee Progress Report 2014

9. Ley General de Cambio Climático Nueva Ley DO, junio 6, 2012.

10. Gobierno de la República. (2013). Estrategia Nacional de Cambio Climático. Visión 10-20-40.

11. Zorrilla Ramos, M. (2014), Evaluación del marco regulatorio para un estudio de adaptación al cambio climático para el Puerto de Manzanillo (ME-T1239): Informe Final

12. Zorrilla Ramos, M. (2014), Evaluación del marco regulatorio para un estudio de adaptación al cambio climático para el Puerto de Manzanillo (ME-T1239): Informe Final.

13. Zorrilla Ramos, M. (2014), Evaluación del marco regulatorio para un estudio de adaptación al cambio climático para el Puerto de Manzanillo (ME-T1239): Informe Final.

14. Zorrilla Ramos, M. (2014), Evaluación del marco regulatorio para un estudio de adaptación al cambio climático para el Puerto de Manzanillo (ME-T1239): Informe Final.

15. SEMARNAT y INECC (2015) "Elementos mínimos para la elaboración de los Programas de Cambio Climático de las Entidades Federativas" [Recurso en línea]: http://www.inecc.gob.mx/descargas/cclimatico/2015_elem_minims_prog_cc_efederativas.pdf. (Accesado en agosto de 2015)

16. IPCC, 2012: Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation.A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Field, C.B., V. Barros, T.F. Stocker, D. Qin, D.J. Dokken, K.L. Ebi, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, G.-K. Plattner, S.K. Allen, M. Tignor, and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK, and New York, NY, USA, 582 pp

17. INECC (2013), Guía Metodológica para la Evaluación de la Vulnerabilidad ante el Cambio Climático, Victor Magaña (Ed.)

18. SEMARNAT e INECC (2015) "Elementos mínimos para la elaboración de los Programas de Cambio Climático de las Entidades Federativas" [Recurso en línea]: http://www.inecc.gob.mx/descargas/cclimatico/2015_elem_minims_prog_cc_efederativas.pdf

19. Willows, R.I. and R.K. Connell. (eds.). (2003). Climate Adaptation: Risk, Uncertainty and Decision-Making. UKCIP Technical Report. UKCIP, Oxford.

20. Lal, P.N., T. Mitchell, P. Aldunce, H. Auld, R. Mechler, A. Miyan, L.E. Romano, and S. Zakaria, 2012: National systems for managing the risks from climate extremes and disasters. In: Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation [Field, C.B., V. Barros, T.F. Stocker, D. Qin, D.J. Dokken, K.L. Ebi, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, G.-K. Plattner, S.K. Allen, M. Tignor, and P.M. Midgley (eds.)]. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Cambridge University Press, Cambridge, UK, and New York, NY, USA, pp. 339-392.

21. Metroeconómica (2004). "Costing the impacts of climate change in the UK: overview of guidelines". UKCIP Technical Report. UKCIP, Oxford.

22. API Manzanillo. (2015). Pers. Comm

23. API Manzanillo. (2015). Pers. Comm

24. API Manzanillo. (2015). Pers. Comm

25. API Manzanillo. (2015). Pers. Comm

26. API Manzanillo. (2015). Pers. Comm

27. UK Adaptation Sub-Committee (2014). Managing climate risks to well-being and the economy. Adaptation Sub-Committee Progress Report 2014.

28. The Royal Society Science Policy Centre. (2014). Resilience to extreme weather

29. GIZ y SEMARNAT. Metodología para la Identificación y Priorización de Medidas de Adaptación frente al Cambio Climático. [Recurso en línea]: http://www.adaptacion.inecc.gob.mx/que-es-adaptacion-y-vulnerabilidad/medidas-y-acciones/metodologia. (Accesado en septiembre de 2015).

30. Stern, N. (2007). The Economics of Climate Change: The Stern Review. Cambridge and New York: Cambridge University Press.

31. Estadísticas de viento & tiempo Manzanillo Aeropuerto [Recurso en línea]: http://es.windfinder.com/windstatistics/manzanillo. (Accesado en junio de 2015).

32. Estadísticas de viento & tiempo Manzanillo Aeropuerto [Recurso en línea]: http://es.windfinder.com/windstatistics/manzanillo. (Accesado en junio de 2015)

33. Gutzler, D.S., Wood, K.M., Ritchie, E.A., Douglas, A.V., y Lewis, M.D. (2013). Interannual variability of tropical cyclone activity along the Pacific coast of North America, Atmósfera, Volume 26, Issue 2, 149–162.

34. IPCC. (2012). Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Field, C.B., V. Barros, T.F. Stocker, D. Qin, D.J. Dokken, K.L. Ebi, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, G.-K. Plattner, S.K. Allen, M. Tignor, y P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK, y New York, NY, USA, 582 pp.

35. Balogun, K. (2013). Managing loss and damage from slow onset events: Applicability of risk transfer tools including Insurance. [Recurso en línea]: http://www.loSSAnddamage.net/download/7271.pdf. (Accesado en junio de 2015).

36. Cavazos, T., J. A. Salinas, B. Martínez, G. Colorado, P. de Grau, R. Prieto González, A. C. Conde Álvarez, A. Quintanar Isaías, J. S. Santana Sepúlveda, R. Romero Centeno, M. E. Mayoa Magaña, J. G. Rosario de La Cruz, Ma. del R. Ayala Enríquez, H. Carrillo Tlazazanatza, O. Santiesteban y M. E. Bravo, 2013: ACTUALIZACIÓN DE EESCENARIOS DE CAMBIO CLIMÁTICO PARA MÉXICO COMO PARTE DE LOS PRODUCTOS DE LA QUINTA COMUNICACIÓN NACIONAL . Informe Final del Proyecto al INECC, 150 pp. [Recurso en línea]: : http://eescenarios.inecc.gob.mx/index2.html. (Accesado en abril de 2015)

37. IPCC. (2012). Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Field, C.B., V. Barros, T.F. Stocker, D. Qin, D.J. Dokken, K.L. Ebi, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, G.-K. Plattner, S.K. Allen, M. Tignor, and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK, and New York, NY, USA, 582 pp.

38. IPCC. (2012). Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Field, C.B., V. Barros, T.F. Stocker, D. Qin, D.J. Dokken, K.L. Ebi, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, G.-K. Plattner, S.K. Allen, M. Tignor, y P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK, and New York, NY, USA, 582 pp.

39. [Recurso en línea]: http://escenarios.inecc.gob.mx/index2.html. (Accesado en junio de 2015)

40. Romero-Vadillo, E., Zaytsev, O. y Morales-Perez, R. (2007). Tropical cyclone statistics in the Northeastern Pacific. Atmósfera. Vol. 20, No. 2. pp. 197-213.

41. Ramsay, H. (2014). Shifting storms. Nature. 509, 290-291

42. Romero-Vadillo, E., Zaytsev, O. y Morales-Perez, R. (2007). Tropical cyclone statistics in the Northeastern Pacific. Atmósfera. Vol. 20, No. 2. pp. 197-213.

43. Romero-Vadillo, E., Zaytsev, O. y Morales-Perez, R. (2007). Tropical cyclone statistics in the Northeastern Pacific. Atmósfera. Vol. 20, No. 2. pp. 197-213.

44. Kossin, J.P. Emanuel, K. A. and Vecchi, G.A. (2014). The poleward migration of the location of tropical cyclone maximum intensity. Nature. 509, 349-353. doi:10.1038/nature13278

45. Kossin, J.P. Emanuel, K. A. and Vecchi, G.A. (2014). The poleward migration of the location of tropical cyclone maximum intensity. Nature. 509, 349-353. doi:10.1038/nature13278

46. IPCC (2007). Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, Pachauri, R.K and Reisinger, A. (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 104 pp.

47. Christensen, J.H., K. Krishna Kumar, E. Aldrian, S.-I. An, I.F.A. Cavalcanti, M. de Castro, W. Dong, P. Goswami, A. Hall, J.K. Kanyanga, A. Kitoh, J. Kossin, N.-C. Lau, J. Renwick, D.B. Stephenson, S.-P. Xie and T. Zhou. (2013). Climate Phenomena and their Relevance for Future Regional Climate Change. In: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 1217–1308, doi: 10.1017/CBO9781107415324.028.

48. IMADES (2014) Informe - Programa Estatal de Acción ante el Cambio Climático – Estado de Colima

49. IMADES (2014) Informe - Progama Estatal De Accion Ante El Cambio Climatico – Estado de Colima

50. IMADES (2014) Informe - Progama Estatal De Accion Ante El Cambio Climatico – Estado de Colima

51. ERN (2008). Estudio de Riesgo por Inundación y Marea de Tormenta, Manzanillo, Colima.

52. CONAGUA (2014) Estudio por Mondragón. Drenaje de cuencas e intensidad de lluvias que alimentan al puerto de Manzanillo

53. ERN (2008). Estudio de Riesgo por Inundacion y Marea de Tormenta, Manzanillo, Colima.

54. CONAGUA (2014) Estudio por Mondragón. Drenaje de cuencas e intensidad de lluvias que alimentan al puerto of Manzanillo

55. API Manzanillo. Presentacion Comercial 2015

56. CONSULTEC (2013) – "Assessment of discharges into Puerto de San Pedrito"

57. API Manzanillo. Presentacion Comercial 2015

58. Seneviratne, S.I., N. Nicholls, D. Easterling, C.M. Goodess, S. Kanae, J. Kossin, Y. Luo, J. Marengo, K. McInnes, M. Rahimi, M. Reichstein, A. Sorteberg, C. Vera, y X. Zhang, 2012: Changes in climate extremes y their impacts on the natural physical environment. In: Managing the Risks of Extreme Events y Disasters to Advance Climate Change Adaptation [Field, C.B., V. Barros, T.F. Stocker, D. Qin, D.J. Dokken, K.L. Ebi, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, G.-K. Plattner, S.K. Allen, M. Tignor, y P.M. Midgley (eds.)]. A Special Report of Working Groups I y II of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Cambridge University Press, Cambridge, UK, y New York, NY, USA, pp. 109-230.

59. Romero-Vadillo, E., Zaytsev, O. y Morales-Perez, R. (2007). Tropical cyclone statistics in the Northeastern Pacific. Atmósfera. Vol. 20, No. 2. pp. 197-213.

60. Wada, Y., Van Beek, L. P. H., Van Kempen, C. M., Reckman, J. W. T. M., Vasak, S., and Bierkens, M. F. P. 2010. Global Depletion of groundwater resources. Geophysical Research Letters. doi: 10.1029/2010GL044571. In press

61. Hennessy, K., Page, C., McInnes, K., Walsh, K., Pittock, B., Bathols, J and Suppiah, R. 2004.

62. CONTECON Terminal Technical Due Diligence Report (2013). Chapter 13 Climate Change and Sea Level Rise

63. Nicholls, Robert J.; Cazenave, Anny (18 June 2010). "Sea-Level Sea-Level Rise and Its Impact on Coastal Zones".Science Magazine 328 (5985): 1517–1520

64. INECC (2008) Evaluación regional de la vulnerabilidad actual y futuro de la zona costera Mexicana y los deltas más impactados ante el incremento del nivel del mar debido al cambio climático y fenómenos hidrometerológicos extremos

65. Sea Level Trends [Recurso en línea]: http://tidesandcurrents.noaa.gov/sltrends/sltrends.html, (Accesado en marzo de 2015).

66. Sutherland M, Dare P, Miller K, 2008. Monitoring Sea Level Change in the Caribbean

67. SEMAR. (2015). [Recurso en línea]: http://oceanografia.semar.gob.mx/Templates/grafnum_manzanillo.html (Accesado en agosto de 2015).

68. Sea Level Trends [Recurso en línea]: http://tidesandcurrents.noaa.gov/sltrends/seasonal.shtml?stnid=830-071, (Accesado en marzo de 2015).

69. ERN (2008). Estudio de Riesgo por Inundación y Marea de Tormenta, Manzanillo, Colima.

70. ERN (2008). Estudio de Riesgo por Inundación y Marea de Tormenta, Manzanillo, Colima.

71. ERN (2008). Estudio de Riesgo por Inundación y Marea de Tormenta, Manzanillo, Colima.

72. ERN (2008). Estudio de Riesgo por Inundación y Marea de Tormenta, Manzanillo, Colima.

73. McPhaden, M. J. & Yu, X. (1999). Equatorial waves and the 1997/98 El Nin˜o.Geophys. Res. Lett. 26, 2961–2964

74. Church, J.A., P.U. Clark, A. Cazenave, J.M. Gregory, S. Jevrejeva, A. Levermann, M.A. Merrifield, G.A. Milne, R.S. Nerem, P.D. Nunn, A.J. Payne, W.T. Pfeffer, D. Stammer and A.S. Unnikrishnan, 2013: Sea Level Change. In: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. [Recurso en línea]: http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg1/WG1AR5_Chapter13_FINAL.pdf (Accesado en abril de 2015).

75. Hinkel, Jochen, et al. "Sea-level rise scenarios and coastal risk management."Nature Climate Change 5.3 (2015): 188-190.

76. Church, J.A., P.U. Clark, A. Cazenave, J.M. Gregory, S. Jevrejeva, A. Levermann, M.A. Merrifield, G.A. Milne, R.S. Nerem, P.D. Nunn, A.J. Payne, W.T. Pfeffer, D. Stammer and A.S. Unnikrishnan, 2013: Sea Level Change. In: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. [Recurso en línea]: http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg1/WG1AR5_Chapter13_FINAL.pdf (Accesado en abril de 2015).

77. Church, J.A., P.U. Clark, A. Cazenave, J.M. Gregory, S. Jevrejeva, A. Levermann, M.A. Merrifield, G.A. Milne, R.S. Nerem, P.D. Nunn, A.J. Payne, W.T. Pfeffer, D. Stammer and A.S. Unnikrishnan. (2013). Sea Level Change. In: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. p. 1204.

78. CONTECON Terminal Technical Due Diligence Report (2013). Chapter 13 Climate Change and Sea Level Rise

79. Katsman, C., W. Hazeleger, S. Drijfhout, G. Oldenborgh, y G. Burgers, 2008: Climate escenarios of sea level rise for the northeast Atlantic Ocean: A study including the effects of ocean dynamics y gravity changes induced by ice melt. Clim. Change, 91, 351–374.

80. Vermeer, M., y S. Rahmstorf, 2009: Global sea level linked to global temperatura. Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A., 106, 21527–21532.

81. Nicholls, R. J., et al., 2011: Sea-level rise y its possible impacts given a 'beyond 4 degrees C world' in the twenty-first century. Philos. Trans. R. Soc. London A, 369, 161–181.

82. Kossin, J.P., Emanuel, K.A. and Vecchi, G.A. (2014). The poleward migration of the location of tropical cyclone maximum intensity. Nature 509, 349-352

83. Wang, X.L., Feng, Y., Swail, V.R. (2014). Changes in global ocean wave heights as projected using multimodel CMIP5 simulations. Geophys Res Lett 41(3):1026–1034

84. Wang, X.L., Feng, Y., Swail, V.R. (2014). Changes in global ocean wave heights as projected using multimodel CMIP5 simulations. Geophys Res Lett 41(3):1026–1034

85. Lukasse, L., Baerentz, M. B., & Kramer-Cuppen, J. D. (2012). Quest II: reduction of co2 emissions of reefer containers

86. Fitzgerald W.B., Howitt O.J.A., Smith I.J., Hume A. 2011. Energy use of integral refrigerated containers in maritime transportation, Energy Policy, doi: 10.1016/j.enpol.2010.12.015.

87. Lawton A.R., Mynott T.O., Marshall N. 2010, Energy consumption reduction in marine refrigerated containers, Proc. of 1st IIR Conference on Sustainability and the Cold Chain, IIR/IIF, Cambridge.

88. Maersk Line. (2014). QUEST II Quicker cool-down – less CO2 emissions. [Recurso en línea]: http://maersklinereefer.com/quest/questii. (Accesado en junio de 2015).

89. Maersk Line. (2010). Reefer Containers: The Present and The Future. [Recurso en línea]: http://coolchain.org/Websites/cca/Images/CCA%20Workshop%20SA%202010%20Presentations/MAERSK_HenrikLindhardt_Reefers_the%20present%20and%20future.pdf. (Accesado en junio de 2015).

90. Energy Savings in Refrigerated Warehouses. Global cold chain alliance. http://www.gcca.org/cold-facts/energy-savings-in-refrigerated-warehouses/ (Accessed June 2015).

91. Hilton (2013). Reducing energy use in the cold storage industry – A case study. [Recurso en línea]: http://sclaa.com.au/energy-efficiency/assets/pdfs/AIRAH_cold_storage_casestudy.pdf. (Accesado en junio de 2015).

92. ABB – Public Cold Storage warehouse reduces energy costs by 35%, via installing vfds throughout refrigeration infrastructure. [Recurso en línea]: http://www.abb.co.uk/cawp/seitp202/b2b8e9e76991ae1285257961006 3f40f.aspx. (Accesado en junio de 2015).

93. Hilton (2013). Reducing energy use in the cold storage industry – A case study. [Recurso en línea]: http://sclaa.com.au/energy-efficiency/assets/pdfs/AIRAH_cold_storage_casestudy.pdf. (Accesado en junio de 2015).

94. IFC (2012). Estudio de Mercado del Financiamiento de Energías Sostenibles en México Reporte Final. Preparado para el Programa de Financiamiento de Energía Sostenible

95. Estimación de la Huella de Carbono del Puerto de Manzanillo. Informe Final · Revisión 3. Fortalecimiento de la sostenibilidad portuaria infraestructura en Manzanillo, México · Cooperación técnica (ME-T1239) 2015. TT

96. Estimación de la Huella de Carbono del Puerto de Manzanillo. Informe Final · Revisión 3. Fortalecimiento de la sostenibilidad portuaria infraestructura en Manzanillo, México · Cooperación técnica (ME-T1239) 2015. TT

97. Estimación de la Huella de Carbono del Puerto de Manzanillo. Informe Final · Revisión 3. Fortalecimiento de la sostenibilidad portuaria infraestructura en Manzanillo, México · Cooperación técnica (ME-T1239) 2015. TT

98. IPCC Special Report Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation [Recurso en línea]: http://www.ipcc-wg2.gov/SREX/. (Accesado en marzo de 2015).

99. Vermeer, M., and S. Rahmstorf, 2009: Global sea level linked to global temperature. Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A., 106, 21527–21532.

100. Vermeer, M., and S. Rahmstorf, 2009: Global sea level linked to global temperature. Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A., 106, 21527–21532.

101. Nicholls, R. J., et al., 2011: Sea-level rise and its possible impacts given a 'beyond 4 degrees C world' in the twenty-first century. Philos. Trans. R. Soc. London A, 369, 161–181.

102. Vermeer, M., and S. Rahmstorf, 2009: Global sea level linked to global temperature. Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A., 106, 21527–21532.

103. Nicholls, R. J., et al., 2011: Sea-level rise and its possible impacts given a 'beyond 4 degrees C world' in the twenty-first century. Philos. Trans. R. Soc. London A, 369, 161–181.

104. IUCN (International Union for Conservation of Nature). 2005. Mangrove forests saved lives in 2004 tsunami disaster. Press release. Bangkok, Colombo.

105. IFRC (International Federation of the Red Cross). 2002. World Disaster Report 2002 – Focus on reducing risk. Chapter 4. Box 4.4.

106. Hurricane and Tropical Cyclones [Recurso en línea]: http://www.wunderground.com/tropical/tracking/ep201110.html (Accesado en abril de 2105).

107. Secretaria de Comunicaciones Y Transportes (SCT) 2013 Port of Manzanillo Video Presentación

108. INECC (2014) Evaluación regional de la vulnerabilidad actual y futura de la zona costera Mexicana y los deltas más impactados ante el incremento del nivel del mar debido al cambio climático y fenómenos hidrometeorológicos extremos.

109. Australian Government Bureau of Meterology. [Recurso en línea]: http://www.bom.gov.au/cyclone/faq/. (Accesado en junio de 2015).

110. Gaythwaite, J, G. 2004. Design of marine facilities for the berthing, mooring, and repair of vessels. American Society of Civil Engineers. Second Edition. ASCE Press.

111. API Manzanillo. (2012). Programa Maestro de Desarrollo Portuario (PMDP) del Puerto de Manzanillo 2012 – 2017.

112. Nicholls, R. J., et al., 2011: Sea-level rise and its possible impacts given a 'beyond 4 degrees C world' in the twenty-first century. Philos. Trans. R. Soc. London A, 369, 161–181.

113. API Engineering. (2015).Pers. Comm.

114. Romero-Vadillo, E., Zaytsev, O. y Morales-Perez, R. (2007). Tropical cyclone statistics in the Northeastern Pacific. Atmósfera. Vol. 20, No. 2. pp. 197-213

115. Kossin, J.P., Emanuel, K.A. and Vecchi, G.A. (2014). The poleward migration of the location of tropical cyclone maximum intensity. Nature 509, 349-352

116. IMT (2008) Estudios En Modelos Numéricos Para Analizar El Efecto De Las Ondas De Largo Período En El Proyecto De Un Nuevo Muelle De Cruceros Como Ampliación Del Muelle Fiscal Ubicado En La Bahía De Manzanillo, Col PROYECTO No. VE-21/08:

117. API Manzanillo. (2012). Programa Maestro de Desarrollo Portuario (PMDP) del Puerto de Manzanillo 2012 – 2017.

118. Romero-Vadillo, E., Zaytsev, O. and Morales-Perez, R. (2007). Tropical cyclone statistics in the Northeastern Pacific. Atmósfera. Vol. 20, No. 2. pp. 197-213

119. API Manzanillo. (2012). Programa Maestro de Desarrollo Portuario (PMDP) del Puerto de Manzanillo 2012 – 2017.

120. SCT (2008) Estudio del movimiento de vehículos de carga dentro del recinto portuario de Manzanillo, Colima.

121. API Manzanillo. Presentacion Comercial 2015

122. SCT (2008) Estudio del movimiento de vehículos de carga dentro del recinto portuario de Manzanillo, Colima.

123. API Manzanillo. (2012). Programa Maestro de Desarrollo Portuario (PMDP) del Puerto de Manzanillo 2012 – 2017.

124. Seneviratne, S.I., N. Nicholls, D. Easterling, C.M. Goodess, S. Kanae, J. Kossin, Y. Luo, J. Marengo, K. McInnes, M. Rahimi, M. Reichstein, A. Sorteberg, C. Vera, y X. Zhang, 2012: Changes in climate extremes y their impacts on the natural physical environment. In: Managing the Risks of Extreme Events y Disasters to Advance Climate Change Adaptation [Field, C.B., V. Barros, T.F. Stocker, D. Qin, D.J. Dokken, K.L. Ebi, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, G.-K. Plattner, S.K. Allen, M. Tignor, y P.M. Midgley (eds.)]. A Special Report of Working Groups I y II of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Cambridge University Press, Cambridge, UK, y New York, NY, USA, pp. 109-230.

125. LBJ School of Public Affairs (2009). Evaluation of Mexican Transportation Infrastructure Projects.

126. IGRAC - International Groundwater Resources Assessment Centre. [Recurso en línea]: http://www.un-igrac.org/publications/520. (Accesado en junio de 2015).

127. Water encyclopedia. Factors influencing infiltration rate. [Recurso en línea]: http://www.waterencyclopedia.com/Re-St/Runoff-Factors-Affecting.html. (Accesado en junio de 2015).

128. CENAPRED (2012) Características e impacto socioeconómicos de los principales desastres ocurridos en la República Mexicana en el año 2011.

129. Ferromex (2012) Informe anual 2012, [Recurso en línea]: http://www.ferromex.com.mx/pdf/Informe_Anual_2012.pdf. (Accesado en abril de 2015).

130. Fernando Morales. (2015) Representative of Ferromex. Pers. Comm. Meeting held at Ferromex offices in Manzanillo, February 16, 2015

131. API Manzanillo. (2012). Programa Maestro de Desarrollo Portuario del Puerto de Manzanillo 2012-2017

132. API Manzanillo. (2012). Programa Maestro de Desarrollo Portuario del Puerto de Manzanillo 2012-2017

133. Ferromex. (2012). [Recurso en línea]: http://www.ferromex.com.mx/pdf/Informe_Anual_2012.pdf. (Accesado en septiembre de 2015).

134. Fernando Morales (2015). Representative of Ferromex in Manzanillo, Pers. Comm. February 16 2015.

135. Ver reports anuales de CENAPRED: [Recurso en línea]: http://www.cenapred.gob.mx/PublicacionesWeb/buscar_buscaSubcategoria?categoria=SERIES+ESPECIALES+%2F&subcategoria=IMPACTO+SOCIOECON%26Oacute%3BMICO+DE+LOS+DESASTRES+EN+M%26Eacute%3BXICO&palabraClave=de+los+Desastres+en. (Accesado en junio de 2015).

136. IMADES (2015) Plan Estatal de Accion ante el Cambio Climatico. Capitulo 7. (Borrador).

137. CENAPRED (2012) Características e impacto socioeconómicos de los principales desastres ocurridos en la República Mexicana en el año 2011.

138. CENAPRED (2012) Características e impacto socioeconómicos de los principales desastres ocurridos en la República Mexicana en el año 2011.

139. Fernando Morales (2015). Ferromex Pers. Comm. 16 Feb. 2015

140. Aqueduct Global Maps 2.0 (2013). [Recurso en línea]: http://www.fao.org/nr/water/aquastat/water_use/aqueduct_metadata_global.pdf. (Accesado en junio de 2015).

141. Aqueduct. Recurso en línea: http://www.fao.org/nr/water/aquastat/water_use/aqueduct_metadata_global.pdf

142. The methodology used to develop the map of threats from CENAPRED (2013) [Recurso en línea]: http://www.atlasnacionalderiesgos.gob.mx/index.php/biblioteca/category/9-iii-riesgos-hidrometeorologicos?download=41:mapas-de-riesgo-por-fenomenos-hidrometeorologicos-metodologia. (Accesado en junio de 2015).

143. Government of México (2007) México's Third National Communication to the UNFCCC.

144. Government of México (2007) México's Third National Communication to the UNFCCC.

145. IPCC (2014). Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea, and L.L. White (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA

146. SCT (1996) Reglamento de Conservación de Vías y Estructuras para los Ferrocarriles Mexicanos. En vigor 01-09-1996. www.sct.gob.mx/informacion-general/normatividad/transporte-ferroviario-y-MULTIMODAL/reglamentos-federales/

147. Bioclim. [Recurso en línea]: http://www.worldclim.org/bioclim. (Accesado en abril de 2015).

148. Secretaria de Comunicaciones Y Transportes (SCT) 2013 Port of Manzanillo Video Presentation

149. SCT (2010 to 2013). Reporte Anual Cierres de Puerto

150. SCT (2010 to 2013). Reporte Anual Cierres de Puerto

151. Emanuel, K. "Increasing destructiveness of tropical cyclones over the past 30 years," Nature, 436, 4 August 2005, pp. 686 – 688.

152. Emanuel, K. (2006) "Anthropogenic Effects on Tropical Cyclone Activity," [Recurso en línea]: http://eaps4.mit.edu/faculty/Emanuel/publications/position_paper. (Accesado en abril de 2015).

153. SCT (2013). Port of Manzanillo Video Presentation

154. SCT (2010 to 2013). Reporte Anual Cierres de Puerto

155. API Manzanillo. Impacto Anual SEMARNAT 2014. Proyecto: "Puerto De Manzanillo, Programa Maestro De Desarrollo 2000 – 2010

156. CH2MHILL. (2014). Environmental and Social Due Dilligence Report for the CMSA Manzanillo, Mexico Container Port and Logistic Facility.

157. La metodología usada para desarrollar el mapa de amenazas de CENAPRED (2013) [Recurso en línea]: http://www.atlasnacionalderiesgos.gob.mx/index.php/biblioteca/category/9-iii-riesgos-hidrometeorologicos?download=41:mapas-de-riesgo-por-fenomenos-hidrometeorologicos-metodologia. (Accesado en abril de 2015).

158. Inter-American Development Bank (2014). Manzanillo Port Container Terminal (Me-L1152) Environmental And Social Management Report (ESMR)

159. API Manzanillo. (2014). Proyecto: 'Puerto de Manzanillo, Programa Maestro de Desarrollo 2000-2010.' Informe Anual 2014

160. E. Mellink and M. Riojas-Lopez, "Waterbirds and human- ´ related threats to their conservation in Laguna Cuyutlan, ´ Colima, Mexico," ´ Revista de Biologia Tropical, vol. 57, no. 1- 2, pp. 1–12, 2009.

161. Odum, W.E, McIvor, C.C. and Smith T.J. (1982). The ecology of the mangroves of south Florida: a community profile. Office of Biological Services, U.S. Fish Wild, Serv., Washington, DC 144 pp

162. McLeod E and Salm RV. (2006). Managing mangroves for resilience to climate change. Gland, Switzerland: IUCN.

163. Schubel, J. R. (1977). Sediment and the quality of the estuarine environment: Some observations. Pg 399-424. In: I. H. Suffet (ed.). Fate of pollutants in the air and water environments. Part 1. Mechanism of interaction between environments and the mathematical modeling and the physical fate of pollutants. John Wiley and Sons, New York, NY.

164. Harvey, M., Gauthier, D. & Munro, J. (1998) Temporal changes in the composition and abundance of the macro-benthic invertebrate communities at dredged material disposal sites in the Anse a Beaufils, baie des Chaleurs, eastern Canada. Marine Pollution Bulletin, 36, 41–55.

165. Wang XL, Feng Y, Swail VR (2014) Changes in global ocean wave heights as projected using multimodel CMIP5 simulations. Geophys Res Lett 41(3):1026–1034

166. Lovelock , C.E., Skilleter, G., Saintilan, N. (2012). Marine Climate Change Impacts and Adaptation Report Card (MaRC) for Australia. [Recurso en línea]: http://www.oceanclimatechange.org.au/content/images/uploads/Mangroves_and_tidal_wetlands_final.pdf. (Accesado en junio de 2015).

167. Lovelock , C.E., Skilleter, G., Saintilan, N. (2012). Marine Climate Change Impacts and Adaptation Report Card (MaRC) for Australia. [Recurso en línea]: http://www.oceanclimatechange.org.au/content/images/uploads/Mangroves_and_tidal_wetlands_final.pdf. (Accesado en junio de 2015).

168. Kjerfve, B. and Macintosh, D.J. (1997). Climage change impacts on mangrove ecosystems. In " Mangrove Ecosystem Studies in Latin America and Africa" (B. Kjerfve, L.D. Lacerda and S. Diop, eds), pp. 1-7. UNESCO, Paris.

169. Estimación de la Huella de Carbono del Puerto de Manzanillo. Informe Final · Revisión 3. Fortalecimiento de la sostenibilidad portuaria infraestructura en Manzanillo, México · Cooperación técnica (ME-T1239) 2015. TT

170. Gilman E, Ellison J, Duke N, Field C. 2008. "Threats to mangroves from climate change and adaptation options". Aquatic Botany 89 (2), August 2008, Pp 237- 250.

171. Estimación de la Huella de Carbono del Puerto de Manzanillo. Informe Final · Revisión 3. Fortalecimiento de la sostenibilidad portuaria infraestructura en Manzanillo, México · Cooperación técnica (ME-T1239) 2015. TT

172. Lambrechts L, Scott TW, Gubler DJ. (2010). Consequences of the expanding global distribution of Aedes albopictus for dengue virus transmission. PLoS Negl. Trop. Dis. 4, e646.

173. Massad E, Burattini MN, Coutinho FAB, Lopez LF. (2003). Dengue and the risk of urban yellow fever reintroduction in São Paulo state, Brazil. Revista de Saúde Pública 37, 477–484.

174. Cofepris. (2012). Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios. Informe Proyecto Servicio para la Asistencia Técnica para el Desarrollo de Escenarios de Cambio Climático para el Análisis de Impactos en el Sector Salud.

175. California Department of Public Health. (February 27, 2015). Chikungunya and Dengue in México and Latin America. Health and Travel Advisory. [Recurso en línea]: http://www.cdph.ca.gov/programs/vbds/Documents/HealthAdvisoryforDENVandCHIKinMX2-27-2015.pdf. (Accesado en abril de 2015).

176. Cofepris. (2012). Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios. Informe Proyecto Servicio para la Asistencia Técnica para el Desarrollo de Escenarios de Cambio Climático para el Análisis de Impactos en el Sector Salud.

177. Campbell, L.P., Luther , C., Moo-Llanes, D., Ramsey, J.M., Danis-Lozano, R., Peterson, A.P. (2015). Climate change influences on global distributions of dengue and chikungunya virus vectors. Phil. Trans. R. Soc. B 2015 370 20140135; doi: 10.1098/rstb.2014.0135

178. Campbell, L.P., Luther , C., Moo-Llanes, D., Ramsey, J.M., Danis-Lozano, R., Peterson, A.P. (2015). Climate change influences on global distributions of dengue and chikungunya virus vectors. Phil. Trans. R. Soc. B 2015 370 20140135; doi: 10.1098/rstb.2014.0135

179. Government of México (2012). Fifth National Communication to the United Nations Framework Convention on Climate Change.

180. What is Apparent Temperature?. [Recurso en línea]: http://www.meteor.iastate.edu/~ckarsten/bufkit/apparent_temperature.html. (Accesado en abril de 2015).

181. Government of México (2012). Fifth National Communication to the United Nations Framework Convention on Climate Change.

182. Honda, Y., M. Kondo, G. McGregor, H. Kim, Y. Guo, Y. Hijioka, M. Yoshikawa, K. Oka, S. Takano, S. Hales, and R.S. Kovats. (2013). Heat-related mortality risk model for climate change impact projection. Environmental Health and Preventive Medicine, doi:10.1007/s12199-013-0354-6

183. D'Ippoliti, D., P. Michelozzi, C. Marino, F. de'Donato, B. Menne, K. Katsouyanni, U. Kirchmayer, A. Analitis, M. Medina-Ramón, A. Paldy, R. Atkinson, S. Kovats, L. Bisanti, A. Schneider, A. Lefranc, C. Iñiguez, and C.A. Perucci. (2010). The impact of heat waves on mortality in 9 European cities: results from the EuroHEAT project. Environmental Health, 9, 37, doi:10.1186/1476-069X-9-37.

184. Gosling, S.N., G.R. Mcgregor, and J.A. Lowe, (2009). Climate change and heat-related mortality in six cities Part 2: climate model evaluation and projected impacts from changes in the mean and variability of temperature with climate change. International Journal of Biometeorology, 53(1), 31-51.

185. Abel Meneses Fernandez, API Centro de Emergencias. Pers. Comm. April 23, 2015.

186. Centers for Disease Control and Prevention, Atlanta, USA. [Recurso en línea]: http://www.cdc.gov/conjunctivitis/about/causes.html. (Accesado en abril de 2015).

187. Gobierno Municipal H. Ayuntamiento Constitucional de Manzanillo (2011), Plan Municipal de Desarrollo 2012-2015 del Municipio de Manzanillo, Col.

188. Arq. José Fernando Morán Rodríguez, Secretaría de Desarrollo Urbano del Estado de Colima and M.en C. Patricia Ruiz Moreno, (2015). Pers. Comm. Instituto de Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable, February 17, 2015..

189. Basilio-Chávez, L. (N.D.) La relación ciudad y puerto de Manzanillo México. RETE (Asociación para la colaboración entre puertos y ciudades, [Recurso en línea]: http://retedigital.com/wp-content/themes/rete/pdfs/portus/Portus_7/La_relación_ciudad_y_puerto_de_Manzanillo.pdf. (Accesado en abril de 2015).

190. Basilio-Chávez, L. (2005) Propuesta para el futuro desarrollo urbano-portuario de Manzanillo, Ciudad y Puerto de Manzanillo, Colima, México. [Acceso en línea]: http://www.Méxicoxport.com/mx-content/pdf/1_ar27.pdf. (Ultimo acceso el 27 de abril de 2015).

191. Arq. Ernesto Vergara Orozco, (2015). Pers. Comm. Ayuntamiento de Manzanillo 16 February 2015 and José Fernando Morán Rodríguez, Secretaría de Desarrollo Urbano del Estado de Colima February 17 2015

192. Alejandro Abundis Santamaría, (2015). Pers. Comm. Coordinador de Proyectos and Roberto López Ceballos, Auxiliar de Ecología February 9, 2015

193. Santiago Ramos Herrera (2015). Pers. Comm. Director de Regulación y Ordenamiento Urbano (SEDUR), February 17, 2015

194. Ver API's press release. [Recurso en línea]: http://puertomanzanillo.com.mx/esps/2110914/realiza-api-acciones-de-limpieza-en-carretera-a-jalipa. (Accesado en abril de 2015).

195. Arq. José Fernando Morán Rodríguez, (2015). Pers. Comm. Secretaría de Desarrollo Urbano del Estado de Colima, February 17, 2015.

196. Government of México (2012). Fifth National Communication to the United Nations Framework Convention on Climate Change.

197. Lara-Chávez,B. And Virgen, D.E. (2014), Conceptos y criterios para lograr una relación ciudad-puerto integral en Manzanillo, La Jornada Ecológica Edición Laura Angulo, Número Especial. [Recurso en línea]: http://www.jornada.unam.mx/2014/07/28/eco-f.html. (Accesado en abril de 2015).

198. Gobierno Municipal H. Ayuntamiento Constitucional de Manzanillo (2011), Plan Municipal de Desarrollo 2012-2015 del Municipio de Manzanillo, Col.

199. Gobierno Municipal H. Ayuntamiento Constitucional de Manzanillo (2011), Plan Municipal de Desarrollo 2012-2015 del Municipio de Manzanillo, Col.

200. OECD-FAO (2009), Agricultural Outlook 2008-2017. [Acceso en línea: http://www.oecd.org/trade/agricultural-trade/40715381.pdf]

201. World Bank (2012). Trade and Climate Change: An Analytical Review of Key Issues, in Economic Premise, No.68, [Recurso en línea]: http://siteresources.worldbank.org/EXTPREMNET/Resources/EP86.pdf. (Accesado en abril de 2015).

202. WTO-UNEP (2009), Trade and Climate Change. A report by the United Nations Environment Program and the World Trade Organization. [Recurso en línea]: https://www.wto.org/english/res_e/booksp_e/trade_climate_change_e.pdf. (Accesado en abril de 2015).

203. WTO-UNEP (2009), Trade and Climate Change. A report by the United Nations Environment Program and the World Trade Organization. [Recurso en línea]: https://www.wto.org/english/res_e/booksp_e/trade_climate_change_e.pdf. (Accesado en abril de 2015).

204. UNCTAD (2014), [Recurso en línea]: http://unctad.org/en/PublicationsLibrary/rmt2012_en.pdf. (Accesado en abril de 2015).

205. WTO-UNEP (2009), Trade and Climate Change. A report by the United Nations Environment Program and the World Trade Organization. [Recurso en línea]: https://www.wto.org/english/res_e/booksp_e/trade_climate_change_e.pdf. (Accesado en abril de 2015).

206. WTO (2013) World Trade Report: Trends in international trading. [Recurso en línea]: https://www.wto.org/english/res_e/booksp_e/wtr13-2b_e.pdf. (Accesado en abril de 2015).

207. UNCTAD (2012), Review of Maritime Transport, [Recurso en línea]: http://unctad.org/en/PublicationsLibrary/rmt2012_en.pdf. (Accesado en abril de 2015).

208. API Manzanillo. (2012). Programa Maestro de Desarrollo Portuario (PMDP) del Puerto de Manzanillo 2012 – 2017.

209. API Manzanillo. (2012). Programa Maestro de Desarrollo Portuario (PMDP) del Puerto de Manzanillo 2012 – 2017.

210. API Manzanillo. (2012). Programa Maestro de Desarrollo Portuario (PMDP) del Puerto de Manzanillo 2012 – 2017.

211. API Manzanillo. (2012). Programa Maestro de Desarrollo Portuario (PMDP) del Puerto de Manzanillo 2012 – 2017.

212. API Manzanillo. (2012). Programa Maestro de Desarrollo Portuario (PMDP) del Puerto de Manzanillo 2012 – 2017.

213. UNCTAD (2013), Recent developments and trends in international maritime transport affecting trade of developing countries, Trade and Development Board, [Acceso en línea]:

214. Stopford, M. (1997), Maritime Economics. Allen and Unwin, UK.

215. UNCTAD. (2013). Recent developments and trends in international maritime transport affecting trade of developing countries, Trade and Development Board. [Recurso en línea]: http://unctad.org/meetings/en/SessionalDocuments/cid30_en.pdf. (Accesado en abril de 2015).

216. Stern, N. (2007). The Economics of Climate Change: The Stern Review. Cambridge and New York: Cambridge University Press

217. IMF 2008, Chapter 4: Climate Change and the Global Economy

218. Stern, N. (2007). The Economics of Climate Change: The Stern Review. Cambridge and New York: Cambridge University Press

219. Westphal, M., Highes, G. and Brömmelhörster, J. (Eds.) (2013), Economics of Climate Change in East Asia, Asian Development Bank, [Recurso en línea]: http://www.adb.org/sites/default/files/publication/30434/economics-climate-change-east-asia.pdf. (Accesado en abril de 2015).

220. Fundación DARA Internacional (2012), Climate Vulnerability Monitor 2nd Edition A guide to the Cold Calculus of a Hot Planet, [Recurso en línea]: http://www.daraint.org/wp-content/uploads/2012/09/CVM2ndEd-FrontMatter.pdf. (Accesado en abril de 2015).

221. Fundación DARA Internacional (2012), Climate Vulnerability Monitor 2nd Edition A guide to the Cold Calculus of a Hot Planet, [Recurso en línea]: http://www.daraint.org/wp-content/uploads/2012/09/CVM2ndEd-FrontMatter.pdf. (Accesado en abril de 2015).

222. CEPAL (2010), Desastres y Desarrollo: El impacto en 2010. Santiago de Chile, [Recurso en línea]: http://www.cepal.org/desastres/noticias/noticias/2/42102/Desastres2010_WEB.pdf. (Accesado en abril de 2015).

223. CICC (2012), México: Quinta Comunicación Nacional Ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. SEMARNAT and INECC (Eds.)

224. UNAM (2011). Por las heladas, México requiere importar tres millones de toneladas de alimentos. [Recurso en línea]: http://www.agua.unam.mx/noticias/2011/unam/not_unam_febrero27_2.html. (Accesado en abril de 2015).

225. USDA. Global Agricultural Information Network. Washington D.C., 2012. [Recurso en línea]: http://gain.fas.usda.gov/Recent%20GAIN%20Publications/Grain%20and%20Feed%20Anual_Mexi co%20City_México_3-30-2012.pdf. (Accesado en abril de 2015).

226. SEMARNAT (2010), ABC de Cambio Climático: Impactos y Acciones en México" Julia Martínez Fernández. Foro: Sociedad y Cambio Climático. [Recurso en línea]: http://participacionsocial.sre.gob.mx/docs/incidencia_social_ambito_regional_multilateral/agenda_internacional/agenda_y_temas_internacionales/cambio_climatico/presentaciones/cc_julia_2.pdf. (Accesado en abril de 2015).

227. World Bank Framewrok for Disaster Risk Reduction, Cited in the Programa Especial de Cambio Climático 2008-2012. Government of México

228. Departamento de Planeación, API Manzanillo. (2015). Pers. Comm. April 2, 2015

229. API Manzanillo. (2012). Programa Maestro de Desarrollo Portuario (PMDP) del Puerto de Manzanillo 2012 – 2017, p. 191

230. IPCC (2014): Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea, and L.L. White (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1132 pp.

231. Ford, J.D., T. Pearce, J. Prno, F. Duerden, L.B. Ford, M. Beaumier, and T. Smith, 2010: Perceptions of climate change risks in primary resource use industries: a survey of the Canadian mining sector. Regional Environmental Change, 10(1), 65- 81.

232. Anderson, K. (2010), Globalization's effects on world agricultural trade 1960-2050, Philosophical Transactions of The Royal Sociaty, Vol 365, pp. 3007-3021

233. WTO (2012), [Recurso en línea]: https://www.wto.org/english/res_e/statis_e/its2013_e/its13_merch_trade_product_e.pdf. (Accesado en abril de 2015).

234. FAO (2013), Food Outlook: Global Market Analysis Highlights

235. Government of Canada (2014, Agriculture, Food and Beverage Profile: México. [Recurso en línea]: http://www.ats-sea.agr.gc.ca/mex/4617-eng.htm. (Accesado en abril de 2015).

236. OECD-FAO (2009), Agricultural Outlook 2008-2017. [Recurso en línea]: http://www.oecd.org/trade/agricultural-trade/40715381.pdf] (Accesado en abril de 2015).

237. Larsen, J. (2013). Global grain stocks drop dangerously low as 2012 consumption exceeded production. Earth Policy Institute. [Recurso en línea]: http://www.earth-policy.org/indicators/C54/grain_2013. (Accesado en abril de 2015).

238. IPCC (2014), Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea, and L.L. White (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1132 pp.

239. IPCC (2014), Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea, and L.L. White (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1132 pp.

240. OECD (2009), Clarifying trade costs: maritime transport and its effect on agricultural trade, Trade Policy Working Paper no. 92, [Recurso en línea]: http://www.oecd.org/trade/agricultural-trade/43996467.pdf . (Accesado en abril de 2015).

241. Müller, C., A. Bondeau, A. Popp, K. Waha, and M. Fader. (2010). Climate Change Impacts on Agricultural Yields, World development indicators 2010, World Bank, Washington, D.C.

242. API Manzanillo. (2012). Programa Maestro de Desarrollo Portuario (PMDP) del Puerto de Manzanillo 2012 – 2017, p. 210

243. API Manzanillo. (2012). Programa Maestro de Desarrollo Portuario (PMDP) del Puerto de Manzanillo 2012 – 2017, p. 258

244. ACT (2013), Climate Change Adaptation and Canada´s Crops and Food Supply, [Recurso en línea]: http://act-adapt.org/wp-content/uploads/2013/07/07-13-CFS-Background-WEB.pdf. (Accesado en abril de 2015).

245. Cutforth, H. W., McConkey, B. G., Woodvine, R. J., Smith, D. G., & Jefferson, P. G. (1999). Climate change in the semiarid prairie of southwestern Saskatchewan: Late winter-early spring. Canadian Journal of Plant Science, 79, 343-350.

246. ACT (2013), Climate Change Adaptation and Canada´s Crops and Food Supply, [Recurso en línea]: http://act-adapt.org/wp-content/uploads/2013/07/07-13-CFS-Background-WEB.pdf. (Accesado en abril de 2015).

247. Robertson, S. M., Jeffrey, S. R., Unterschultz, J. R. and Boxall, P. C. 2013. Estimating yield response to temperature and identifying critical temperatures for anual crops in the Canadian Prairie region. Can. J. Plant Sci. 93: 1237–1247.

248. An, H. and Carew, R. (2015) Effect of climate change and use of improved varieties on barley and canola yield in Manitoba. Can. J. Plant Sci. 95: 127–139.

249. Corn Imports by Country in 1000 MT. [Recurso en línea]: http://www.indexmundi.com/agriculture/?commodity=corn&graph=imports. (Accesado en abril de 2015).

250. USA Today. (2013) "Some crops migrate north with warmer temperatures" . [Recurso en línea]: http://www.usatoday.com/story/news/nation/2013/09/17/climate-change-agriculture-crops/2784561/ (Accesado en septiembre de 2015)

251. Bloomberg Business. (2012). "Corn belt shifts north With Climate as Kansas Crop Dies". [Recurso en línea]: http://www.bloomberg.com/news/articles/2012-10-15/corn-belt-shifts-north-with-climate-as-kansas-crop-dies. (Accesado en septiembre de 2015).

252. Structural changes in Mexican corn market [Recurso en línea]: http://www.world-grain.com/News/News%20Home/Features/2014/1/Structural%20changes%20in%20Mexican%20corn%20market.aspx?cck=1. (Accesado en abril de 2015).

253. Mexico Corn Imports by Year. [Recurso en línea]: http://www.indexmundi.com/agriculture/?country=mx&commodity=corn&graph=imports. (Accesado en abril de 2015).

254. API Manzanillo. (2012). Programa Maestro de Desarrollo Portuario (PMDP) del Puerto de Manzanillo 2012 – 2017, p. 56

255. World Bank (2009) Climate Change Aspects in Agriculture: México Profile. [Recurso en línea]: √http://siteresources.worldbank.org/INTLAC/Resources/257803123507715235 6/Country_Note_México.pdf . (Accesado en abril de 2015).

256. API Manzanillo. (2012). Programa Maestro de Desarrollo Portuario (PMDP) del Puerto de Manzanillo 2012 – 2017, p. 219.

257. API Manzanillo. (2012). Programa Maestro de Desarrollo Portuario (PMDP) del Puerto de Manzanillo 2012 – 2017, p. 230.

258. API Manzanillo. (2012). Programa Maestro de Desarrollo Portuario (PMDP) del Puerto de Manzanillo 2012 – 2017, p. 232.

259. API Manzanillo. (2012). Programa Maestro de Desarrollo Portuario (PMDP) del Puerto de Manzanillo 2012 – 2017

260. API Manzanillo. (2012). Programa Maestro de Desarrollo Portuario (PMDP) del Puerto de Manzanillo 2012 – 2017, , p. 56.

261. INECC (2014) Evaluación regional de la vulnerabilidad actual y futura de la zona costera Mexicana y los deltas mas impactados ante el incremento del nivel del mar debido al cambio climático y fenómenos hidrometeorológicos extremos.

262. WorleyParsons Engineering Canada

263. Wikipedia uploaded by Eduardo Ferreira (2004) [Recurso en línea]: https://en.wikipedia.org/wiki/Port_of_Ensenada#/media/File:Ensenada23Mai2004h12m30pm.jpg. (Accesado en abril de 2015).

264. International Transport Workers Federation. [Recurso en línea]: http://pathfinderbuzz.com/México-wants-help-in-10-year-2-9bn-veracruz-expansion-project/. (Accesado en abril de 2015).

265. Tampico to Puerto Escondido. [Recurso en línea]: http://www.tomzap.com/FLIGHTtoPuertoEscondido3photos.html. (Accesado en abril de 2015).

266. Image - http://www.puertoaltamira.com.mx/engs/0002161/the-port-of-altamira-ends-october-with-more-than-13. (Accesado en abril de 2015).

267. SCT (2010 to 2013) Reporte Anual Cierres de Puerto

268. INECC (2014) Evaluación regional de la vulnerabilidad actual y futura de la zona costera Mexicana y los deltas más impactados ante el incremento del nivel del mar debido al cambio climático y fenomenos hidrometeorológicos extremos.

269. Sea Level Rise. [Recurso en línea]: http://www.star.nesdis.noaa.gov/sod/lsa/SeaLevelRise/ (Accesado en abril de 2015).

270. Sea Level Rise. [Recurso en línea]: http://www.star.nesdis.noaa.gov/sod/lsa/SeaLevelRise/ (Accesado en abril de 2015).

271. IPCC AR5 Working Group 1 Climate Change 2013: The Physical Science Basis. [Recurso en línea]: http://www.climatechange2013.org/. (Accesado en abril de 2015).

272. IPCC AR5 Working Group 1 Climate Change 2013: The Physical Science Basis. [Recurso en línea]: http://www.climatechange2013.org/. (Accesado en abril de 2015).

273. API Manzanillo. (2015). Pers. Comm. (Information provided by API Finance in MXN. Converted into USD using conversion rate 1USD = 15.28MXN).

274. API Manzanillo. (2015). Pers. Comm.

275. API Manzanillo. (2015). Pers. Comm.

276. International Risk Management Institute (2010). [Recurso en línea]: http://www.irmi.com/expert/articles/2001/berry10.aspx. (Accesado en abril de 2015).

277. API Manzanillo. (2015). Pers. Comm.

278. Munich Re. (2014). TOPICS GEO: Natural catastrophes 2013. Analyses, assessments, positions. [Recurso en línea]: http://www.munichre.com/site/corporateresponsibility-root/get/documents_E1043212252/mr/assetpool.shared/Documents/5_Touch/_Publications/302-08121_en.pdf. (Accesado en abril de 2015).

279. Munich Re. (2014). TOPICS GEO: Natural catastrophes 2013. Analyses, assessments, positions. [Recurso en línea]: http://www.munichre.com/site/corporateresponsibility-root/get/documents_E1043212252/mr/assetpool.shared/Documents/5_Touch/_Publications/302-08121_en.pdf. (Accesado en abril de 2015).

280. Munich Re (2014). [Recurso en línea]: http://www.munichre.com/site/corporate/get/documents_E-529855854/mr/assetpool.shared/Documents/5_Touch/Natural%20Hazards/NatCatService/Annual%20Statistics/2013/MunichRe-Nnatcatservice-Naturaldisasters2013-Countries.pdf. (Accesado en abril de 2015).

281. ClimateWise, The Munich Climate Insurance Initiative (MCII) and The United Nations Environment Programme Finance Initiative (UNEP FI) (2013). Global insurance industry statement. Building climate and disaster-resilient communities and economies: How the insurance industry and governments can work together more effectively. [Recurso en línea]: http://static1.1.sqspcdn.com/static/f/270724/23912618/1384789435333/Global+Insurance+Industry+Statement.pdf?token=3y4nEu9ewbH0UCepcZvqH%2BQmBQA%3D. (Accesado en septiembre de 2015).

282. Stern, N. (2007). The Economics of Climate Change: The Stern Review. Cambridge and New York: Cambridge University Press.

283. El Royal Society Science Policy Centre. (2014). Resiliencia frente clima extremo

284. SEMARNAT - INECC. 2012. Quinta Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. México: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales - Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático

285. Travers, A. et al. (2012) Ecosystem-Based Adaptation Guidance: Moving from Principles to Practice. Working Document April 2012

286. Zorrilla Ramos, M. (2014). Evaluación del marco regulatorio para un estudio de adaptación al cambio climático para el Puerto de Manzanillo (ME-T1239): Informe Final.

287. IMADES (2015). Plan Estatal de Accion ante el Cambio Climatico. Capitulo 7. (Borrador).

288. Gobierno Municipal H. Ayuntamiento Constitucional de Manzanillo (2011), Plan Municipal de Desarrollo 2012-2015 del Municipio de Manzanillo, Col.

289. API Manzanillo. (2012). Programa Maestro de Desarrollo Portuario (PMDP) del Puerto de Manzanillo 2012 – 2017

290. Gobierno Municipal H. Ayuntamiento Constitucional de Manzanillo Colima (2012), Plan Municipal de Desarrollo 2012-2015 del Municipio de Manzanillo, COL

Notas al pie

i. Aguascalientes, Coahuila, Colima, Distrito Federal, Durango, Estado de México, Guanajuato, Hidalgo, Jalisco, Michoacán, Morelos, Nayarit, Nuevo León, Querétaro, San Luis Potosí, Tamaulipas y Zacatecas.

ii. Incluyendo: Canadá, E.U.A., Guatemala, Colombia, Ecuador, Chile, Japón, China, Taiwan, Corea, Indonesia, Malasia, Singapur y Filipinas.

iii. Twenty-foot Equivalent Unit por sus siglas en ingles que significa Unidad Equivalente a Veinte Pies

iv. La CICC está consituida por las Secretaría de: Secretaría de Gobernación (SEGOB), Secretaría de Relaciones Exteriores (SRE), Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP), Secretaría de Marina (SEMAR), Secretaría de Economía (SE), Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL), Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT), Secretaría de Energía (SENER), Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), Secretaría de Educación Pública (SEP), Secretaría de Salud (SSA), Secretaría de Turismo (SECTUR).

v. Las otras cinco son: i) acelerar la transición energética hacia fuentes de energía limpia; ii) reducir la intensidad del consumo de energía a través de la eficiencia y esquemas de racionalización; iii) transitar a modelos de ciudad sustentable, con sistemas inteligentes de movilidad, manejo integral de desperdicios y edificios con una baja huella de carbono; iv) fomentar mejores prácticas agrícolas y forestales, con esquemas para Reducción de Emisiones que pasan por la Deforestación y Degradación (REDD+); y v) reducir las emisiones contaminantes de "corta vida" , como el carbono negro y metano, para mejorar la salud y bienestar de los mexicanos.

vi. Los otros dos objetivos son: Objetivo 3: Reducir las emisiones de GEI (gases efecto invernadero) para transitar hacia una economía competitiva de baja emisión de carbono; y Objetivo 4: Reducir los CCVCs para proveer beneficios tanto a la salud como al bienestar.

vii. El PECC para el estado de Colima se encuentra actualmente como borrador. Para el propósito de este reporte, esta versión de borrador es la que ha sido usada. IMADES notificó al equipo que desarrolló el estudio que el PECC ya ha sido aprobado por INECC. Sin embargo todavía debe ser aprobado por la SEMARNAT. Esto significa que las actividades descritas en el PECC borrador y que se mencionan en este reporte pudieran todavía estar sujetas a cambios.

viii. Vease Zorrilla Ramos (2014) para información addicional sobre el marco regulatorio.

ix. Ver por ejemplo la Guía técnica para la incorporación del análisis de riesgo en los ordenamientos ecológicos municipales y regionales. También el PECC 2014-2018 está guiando el desarrollo de otras herramientas para incorporar consideraciones climáticas al nivel municipal tales como el criterio de desarrollo de consideraciones de cambio climático en evaluaciones de impacto ambiental.

x. Ver por ejemplo CENAPRED (2014) "Metodología para la Elaboración de Mapas de Riesgo por Inundaciones Costeras por Marea de Tormenta" y CENAPRED (2014) Metodología para obtener Mapas de Riesgo por Bajas Temperaturas y Nevadas en http://www.cenapred.gob.mx/PublicacionesWeb/buscar_buscaSubcategoria. También vea INECC (2012) "Estudio para Sistematizar una Propuesta Metodológica del Análisis de la Vulnerabilidad actual y bajo Cambio Climático" disponible en http://www.inecc.gob.mx/estudios.

xi. Ver por ejemplo INECC (2008) Guía para la elaboración de Programas Estatales de Acción ante el Cambio Climático (PEACC) en http://www2.inecc.gob.mx/sistemas/peacc/descargas/guias_prog_est.pdf. Ver también SEMARNAT (2011) "Guía para la elaboración de programas de adaptación al cambio climático en áreas naturales protegidas" en http://www.conanp.gob.mx/contenido/pdf/guia_cc_areas_naturales_protegidas.pdf. Ver también SEDESOL (2012) Guía Municipal de Acciones frente al Cambio Climático in http://www.2006-2012.sedesol.gob.mx/work/models/SEDESOL/Resource/1867/1/images/Guia_Cambio_Climatico_26-10-12.pdf

xii. Para una reseña muy completa de métodos y herramientas ver por ejemplo PROVIA (2013) "Guidance on Assessing Vulnerability, Impacts and Adaptation to Climate Change", disponible en: http://www.unep.org/provia/

xiii. Incluida en el Cuarto Reporte de Evaluación del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático y en el asesoramiento publicado por la UNFCCC y UNEP/UNDP/GEF.

xiv. RCP 8.5 – una trayectoria de alta concentración en donde el forzamiento radioativo alcanza más de 8.5 W/m2 para el año 2100 relativo a valores pre-industriales.

xv. RCP 4.5 – un escenario en donde el forzamiento radioativo se estabiliza en 4.5 W/m2 poco después del año 2100, mostrando consistencia con un futuro con una reducción de emisiones relativamente ambicioso.

xvi. RCP 8.5

xvii. RCP 4.5

xviii. Nota: las medidas de adaptación se han identificado para cada riesgo, y a cada medida de adaptación que aplica a cada riesgo se le ha dado un número de código único. En algunos casos, la misma medida de adaptación resulta relevante para atender más de un riesgo.

xix. Base de datos del Arkin-Xie para 1980-2000

xx. ERA-I por lo general se le reconoce como de vanguardia en términos de productos de re-análisis y el mejor que se encuentra disponible. No existe información de clima perfecta. Todas las opciones tienes desventajas. Por ello es importante usar más de un producto.

xxi. RCP 8.5 es una trayectoria de alta concentración en donde el forzamiento radiativo alcanza más de 8.5 W/m2 para el año 2100 relativo a valores pre industriales. RCP 4.5 es un escenario en donde el forzamiento radiativo se estabiliza en 4.5 W/m2 poco después del año 2100, lo cual es consistente con un futuro con una reducción de emisiones relativamente ambicisiosa.

xxii. http://www2.inecc.gob.mx/dgioece/escenarios_cu/act_escenarios.html

xxiii. Nótese que la migración hacia los polos de los ciclones tropicales tiene un pequeño ajuste dentro de las regiones tropical y subtropical lo cual es resultado de un análisis de la fase más intensa de los ciclones tropicales. La migración hacia los polos no incluye la progresión de ciclones tropicales hacia ciclones extra-tropicales.

xxiv. Calculado por extrapolación de la tendencia lineal observada

xxv. Ondas de infragravedad son olas de gravedad superficiales con frecuencias menores a las olas generadas por el viento – que consisten de viento, mar y ola.

xxvi. RCP 2.6 es un escenario en donde el forzamiento radiativo alcanza 3.1 W/m2 antes de regresar a 2.6 W/m2 para el año 2100

xxvii. Costos ofrecidos por ingenieros marinos de WorleyParsons que han trabajado en el Puerto de Manzanillo

xxviii. UAB se refiere a unidades de arqueo bruto, o unidades de tonelaje bruto, una medida de las embarcaciones marítimas

xxix. Wave Watch III Global Ocean Hindcast Model (NOAA) a 20 km WSW mar adentro del puerto

xxx. Aeropuerto de Manzanillo a 15 km WNW del puerto

xxxi. Cifra proporcionada por el departamento de ingeniería del puerto de WorleyParsons, Madrid

xxxii. NOM-059-SEMARNAT-2001 and NOM-059-SEMARNAT-2010

xxxiii. ISO 14001 was first published in 1996 and specifies the requirements for a robust environmental management system.

xxxiv. El estudio investigó cambios de distribución basados en seis modelos climáticos (BCCR-BCM 2.0, CSIRO-MK 3.0, CSIRO-MK 3.5, INM-CM 3.0, MIROC de resolución media, y NCAR-CCSM 3.0) forzados por tres escenarios de emisiones de gases de efecto invernadero (AIB, A2 and B1).

xxxv. Días calurosos se definen comúnmente en términos de los percentiles de temperatura máxima diaria para una localidad en particular

xxxvi. Manzanillo is home to the most important Navy base in the Pacific. The Ayuntamiento acknowledges this as both a responsibility and an opportunity for the prosperity of the municipality. See Plan Municipal de Desarrollo 2012-2015 del Municipio de Manzanillo, Col.

xxxvii. TACC: Tasa Anual de Crecimiento Compuesto

xxxviii. La 'Marca de Calidad' es una de las estrategias clave de competitividad lanzada recientemente por el puerto de Manzanillo. Además, Manzanillo supera al puerto de Lázaro Cárdenas en términos de eficiencia, siendo capaz de descargar 89 contenedores por hora vs. los 71 contenedores por hora que pueden ser descargados en el puerto de Lázaro Cárdenas (PMDP, p. 176).

xxxix. Proyecciones futuras en el comercio que pasan por el puerto provistas por la División de Planeación y provistas como parte del Plan Maestro del Puerto no incluyen estimados de los flujos de ingresos totales, más bien se encuentran enmarcados en términos de volúmenes totales (en unidades, toneladas y TEUs dependiendo del tipo de carga).

xl. Algunos de los hallazgos presentados en esta sección reflejan los resultados a partir de un estudio del Banco de Desarrollo de Asia en el cual la información provista para China no incluye las regiones administrativas especiales de la República Popular China (Hong Kong

y Macao). Para hacer la distinción entre la información provista bajo el estudio de Banco de Desarrollo de Asia y la información extraída de otras fuentes, usamos la denominación "República Popular China" para referirnos a la información de Banco de Desarrollo de Asia y nos referimos a "China" cuando extraemos información de otras fuentes. Ver Westphal, M., Hughes, G. y Brömmelhörster, J. (Eds.) (2013).

xli. Existe una gran variación entre regiones y escenarios de clima que van desde menos de 1% en los mejores ocho escenarios climáticos a 78%–84% en los tres peores escenarios.

xlii. Análisis provisto con una tasa de descuento del 4%.

xliii. 'Elasticidad' se refiere a la relación entre el PIB y el ingreso, y proporciona un cálculo preciso del efecto de un cambio en el PIB respecto al ingreso.

xliv. Como se nota en el PMDP 2012-2017 "El Consumo Aparente de Canola se refiere al cálculo obtenido de la suma de producción nacional, menos exportación, más importación de canola" (p. 258).

xlv. Hoy en día estas son las zonas principales de producción de canola

xlvi. Hoy día el puerto no tiene instalaciones cubiertas adecuadas para almacenar vehículos. Los vehículos se almacenan en una sexta área acondicionada en el Muelle 15, pero este espacio no cuenta con techo y por tanto no proporciona ninguna protección contra eventos climáticos.

xlvii. La póliza de seguro IJ20001300000 proporciona cobertura a las APIs de: Ensenada, Guaymas, Topolobampo, Mazatlán, Puerto Vallarta, Lázaro Cárdenas, Salina Cruz, Puerto Madero, Altamira, Veracruz, Puerto Madero, Altamira, Tampico, Tuxpan, Veracruz, Coatzacoalcos, Dos Bocas, Progreso, Quintana Roo, Tamaulipas y Manzanillo.

xlviii. 'Protecciones Marginales' son estructuras alineadas en paralelo a la costa que son usadas para separar las zonas en tierra firme de las zonas oceánicas. Su principal propósito es la de proteger la costa y la infraestructura costera de daños potenciales causados por las lluvias o bien por el arrastre de sedimentos.

xlix. La primera es el puerto de Veracruz con más de 7.5 mil millones de MXN de activos asegurados.

l. Puede resultar difícil a partir de la información provista por API MANZANILLO establecer el valor de las reclamaciones en todos los casos. Por tanto las descripciones de la información financiera encontrada son también proporcionadas.

li. Las tres iniciativas son ClimateWise, la Munich Climate Insurance Initiative (MCII) y el United Nations Environment Programme Finance Initiative (UNEP FI).

lii. Respectivamente llamados 'Punto de partida climático' y 'Alta climática, Impactos de Mercado + riesgo de catástrofe + impactos no de Mercado + juicios de valor para la distribución regional' por Stern

liii. Aunque todas las medidas de adaptación incluidas en esta subsección cubren riesgos prioritarios, las medidas se pueden implementar en distintos momentos. En la presentación de las medidas de adaptación prioritarias se hace un esfuerzo para describir si la medida debe aplicarse en la actualidad, o si a fin de implementarse de manera más efectiva debería quedar reflejada en el próximo Plan Maestro de Desarrollo del Puerto (2017-2022) o más adelante (2022-2027).

liv. Las medidas de adaptación han sido identificadas para cada riesgo, y a cada medida de adaptación que aplica a cada riesgo se le ha dado un único número de código. En algunos casos, la misma medida de adaptación es relevante para referirse a más de un riesgo.

lv. Todas las medidas aplican ya que los puertos son infraestructura crítica que apoyan actividades productivas. Por tanto, incrementando la resiliencia de los puerto también soporta la de los sistemas productivos de manera más general.

lvi. ENCC (2013) Estrategia Nacional de Cambio Climático. Visión 10-20-40 Gobierno de la República

lvii. Tomado del Quinto Informe del Panel Intergubernamental del Cambio Climático Grupos de Trabajo II

lviii. Tomado del Quinto Informe del Panel Intergubernamental del Cambio Climático Grupos de Trabajo II

lix. Tomado del Quinto Informe del Panel Intergubernamental del Cambio Climático Grupos de Trabajo II

Apéndices

Índice

1. Enfoque respecto a la priorización del riesgo

2. Lista de actores consultados durante la misión

3. Solicitud de Información entregada a las terminales tras la misión

4. Información suplementaria respecto a condiciones climáticas actuales y condiciones climáticas proyectadas futuras

4.1. Condiciones climáticas observadas

4.2. Cambio climático futuro

4.3. Ciclones tropicales

5. Impactos potenciales del cambio climático en el diseño de flujos en el Puerto de Manzanillo

5.1. Introducción

5.2. Cambios en los flujos máximos en la captación del Colector

5.3. Retos con la estimación de IDF futura

5.4. Intensidad de las precipitaciones y estimados de flujo máximo

5.5. Cambios en las tasas de sedimentación

5.6. Conclusiones y recomendaciones

6. Riesgo del cambio climático y acciones de adaptación en puertos

6.1. Demanda, patrones y nivel de comercio

6.2. Navegación, embarque y amarre

6.3. Manejo y almacenamiento de mercancías

6.4. Movimiento de vehículos dentro de los puertos

6.5. Daños a la infraestructura, edificios y equipos

6.6. Transportación terrestre más allá del puerto

6.7. Disponibilidad y costos de seguros

6.8. Responsabilidad social

6.9. Responsabilidad ambiental

7. Fundamentos de Ingeniería para una mejora en el colector

8. Contexto internacional y nacional en temas de mitigación al cambio climático

8.1. Contexto internacional

8.2. Legislación y políticas de mitigación en México

8.3. Implicaciones potenciales en la demanda de carga comercializada a través del Puerto de Manzanillo

1. Enfoque respecto a la priorización del riesgo

La Tabla 1.1 más adelante describe a detalle el sistema usado para calificar cada uno de los riesgos identificados en el estudio, y por tanto para identificar los riesgos prioritarios.

A los riesgos identificados se les asignó una calificación de bajo, medio y alto para cada uno de los cuatro criterios que se listan en la primera columna de la tabla. Cuando un riesgo tuvo una calificación alta con respecto a dos o más de los otros criterios, éste se identificó como prioritario. Aquellos riesgos cuya vulnerabilidad actual se calificó como "alta" (Criterio 1) se identificaron entonces como prioritarios, incluso si no calificaron alto al compararse con los otros criterios.

Los criterios 1 y 2 poseen sub-categorías, tal y como se muestra en la columna 2. Los riesgos identificados se calificaron con respecto a todas estas sub-categorías, y la sub-categoría con la calificación más alta se utilizó para determinar la calificación global para dicho criterio.

TABLA 1.1

El sistema usado para calificar cada uno de los riesgos identificados en el estudio, y por tanto para identificar los riesgos prioritarios. (Fuente: autores de este reporte).

Categoría	Elemento de Rendimiento	Bajo	Medio	Alto
Riesgos donde la vulnerabilidad actual es alta	Operacional	< 1% anual de los paros de operaciones, como promedio de todas las terminales	1 a 10% anual de los paros de operaciones	> 10% anual de los paros de operaciones
	Financiero	< 1% pérdida del ingreso anual	1 a 5% pérdida del ingreso anual	> 5% pérdida del ingreso anual
	Ambiental	Notable pero menor que no-letal, con efectos reversibles sobre especies y hábitats protegidos. Tema de regulación local.	Algunas muertes de flora y fauna, impacto no-reversible en especies y hábitats protegidos. Tema de regulación nacional.	Muerte colectiva de flora o fauna. Daño severo de largo plazo a especies y hábitats protegidos. Tema de regulación internacional.
	Social	Sin impacto social	Impacto social localizado, temporal o de largo plazo	Pérdida de licencia para operar; protestas de la comunidad
	Reputacional	Atención local	Atención nacional	Atención internacional
Riesgos donde hay un gran impacto proyectado por el cambio climático	Operacional	< 1% anual de los paros de operaciones, como promedio de todas las terminales	1 a 10% anual de los paros de operaciones	> 10% anual de los paros de operaciones
	Financiero	< 1% pérdida del ingreso anual	1 a 5% pérdida del ingreso anual	> 5% pérdida del ingreso anual
	Ambiental	Notable pero menor que no-letal, con efectos reversibles sobre componentes biológicos valiosos de ecosistemas. Tema de regulación local.	Algunas muertes de flora y fauna, impacto no-reversible en componentes biológicos valiosos de ecosistemas. Tema de regulación nacional.	Muerte colectiva de flora o fauna. Daño severo de largo plazo a componentes biológicos valiosos de ecosistemas. Tema de regulación internacional.
	Social	Sin impacto social	Impacto social localizado, temporal o de largo plazo	Pérdida de licencia para operar; protestas de la comunidad
	Reputacional	Atención local	Atención nacional	Atención internacional
Riesgos donde es lenta la gestión de la solución o de efecto a largo plazo		La planeación e implementación puede empezar de inmediato , o la implementación puede diferirse y no es de largo plazo la gestión de la solución	La planeación necesita iniciarse de inmediato para que la implementación pueda llevarse a cabo dentro del periodo del siguiente plan maestro (2017 a 2022)	La planeación necesita iniciarse de inmediato para que la implementación pueda ocurrir después de 2022
El alto grado de incertidumbre se traduce en que el tamaño de riesgo futuro es incierto (pero podría ser grande)		Fuerte evidencia científica ; el riesgo es fácilmente cuantificable	La evidencia científica aporta estimaciones cuantificadas pero persiste incertidumbre sobre su probabilidad \magnitud	Algunos estudios científicos indican que el riesgo es posible, pero no puede ser cuantificado

2. Lista de actores consultados durante la misión

Semana 1: Consultas con las divisiones y terminales de API Manzanillo

Reuniones con APIMAN	Reuniones con las terminales
Director General	CONTECON
Gerencia de Administración y Finanzas	SSA
Subgerencia de Ecología	Capitanía de Puerto
Administración y Finanzas	USG
Gerencia de Comercialización	HAZESA/MARFRIGO
Gerencia de Ingeniería	LA JUNTA/ GRANELERA
Gerencia de Operaciones	MULTIMODAL
Gerencia de Planeación	TIMSA / OCUPA-FRIMAN
	CEMEX / APASCO
	PEMEX

Semana 2: Consultas con actores externos

Nombre	Posición	Institución
Manuel Rodriguez Sanchez	Director	Secretaria de Comunicaciones y transportes (SCT)
Valeria Muriel Dosal	Subdirector	Secretaria de Comunicaciones y transportes (SCT)
Aurora Tripp Silva	Subdirector	Secretaria de Comunicaciones y transportes (SCT)
Aguerrebere Salido, Roberto	Coordinador Operativo	Instituto Mexicano del Transporte (IMT)
Jose Adrian Trejo	Investigadora media ambiente	Instituto Mexicano del Transporte (IMT)
Fernando Mendoza	Investigadora media ambiente	Instituto Mexicano del Transporte (IMT)
Miguel A Backhoff	Jefe de Unidad de Sistemas de Información Geoespacial	Instituto Mexicano del Transporte (IMT)
Tristan Ruiz Lang	Coordinador de ingeniería portuaria y sistemas geoespaciales	Instituto Mexicano del Transporte (IMT)
Dora Luz Avila Arzani	Investigador titular	Instituto Mexicano del Transporte (IMT)
Carlos Martner	Coordinador de integración y transportes	Instituto Mexicano del Transporte (IMT)
Noé Toledano	División de ingeniería de puertos y costas	Instituto Mexicano del Transporte (IMT)
Cap. Edward Montiel		SEMAR
Gildardo Alarcon		SEMAR
Cap. Miguel Angel Díaz		SEMAR
Jesús de Olaguibel	División Oceanográfica	SEMAR
Eloina Felix		SEMARNAT
Gloria Cuevas		SEMARNAT
Carolina Chávez Oropeza		SECTUR
Mariano Sanchez		CONABIO
Griselda Medina Laguna		CONAGUA
Noé Adolfo Salazar Ramírez		CONAGUA
Ing. Eleazar Castro Caro	Subdirector Técnico / Dirección Local Colima	CONAGUA
José Luis Corona López		CONAGUA
Martin Cadena Sagarda		CONANP
Cristina Argudin		CONANP

3. Solicitud de Información entregada a las terminales tras la misión.

Información Financiera por cada Terminal Portuario

Ingresos	Datos Históricos (Pesos)						Datos Projectados (Pesos) *si está disponible*					
Descripción 5 Primeros Productos	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Producto 1 (Indicar nombre)												
Producto 2 (Indicar nombre)												
Producto 3 (Indicar nombre)												
Producto 4 (Indicar nombre)												
Producto 5 (Indicar nombre)												
TOTAL de Ingresos de los Productos	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -

Gastos	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Tarifa Fija (APIMAN)												
Tarifa Variable (APIMAN)												
Productos de almacenamiento												
Transporte de mercancías por carretera/Ferromex												
Costes laborales												
Aduana												
Mantenimiento equipos / edificios / zonas												
Seguros												
Servicios (Electricidad/Agua/Desague y Combustibles)												
Gesión Ambiental (Gastos Inversión) e.g. polvo/residuos/reciclaje												
Gastos Capital												
Otros Gastos												
TOTAL de Gastos	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -

EBITDA Pesos (Ganancias antes de intereses, impuestos, depreciación y amortización)												

Origen de los 5 primeros bienes Importados

Si es un Producto Agricola especificar cual

Pais o Ubicación en Mexico	**Producto 1 (Indicar nombre)**	**Producto 2 (Indicar nombre)**	**Producto 3 (Indicar nombre)**	**Producto 4 (Indicar nombre)**	**Producto 5 (Indicar nombre)**
Pais/Ubicación 1 (Indicar nombre)					
Pais/Ubicación 2 (Indicar nombre)					
Pais/Ubicación 3 (Indicar nombre)					
Pais/Ubicación 4 (Indicar nombre)					
Pais/Ubicación 5 (Indicar nombre)					

Origen de los 5 primeros bienes Exportados

Si es un Producto Agrícola especificar cuál

País o Ubicación en México	**Producto 1 (Indicar nombre)**	**Producto 2 (Indicar nombre)**	**Producto 3 (Indicar nombre)**	**Producto 4 (Indicar nombre)**	**Producto 5 (Indicar nombre)**
Pais/Ubication 1 (Indicar nombre)					
Pais/Ubicación 2 (Indicar nombre)					
Pais/Ubicación 3 (Indicar nombre)					
Pais/Ubicación 4 (Indicar nombre)					
Pais/Ubicación 5 (Indicar nombre)					

Origen de los 5 primeros bienes Clientes

Nombre del Cliente	**Producto 1 (Indicar nombre)**	**Producto 2 (Indicar nombre)**	**Producto 3 (Indicar nombre)**	**Producto 4 (Indicar nombre)**	**Producto 5 (Indicar nombre)**
Cliente 1 (Indicar nombre)					
Cliente 2 (Indicar nombre)					
Cliente 3 (Indicar nombre)					
Cliente 4 (Indicar nombre)					
Cliente 5 (Indicar nombre)					

Exportación versus Importación

Descripción 5 Primeros Productos	**Compañía Naviera**	**Ruta de envío**	**% Exportación**	**% Importación**
Producto 1 (Indicar nombre)				
Producto 2 (Indicar nombre)				
Producto 3 (Indicar nombre)				
Producto 4 (Indicar nombre)				
Producto 5 (Indicar nombre)				

Fuente: Autores de este reporte

Interrupciones / retrasos que afectaron a la terminal debido a eventos meteorológicos que afectaron operaciones en la terminal (en la 1ra. y 2da. maniobra)

1) Costo aproximativo de interrupción en las operaciones (pesos mexicanos por hora)
TOTAL: *Completar aquí*

2) Récord de interrupciones / retrasos (en horas por mes de los últimos 5 años)

	Vientos altos (sin que conlleven a la clausura de la terminal o del puerto)	Tormentas tropicales y huracanes (con clausura del puerto)	Lluvia	Inundación	Acumulación de sedimentos en lugares de atraque	Temperaturas altas	Humedad relativa	Marejadas	Oleaje	Velocidad de la corriente
2009										
ENE										
FEB										
MAR										
ABR										
MAY										
JUN										
JUL										
AGO										
SEP										
OCT										
NOV										
DIC										
TOTAL										

Interrupciones / retrasos que afectaron a la terminal debido a otras causas

1) Debido a inundaciones que afectaron la entrada/salida de camiones del puerto

	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Récord (en número horas) de interrupcion / retrasos						
Fechas de interrupción						
Impacto financiero causado por la interrupción (pesos por hora)						

2) Debido a inundaciones o lluvias que afectaron las operaciones ferroviarias

	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Récord (en número horas) de interrupcion / retrasos						
Fechas de interrupción						
Impacto financiero causado por la interrupción (pesos por hora)						

3) Debido a operaciones de mantenimiento de dragado*

*Por ejemplo debido a incremento de costos en primera / segunda maniobra

	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Récord (en número horas) de interrupcion / retrasos						
Fechas de interrupción						
Impacto financiero causado por la interrupción (pesos por hora)						

Fuente: Autores de este reporte

4) Debido a pérdida de electricidad causado por tormentas eléctricas

	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Récord (en número horas) de interrupcion / retrasos						
Fechas de interrupción						
Impacto financiero causado por la interrupción (pesos por hora)						

5) Debido a operaciones internas de mantenimientos y reparaciones que han necesarias debido a impactos del mal clima

*Por ejemplo limpieza de sedimentos acumulados en patios, reparaciones a estructuras (techos, paredes, alumbraje) y maquinaria , etc.

	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Récord (en número horas) de interrupcion / retrasos						
Fechas de interrupción						
Impacto financiero causado por la interrupción (pesos por hora)						

CAUSAS NO RELACIONADAS NECESARIAMENTE AL MAL TIEMPO

6) ¿En los últimos cinco años cuál ha sido el valor incurrido (en número de días e impacto financiero) debido a tráfico, congestión, demoras de aduana en la entrada y salida de camiones?

Número de días	
Costo total	

7) ¿En los últimos cinco años cuál a sido el valor incurrido (en número de días e impacto financiero) debido a problemas con el servicio ferroviario? (en los últimos 5 años)

Número de días	
Costo total	
Causas más frecuentes en las demoras del servicio	

8) ¿En los últimos cinco años ha habido casos en los que buques programados no atracaran en el puerto y sigueran a otros destinos? De ser así indique el número de eventos (fecha, causa e impacto financiero)

Evento*	Fecha	Causa	Impacto financiero (pesos mexicanos)
No. 1			
No. 2			
No. 3			

*Incluir más líneas de ser necesario

9) ¿Tienen arreglos contractuales que especifiquen garantías en tiempo de operación, manejo y despacho de mercancía? (SI/NO)

Completar aquí

10) Si 9) es CIERTO, ¿cuál es el costo por hora (o diá) si el arreglo contractual de tiempos de garantía en manejo y despacho de mercanías no es cumplido?

Completar aquí

11) Do you have any maximum operational thresholds for wind speed? Y/N

Equipo	Velocidad del viento (Km/hora	Sistema automático de corto de operación Y/N	Otros detalles
Grúa			
Banda			
Atraque			
Othos (expecificar)			

12) Distancia mínima de seguridad en metros entre el nivel del mar y el muelle para carga y descarga de buques

(m)

Fuente: Autores de este reporte

Manejo de reefers y carga fría en los últimos 5 años (*si aplica)

	Número de reefers*	% del total de la carga manipulada*	Dimensiones del área de refrigeracion* (largo x ancho x alto)	Dimensiones del área de congelamiento* (largo x ancho x alto)
2009				
2010				
2011				
2012				
2013				
2014				

Costos de refrigeración por mes en los últimos 5 años (pesos mexicanos) (*si aplica)

	Costo por reefer (refrigeracion)*	**Costo por reefer (congelados)***	**Costo por area de refrigeracion***	**Costo por area de congelamiento***
2009				
ENE				
FEB				
MAR				
ABR				
MAY				
JUN				
JUL				
AGO				
SEP				
OCT				
NOV				
DIC				
TOTAL				

Información sobre pólizas de seguros

Pólizas de seguros	Tipo de póliza*	Tipo de eventos/peligros meteorológicos que cubre la póliza	Precio de prima (en pesos)						Motivos por cambios de precio de prima (especificar causa)**
			2009	2010	2011	2012	2013	2014	
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									

Récord de reclamos debido a daños/interrupciones/retrasos ocacionados por eventos meteorológicos (pesos por año)

	Vientos extremos, tormentas tropicales y huracanes	Lluvias	Inundaciones	Altas temperaturas	Marejadas	Otros (especificar)
2009						
2010						
2011						
2012						
2013						
2014						

* Tipos de cobertura del seguro. Incluye por ejemplo: i) daño a edificios e infraestructura; ii) daño a buques; iii) interrupción del negocio; iv) ingresos/costos; v) daño a terceros y/o a mercancía del cliente; otros.

** Motivos por causa por cambios de precio de prima. Incluyen por ejemplo: i) inversiones en nueva infraestructura/activos; ii) precedente en usos de póliza el año anterior; iii) cobertura ante nuevos riesgos (especificar); iv) otros.

Fuente: Autores de este reporte

4. Información suplementaria respecto a condiciones climáticas actuales y condiciones climáticas proyectadas futuras

4.1. Condiciones climáticas observadas

FIGURA 4.1

Información climatológica satelital de niveles de precipitación en México, de enero a diciembre 1979-2000 en mm/día. (Fuente: autores de este reporte).

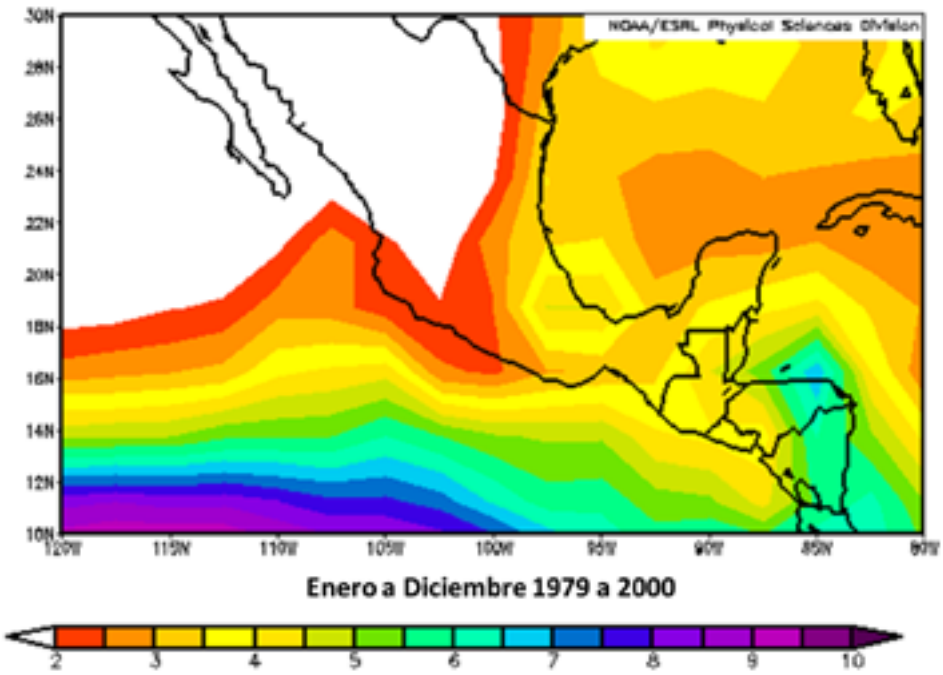


FIGURA 4.2

Información climatológica satelital de niveles de precipitación en México, de diciembre a Mayo 1980-2000 en mm/día. (Fuente: autores de este reporte).

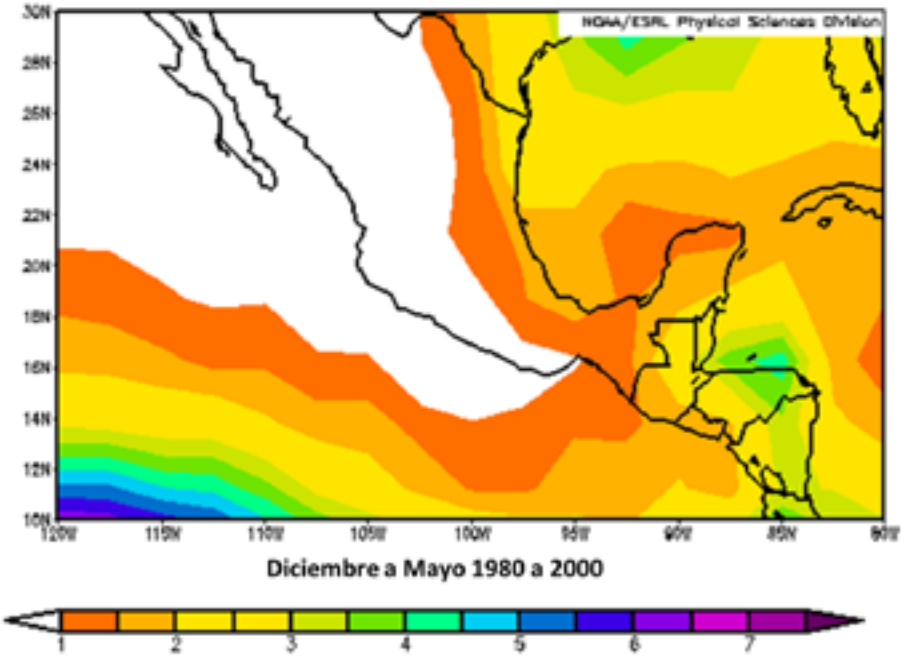


FIGURA 4.3

Información climatológica satelital de niveles de precipitación en México, de junio a noviembre 1980-2000 en mm/día. (Fuente: autores de este reporte).

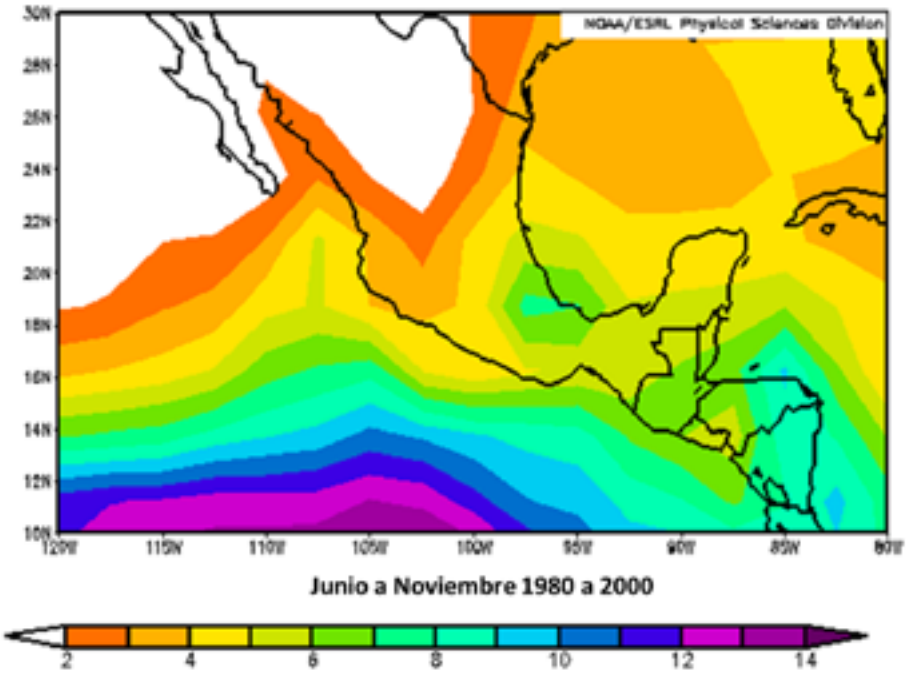


FIGURA 4.4

Patrones de lluvias en México para el período de 1979 a 2012 según datos de ERA-I para patrones anuales (izq.), estación seca (medio) y estación de lluvias (der.). Panel superior muestra patrones en valores máximos, panel inferior muestra patrones en la media. El patrón ilustra niveles significativos a 0.05. (Fuente: autores de este reporte).

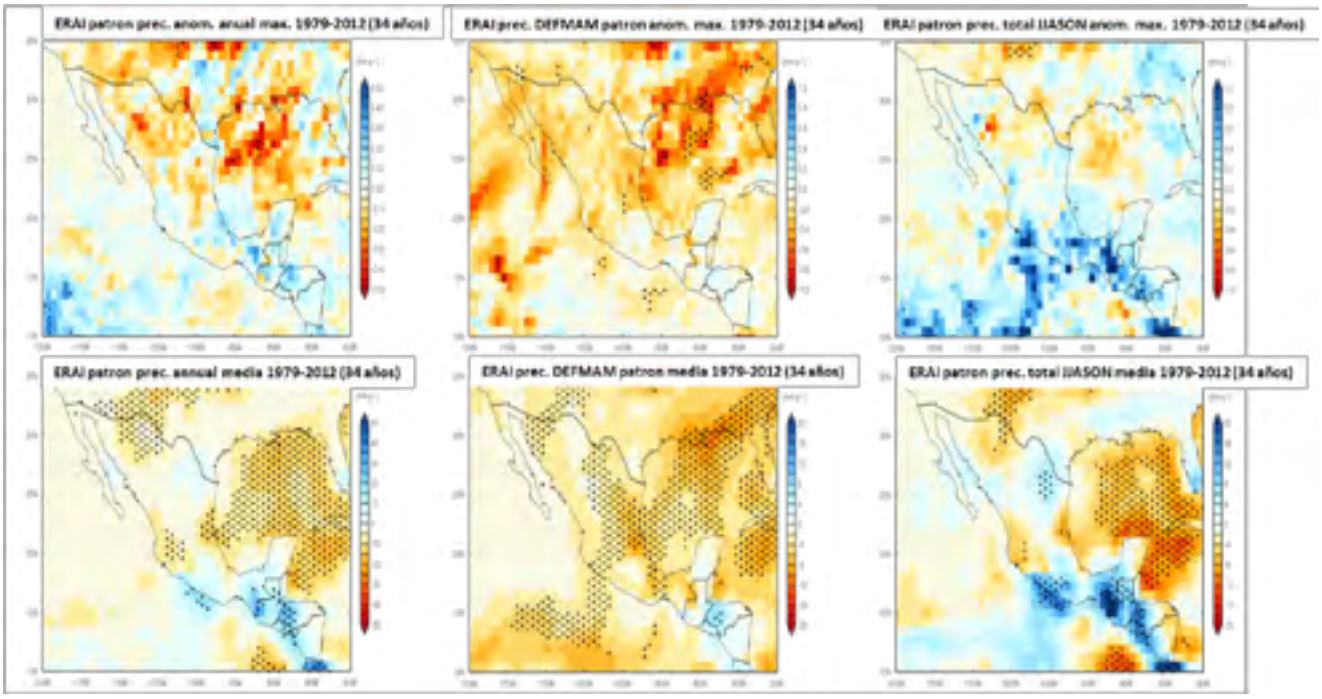


FIGURA 4.5

Se muestran las tendencias como series de tiempo para las precipitaciones durante la temporada de secas en Manzanillo con información de ERA-I de 1979-2012. La fila superior muestra la tendencia en máximos extremos mientras que la fila inferior muestra la tendencia en la media. Las tendencias verdes son significativas a un nivel de 0.05. Las tendencias rojas no son estadísticamente significativas. (Fuente: autores de este reporte).

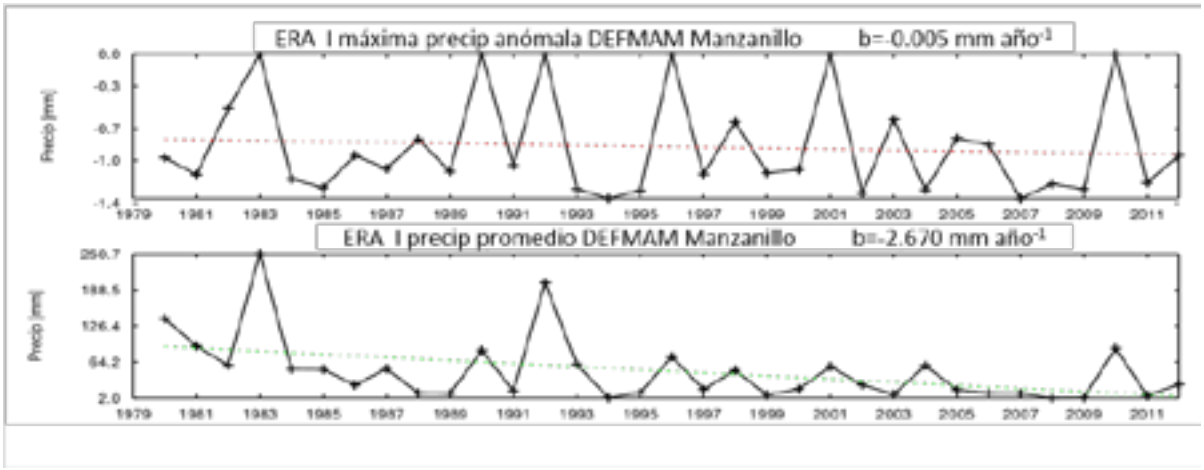


FIGURA 4.6

Se muestran las tendencias como series de tiempo para las precipitaciones durante la temporada de lluvias en Manzanillo con información de ERA-I de 1979-2012. La fila superior muestra la tendencia en máximos extremos; la fila de en medio muestra la tendencia en la media y la fila inferior muestra la tendencia en mínima. Las tendencias verdes son significativas a un nivel de 0.05. Las tendencias rojas no son estadísticamente significativas. (Fuente: autores de este reporte).

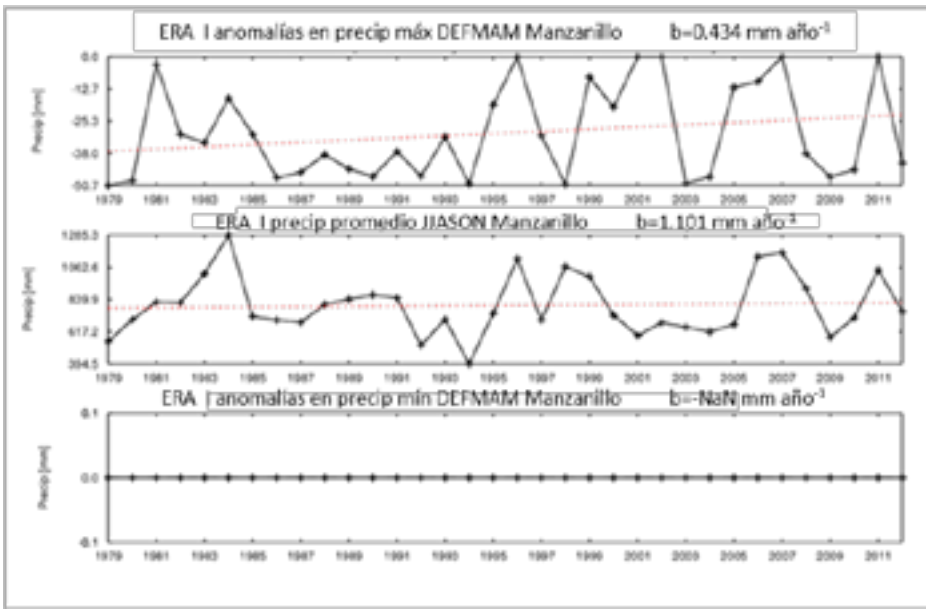


FIGURA 4.7

Patrones de temperatura en México para el período de 1979 a 2012 según datos de ERA-I para patrones anuales (izq.), estación seca (medio) y estación de lluvias (der.). Panel superior muestra patrones en valores máximos, panel inferior muestra patrones en la media. El patrón ilustra niveles significativos a 0.05. (Fuente: autores de este reporte).

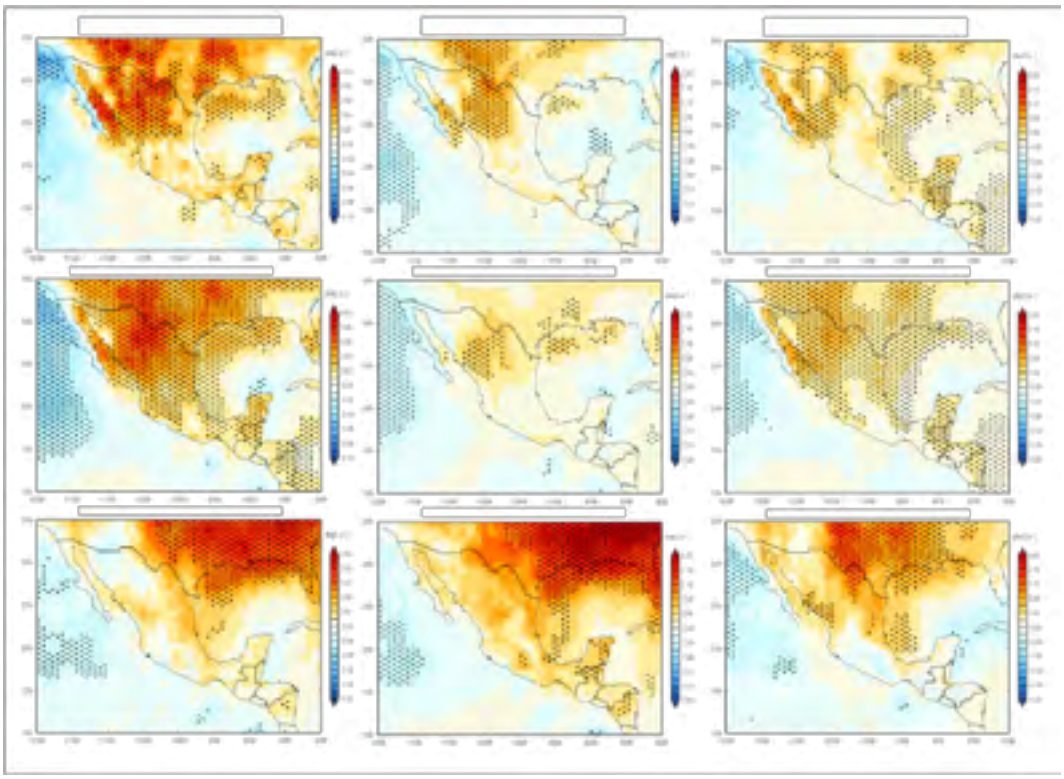


FIGURA 4.8

Se muestran las tendencias como series de tiempo para las temperaturas durante la temporada de secas en Manzanillo con información de ERA-I de 1979-2012. La fila superior muestra la tendencia en máximos extremos mientras que la fila inferior muestra la tendencia en la media. Las tendencias verdes son significativas a un nivel de 0.05. Las tendencias rojas no son estadísticamente significativas. (Fuente: autores de este reporte).

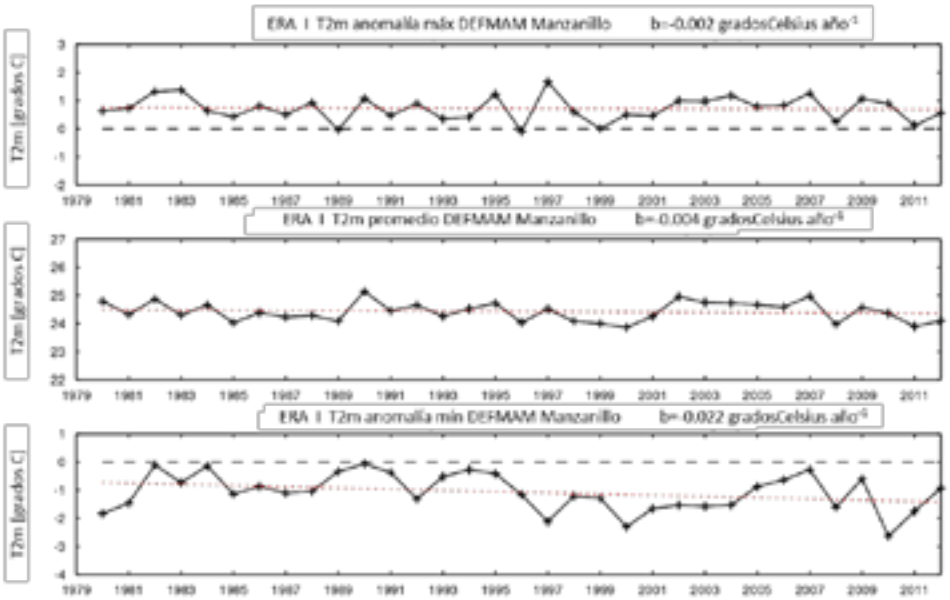


FIGURA 4.9

Se muestran las tendencias como series de tiempo para las temperaturas durante la temporada de lluvias en Manzanillo con información de ERA-I de 1979-2012. La fila superior muestra la tendencia en máximos extremos mientras que la fila inferior muestra la tendencia en la media. Las tendencias verdes son significativas a un nivel de 0.05. Las tendencias rojas no son estadísticamente significativas. (Fuente: autores de este reporte).

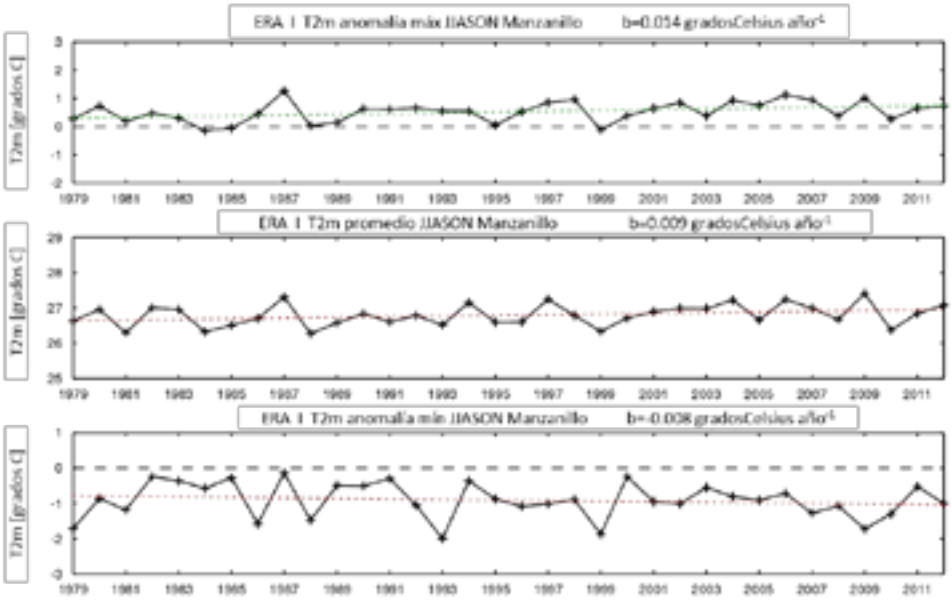


FIGURA 4.10

Patrones de velocidad de vientos en México para el período de 1979 a 2012 según datos de ERA-I para patrones anuales (izq.), estación seca (medio) y estación de lluvias (der.). Panel superior muestra patrones en valores máximos, panel inferior muestra patrones en la media. El patrón ilustra niveles significativos a 0.05. (Fuente: autores de este reporte).

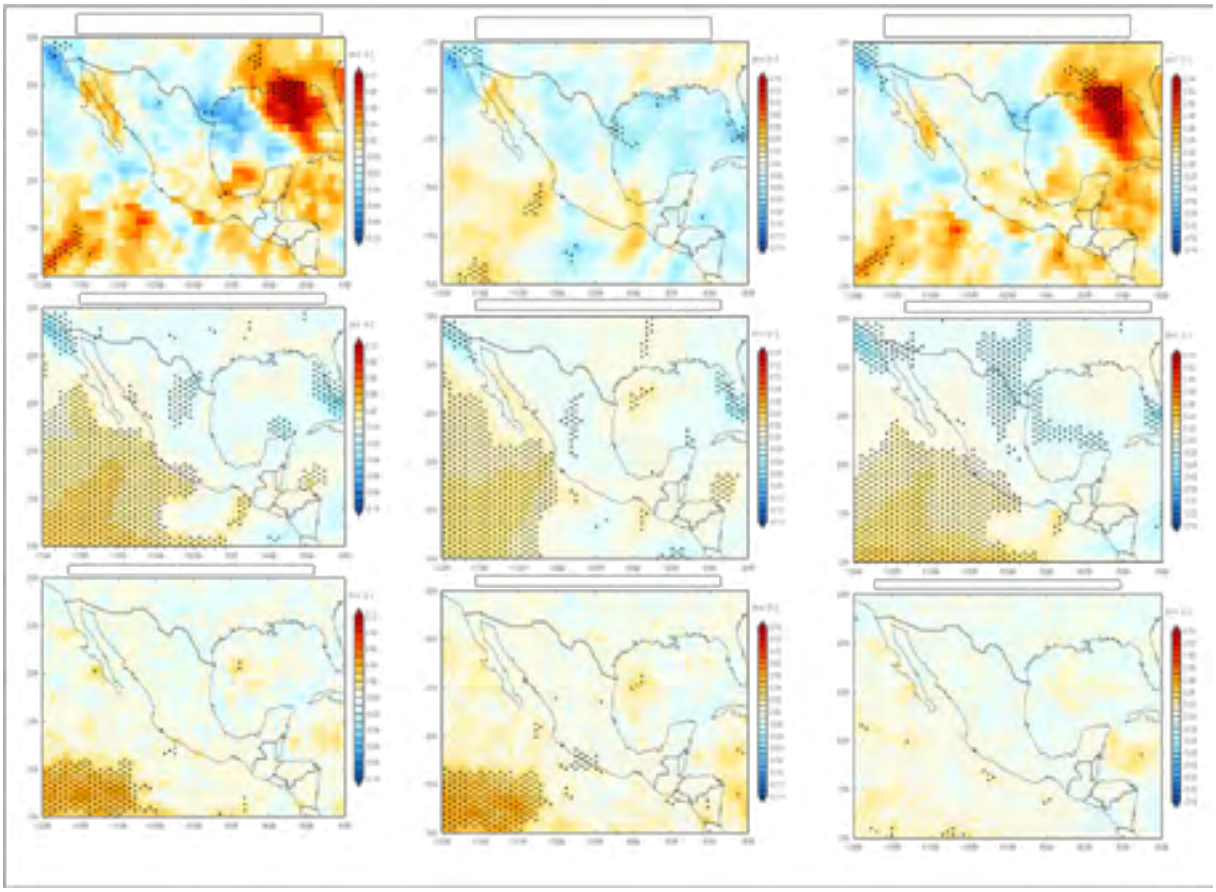


FIGURA 4.11

Disponibilidad de información diaria de la estación meteorológica de Manzanillo de enero de 1985 a enero de 2014.
(Fuente: autores de este reporte).

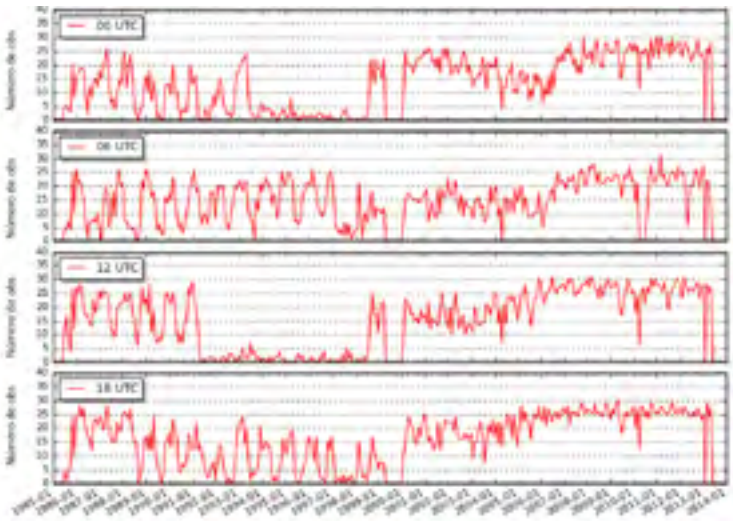


FIGURA 4.12

Tendencias en la frecuencia en la incidencia diaria de velocidades del viento que excedan 1 m/s en base a los datos de ERA-I entre 1979-2014. Cada panel es para un mes diferente incluyéndose los 12 meses de enero a diciembre. La pendiente de la línea de regresión se cuantifica en la caja coloreada. Las cajas rojas muestran tendencias insignificantes. Las cajas verdes muestran tendencias estadísticamente significativas. (Fuente: autores de este reporte).

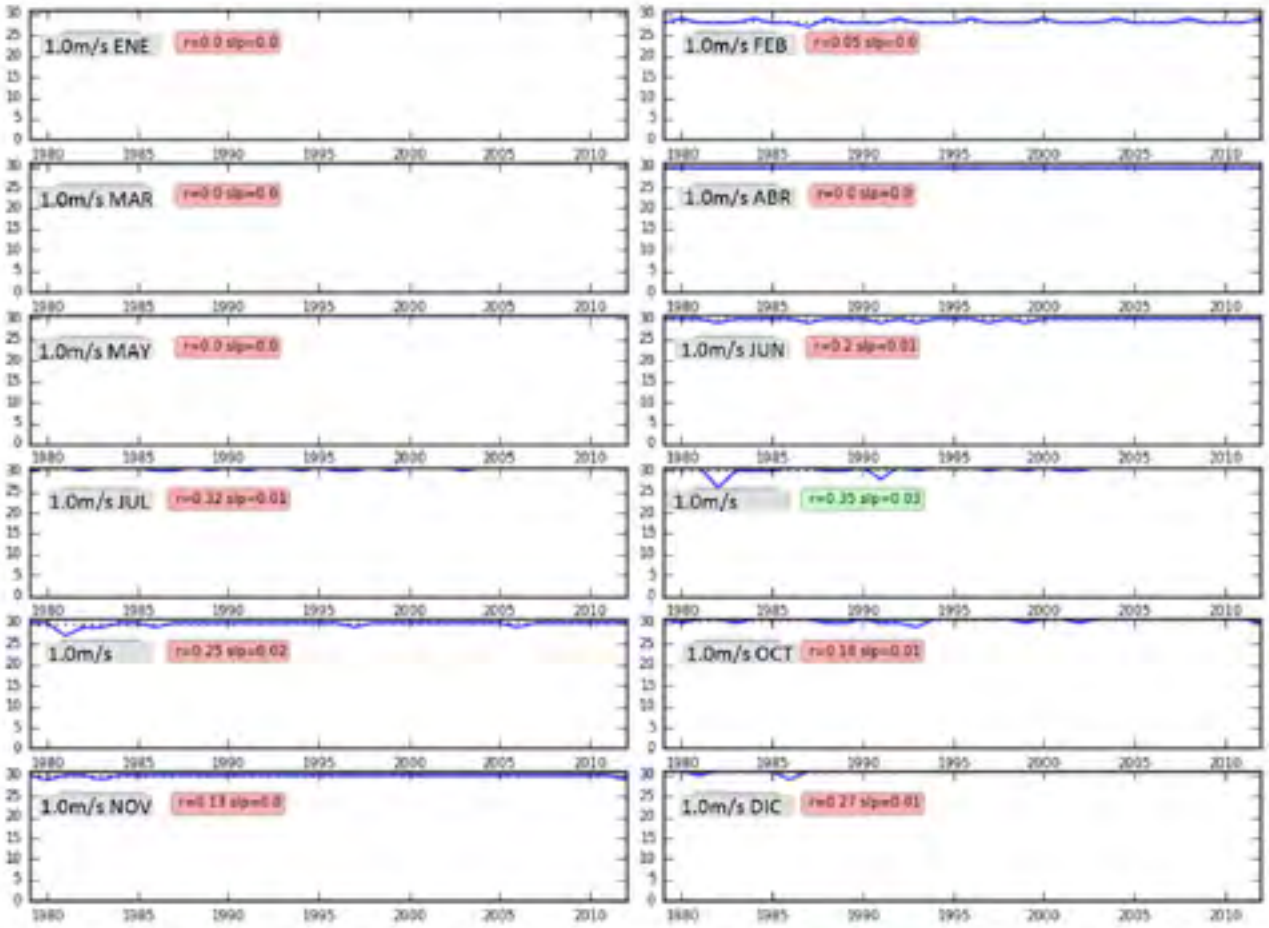


FIGURA 4.13

Con información similar a lo que se muestra en la Figura 4.12 pero con vientos de 2 m/s. (Fuente: autores de este reporte).

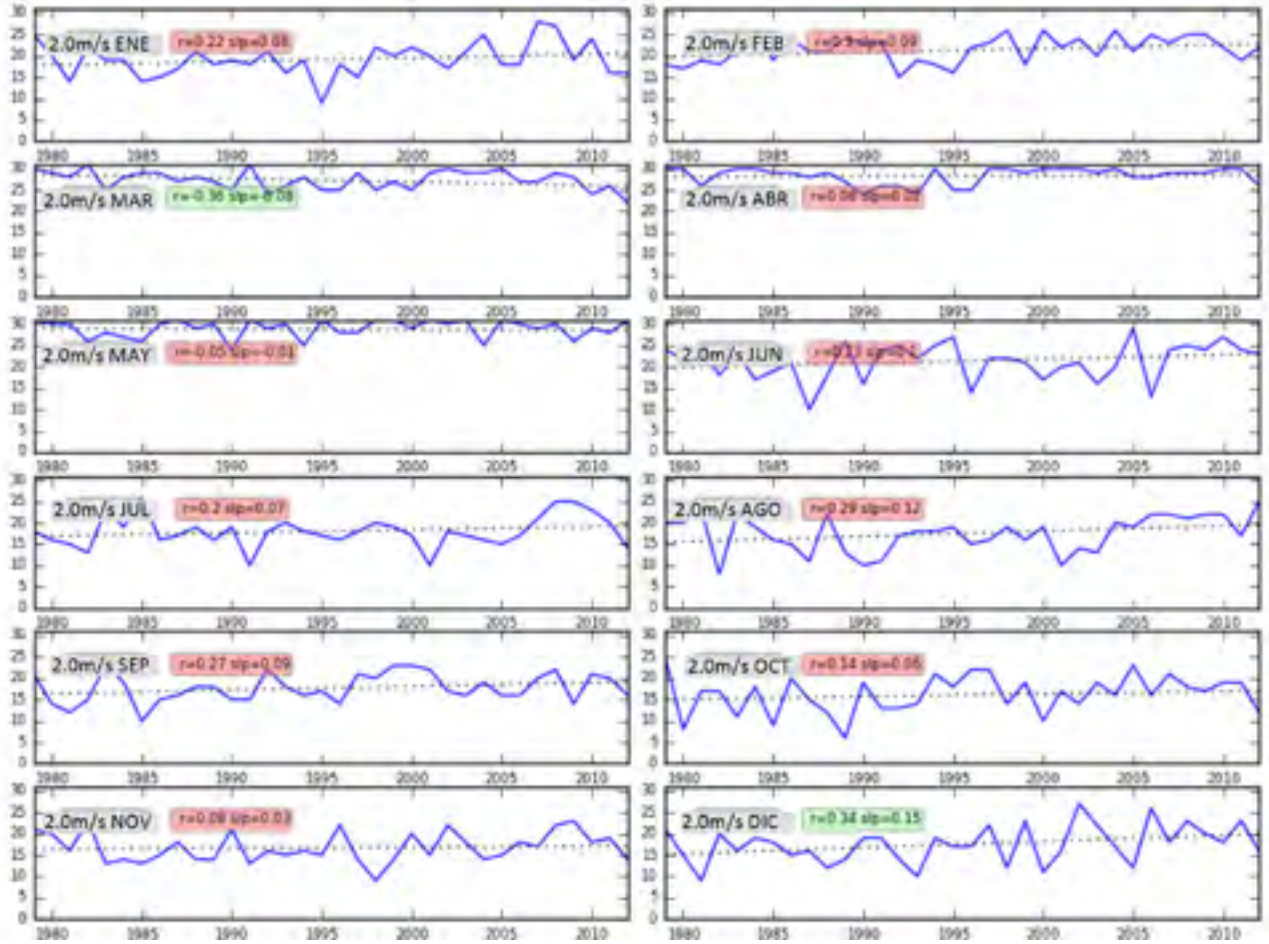


FIGURA 4.14

Con información similar a lo que se muestra en la Figura 4.12 pero con vientos de 3 m/s. (Fuente: autores de este reporte).

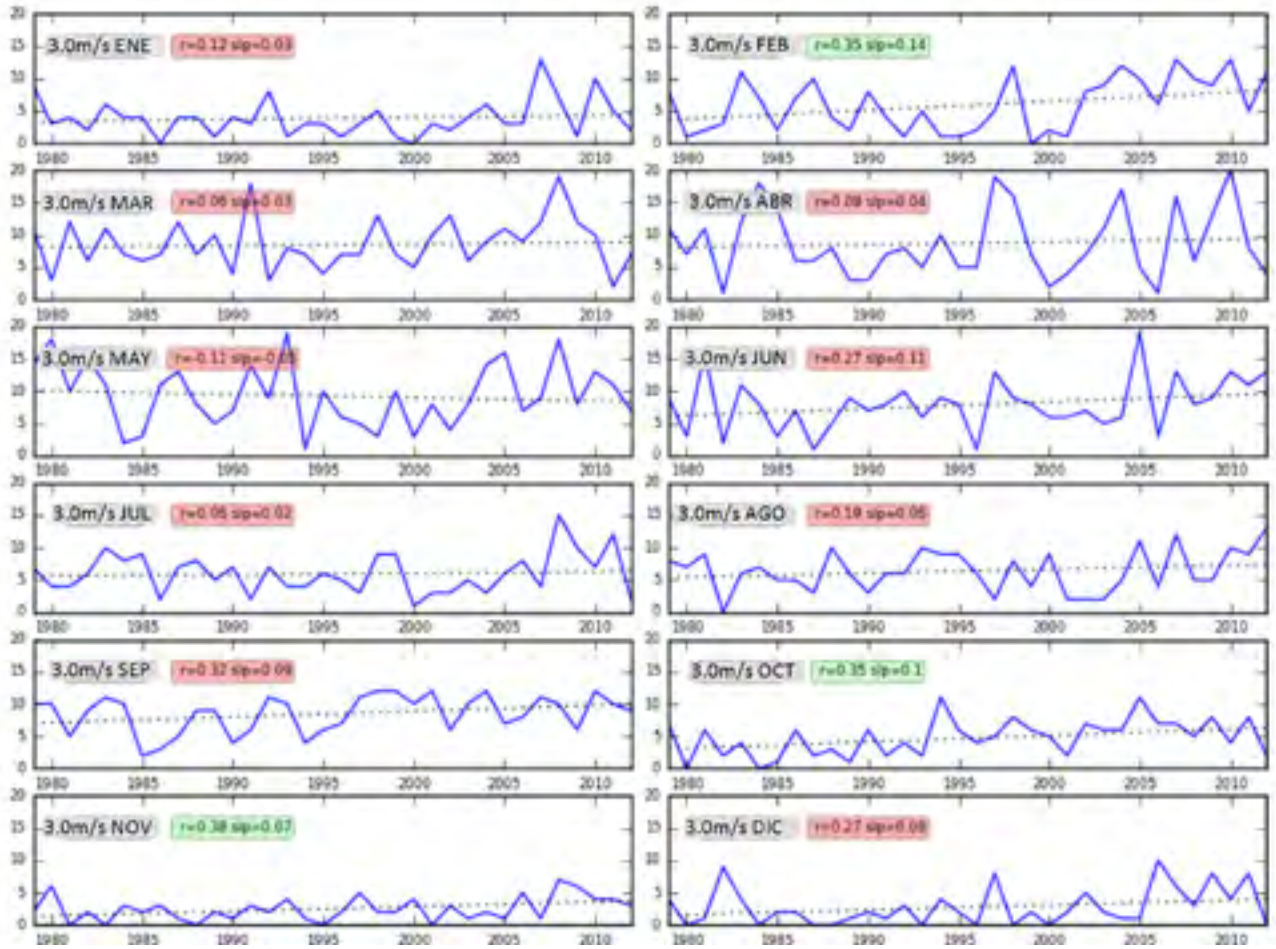


FIGURA 4.15

Con información similar a lo que se muestra en la Figura 4.12 pero con vientos de 4 m/s. (Fuente: autores de este reporte).

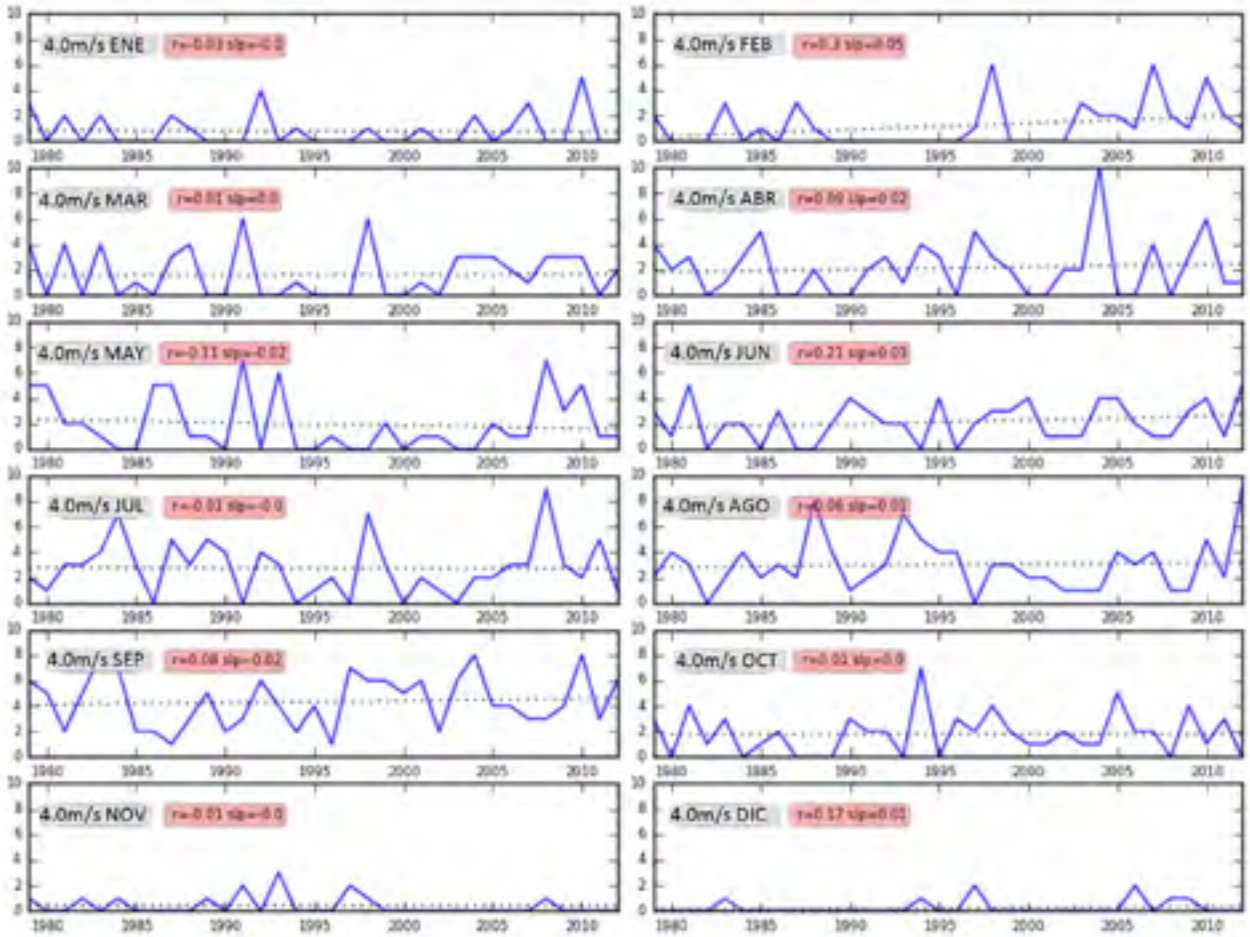


FIGURA 4.16

Con información similar a lo que se muestra en la Figura 4.12 pero con vientos de 5 m/s. (Fuente: autores de este reporte).

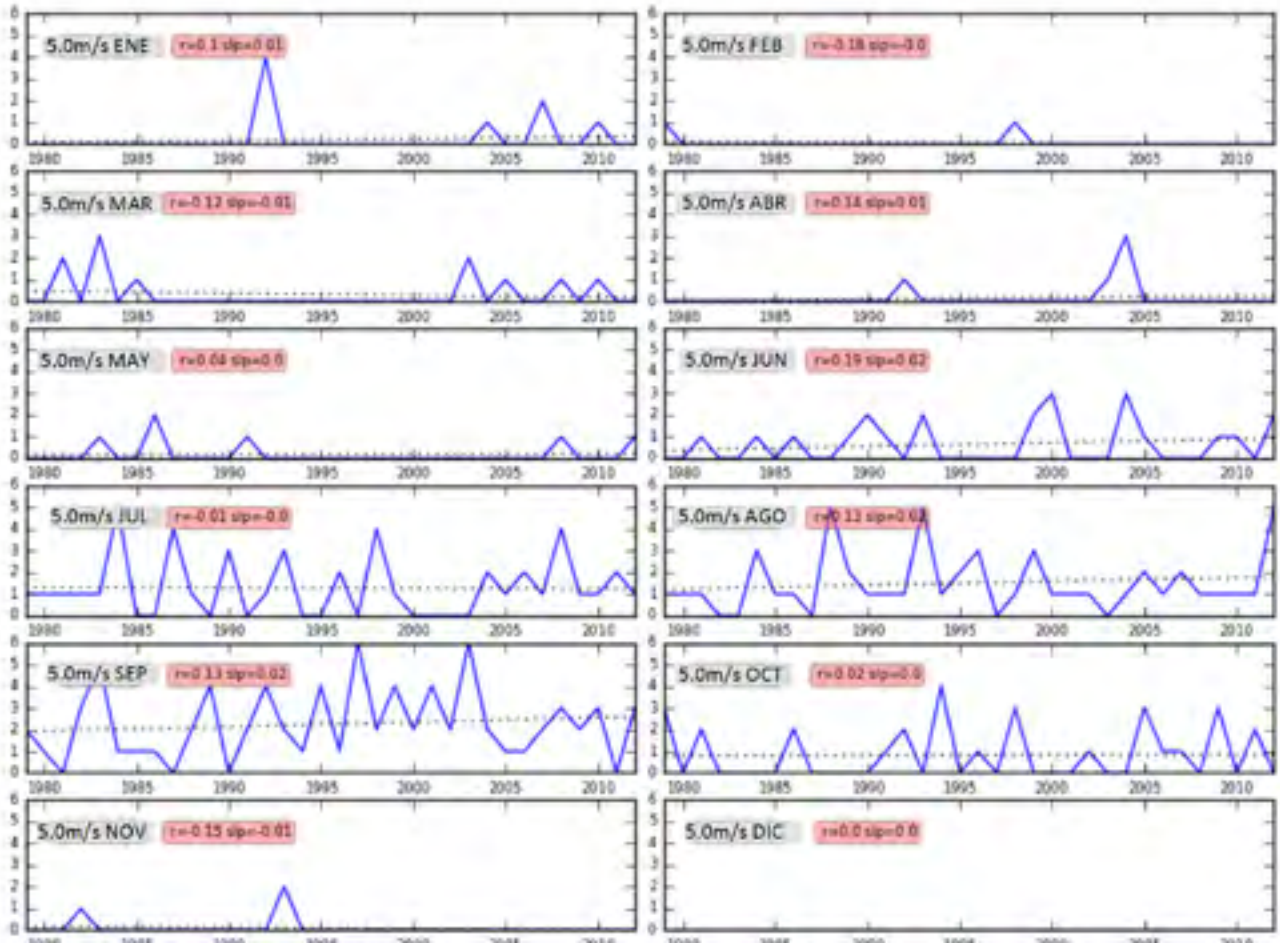


FIGURA 4.17

Con información similar a lo que se muestra en la Figura 4.12 pero con vientos de 6 m/s. (Fuente: autores de este reporte).

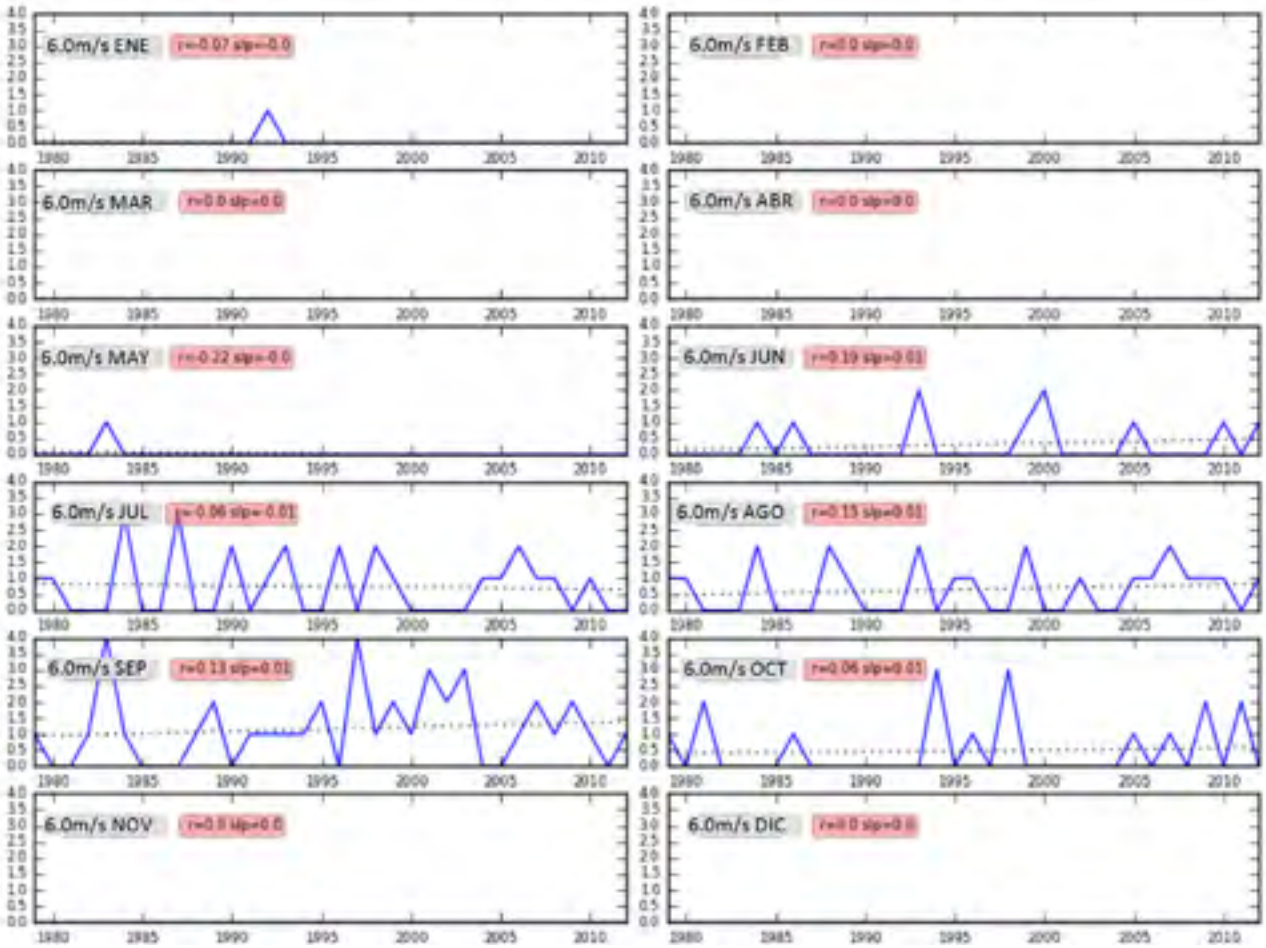


FIGURA 4.18

Con información similar a lo que se muestra en la Figura 4.12 pero con vientos de 7 m/s. (Fuente: autores de este reporte).

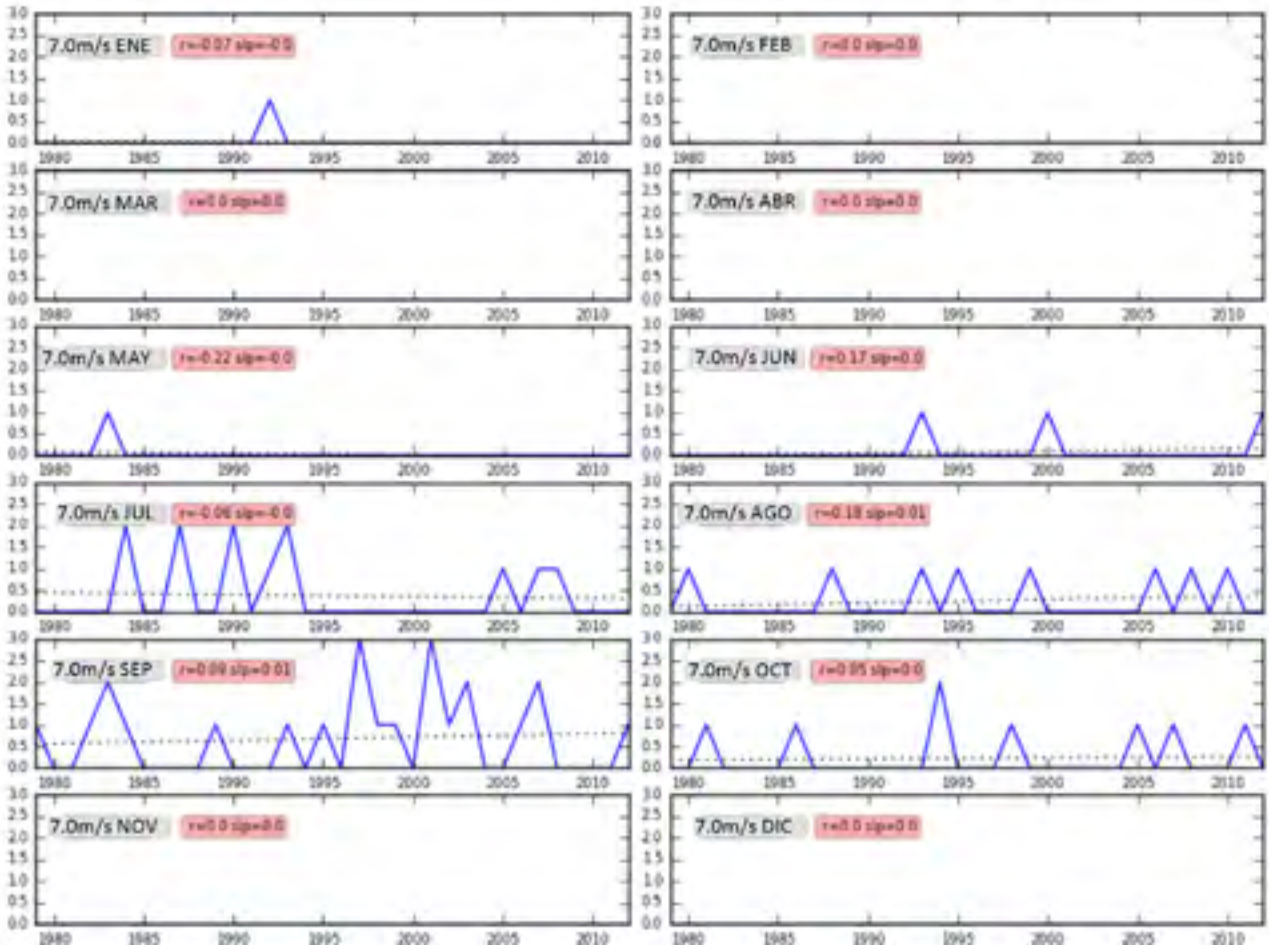


FIGURA 4.19

Con información similar a lo que se muestra en la Figura 4.12 pero con vientos de 8 m/s.
(Fuente: autores de este reporte).

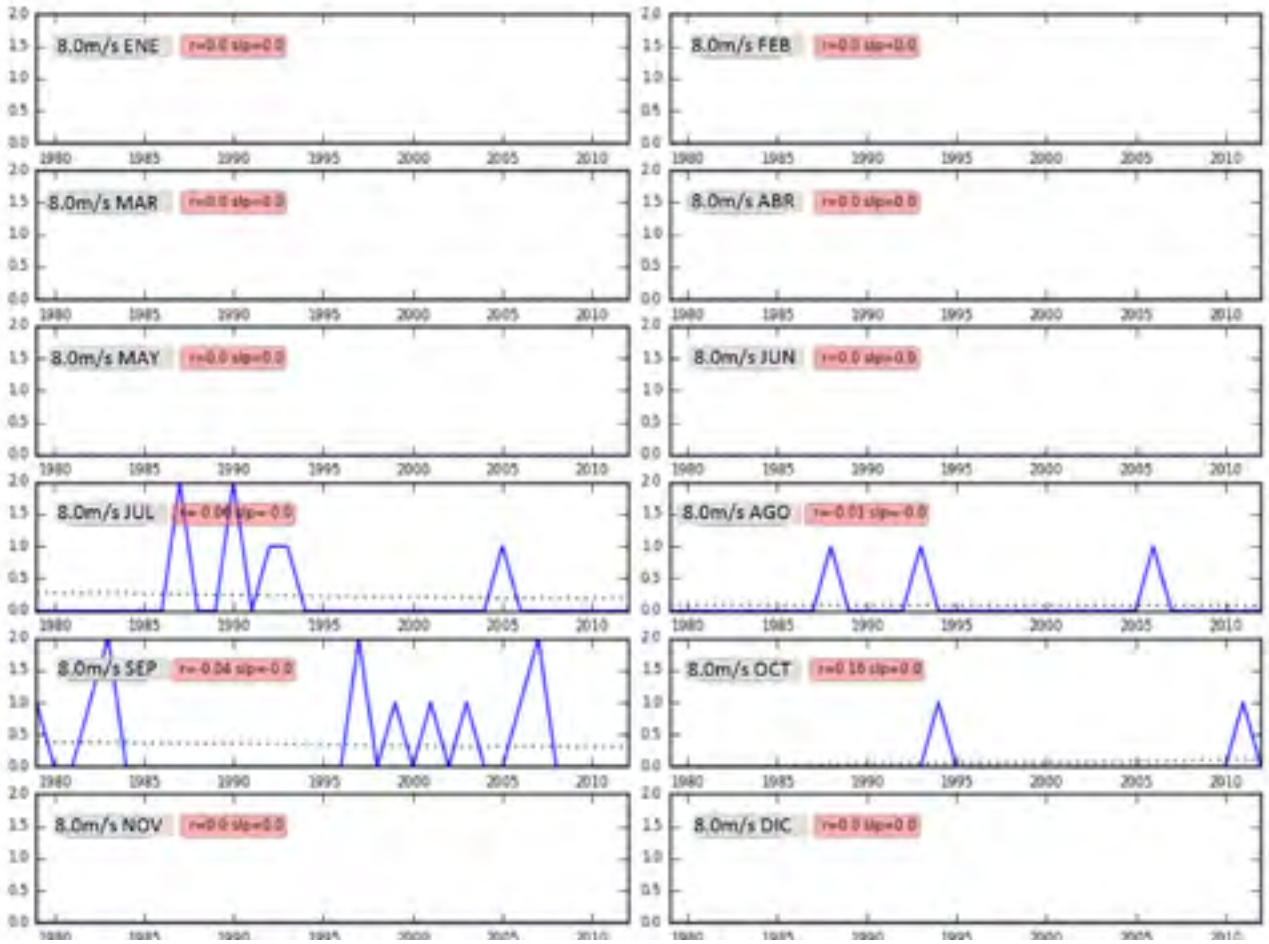


FIGURA 4.20

Con información similar a lo que se muestra en la Figura 4.12 pero con vientos de 10 m/s.
(Fuente: autores de este reporte).

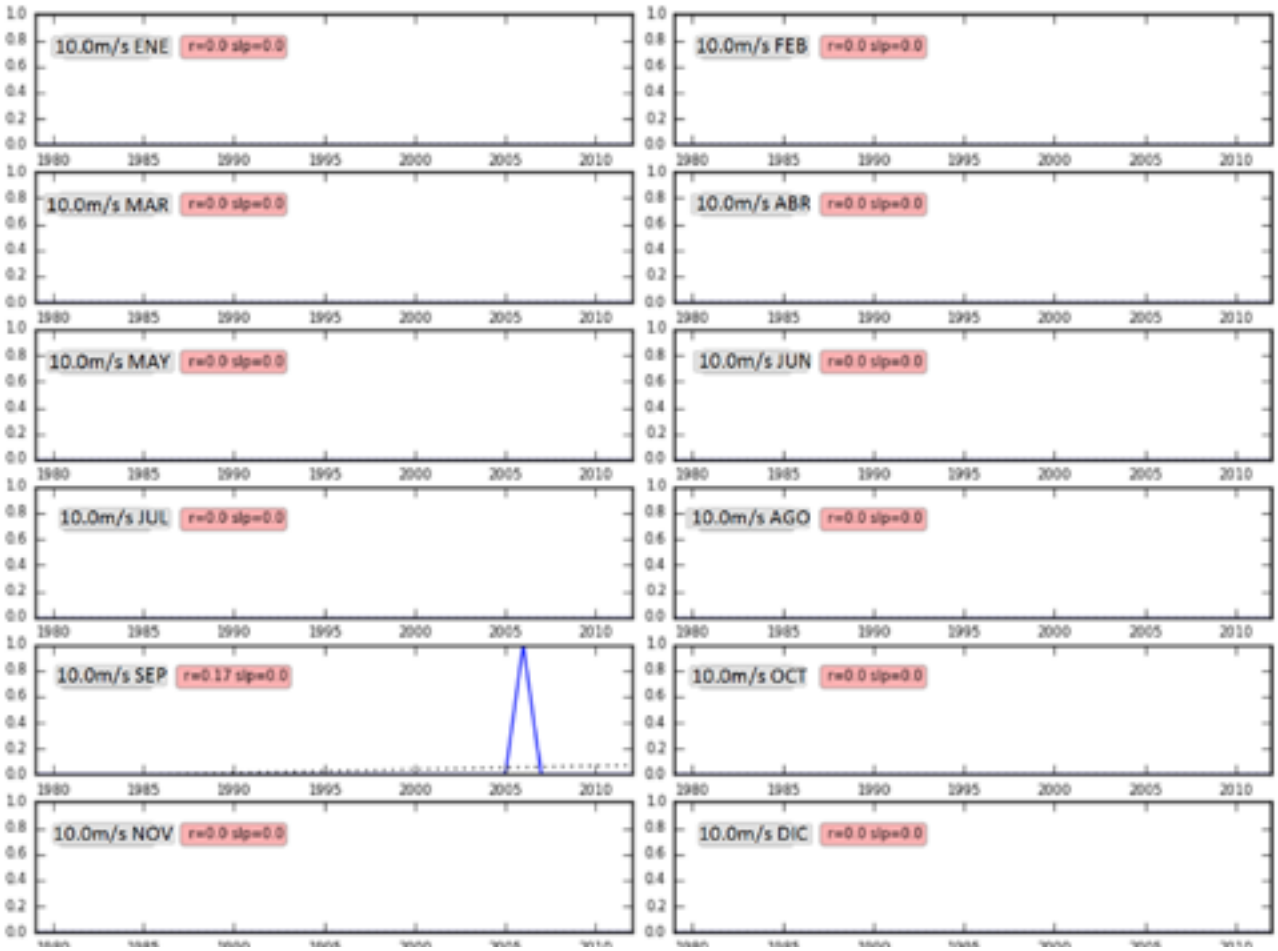


FIGURA 4.21

Tendencias en la frecuencia en la incidencia diaria de precipitaciones que excedan 1 mm a partir de datos de ERA-I entre 1979-2014. Cada panel es para un mes diferente incluyéndose los 12 meses de enero a diciembre. La pendiente de la línea de regresión se cuantifica en la caja coloreada. Las cajas rojas muestran tendencias insignificantes. Las cajas verdes muestran tendencias estadísticamente significativas. (Fuente: autores de este reporte).

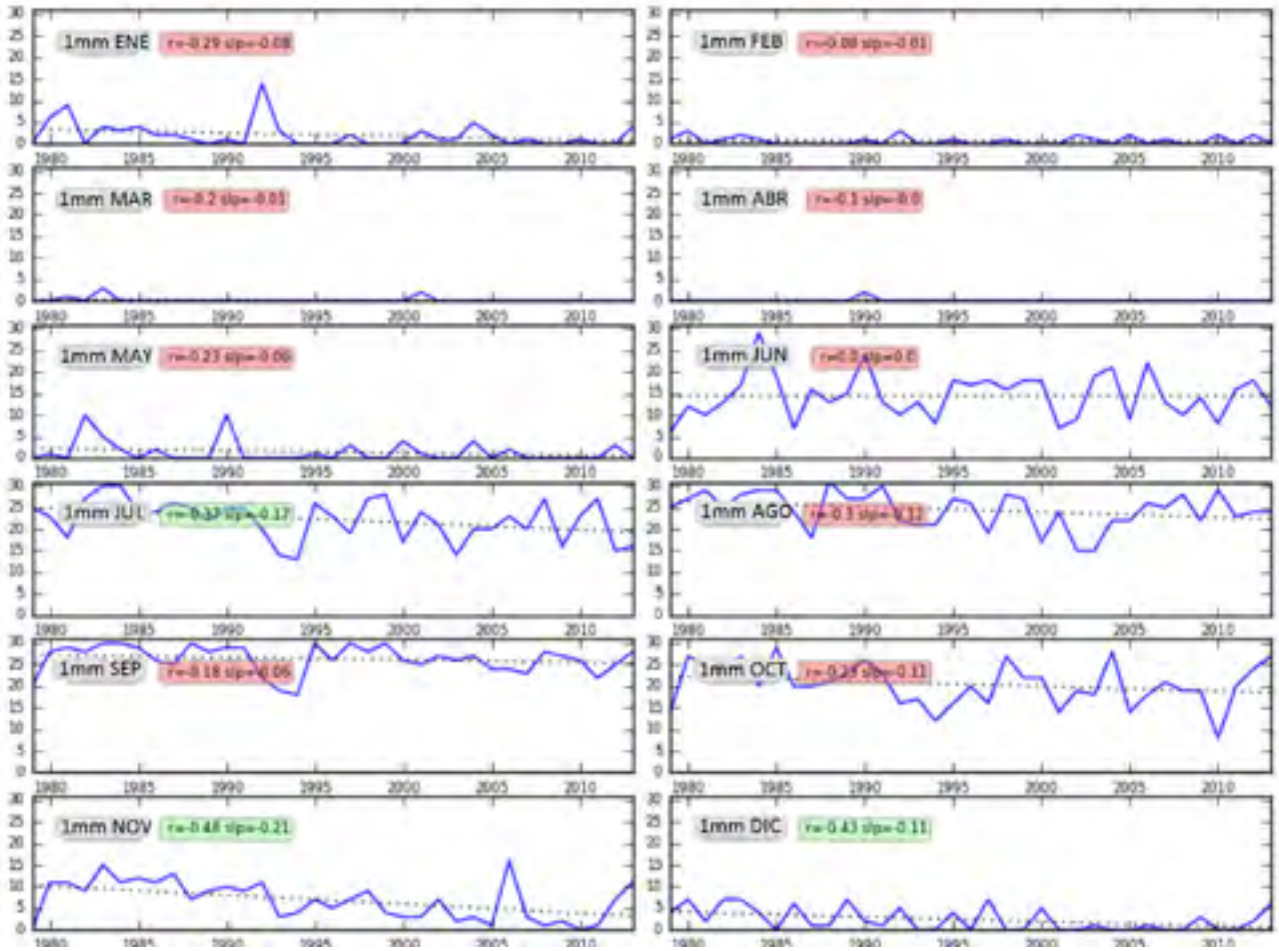


FIGURA 4.22

Con información similar a lo que se muestra en la Figura 4.21 pero con precipitaciones de 2 mm.
(Fuente: autores de este reporte).

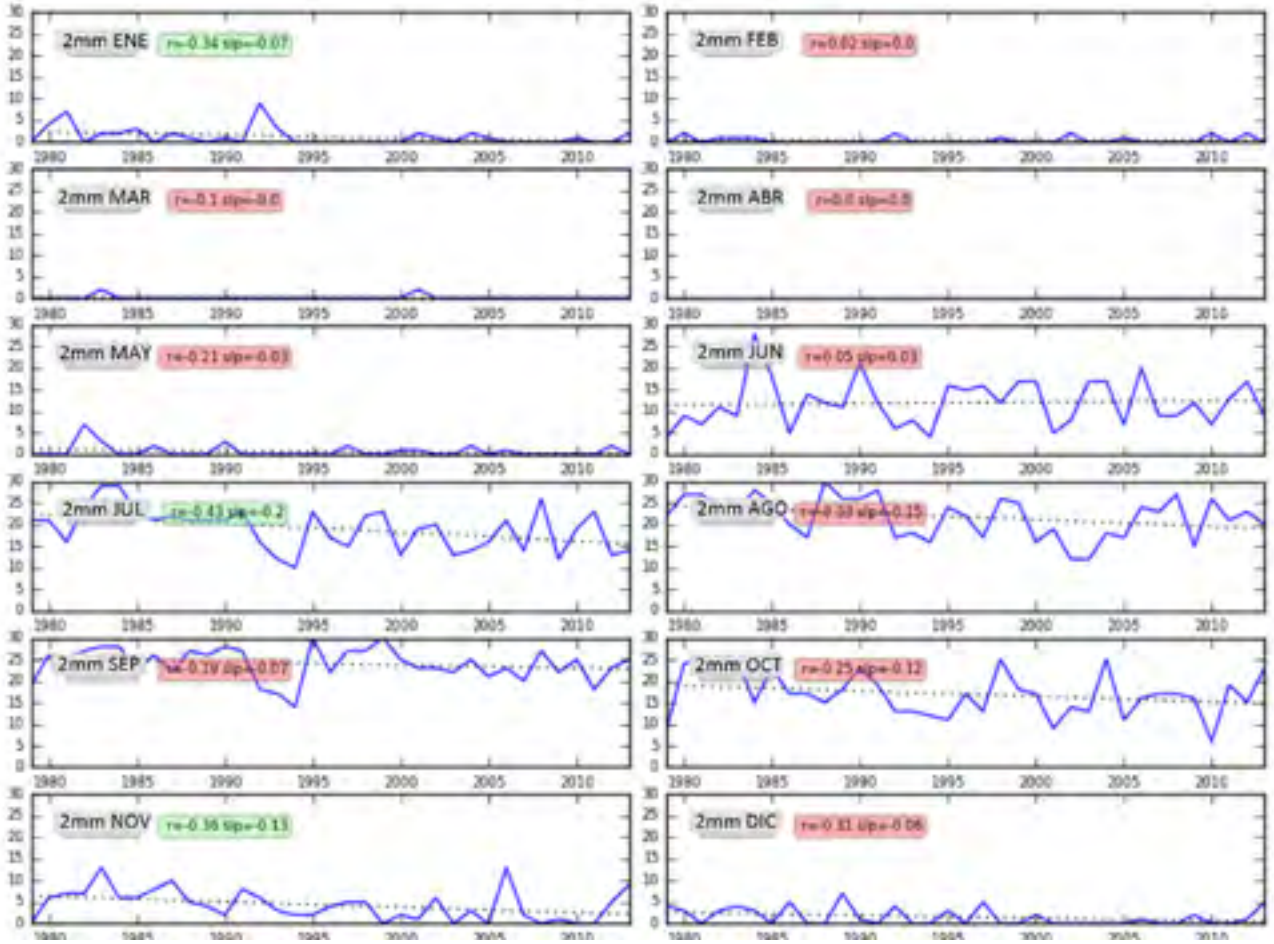


FIGURA 4.23

Con información similar a lo que se muestra en la Figura 4.21 pero con precipitaciones de 3 mm.
(Fuente: autores de este reporte).

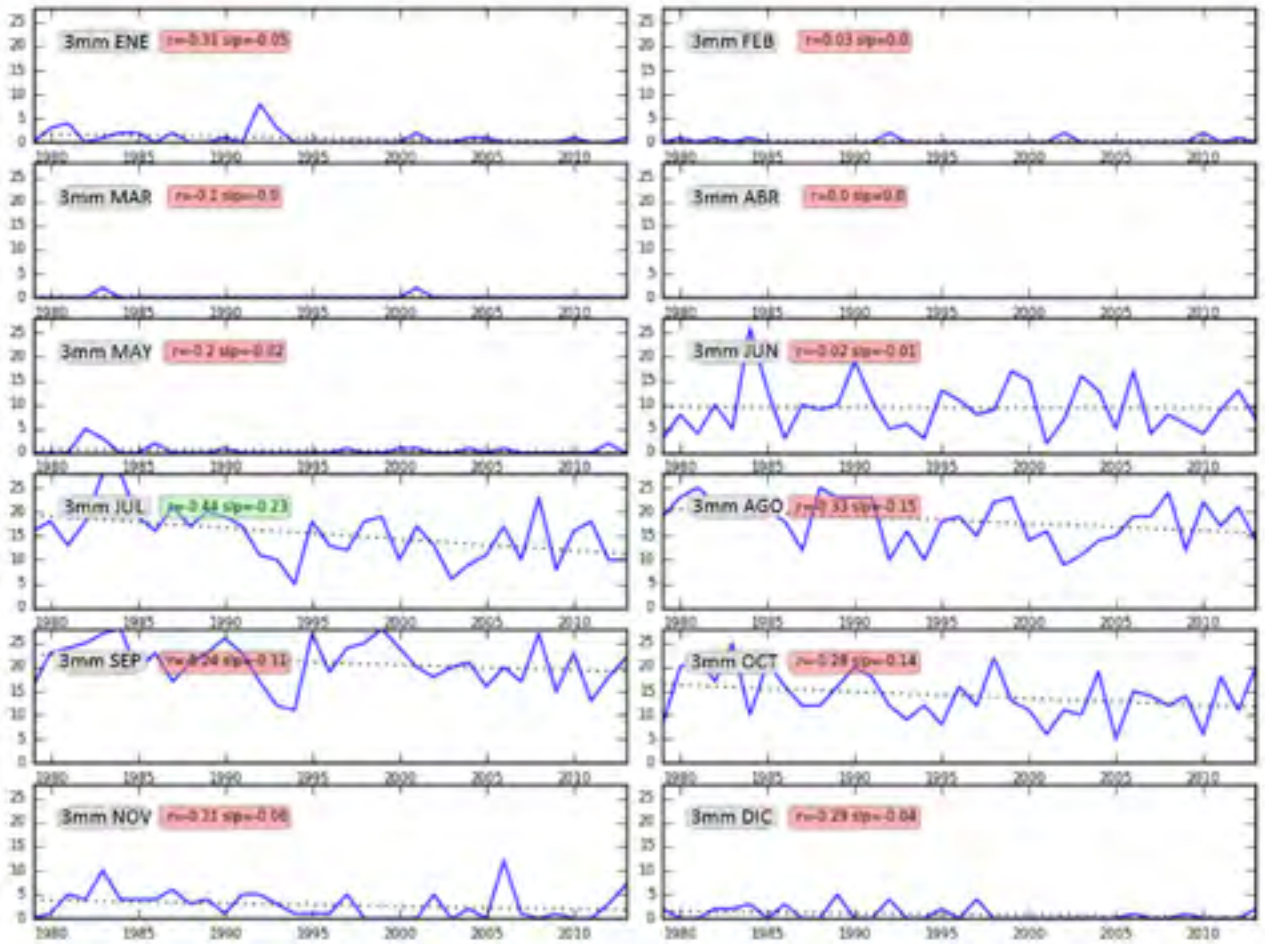


FIGURA 4.24

Con información similar a lo que se muestra en la Figura 4.21 pero con precipitaciones de 4 mm.
(Fuente: autores de este reporte).

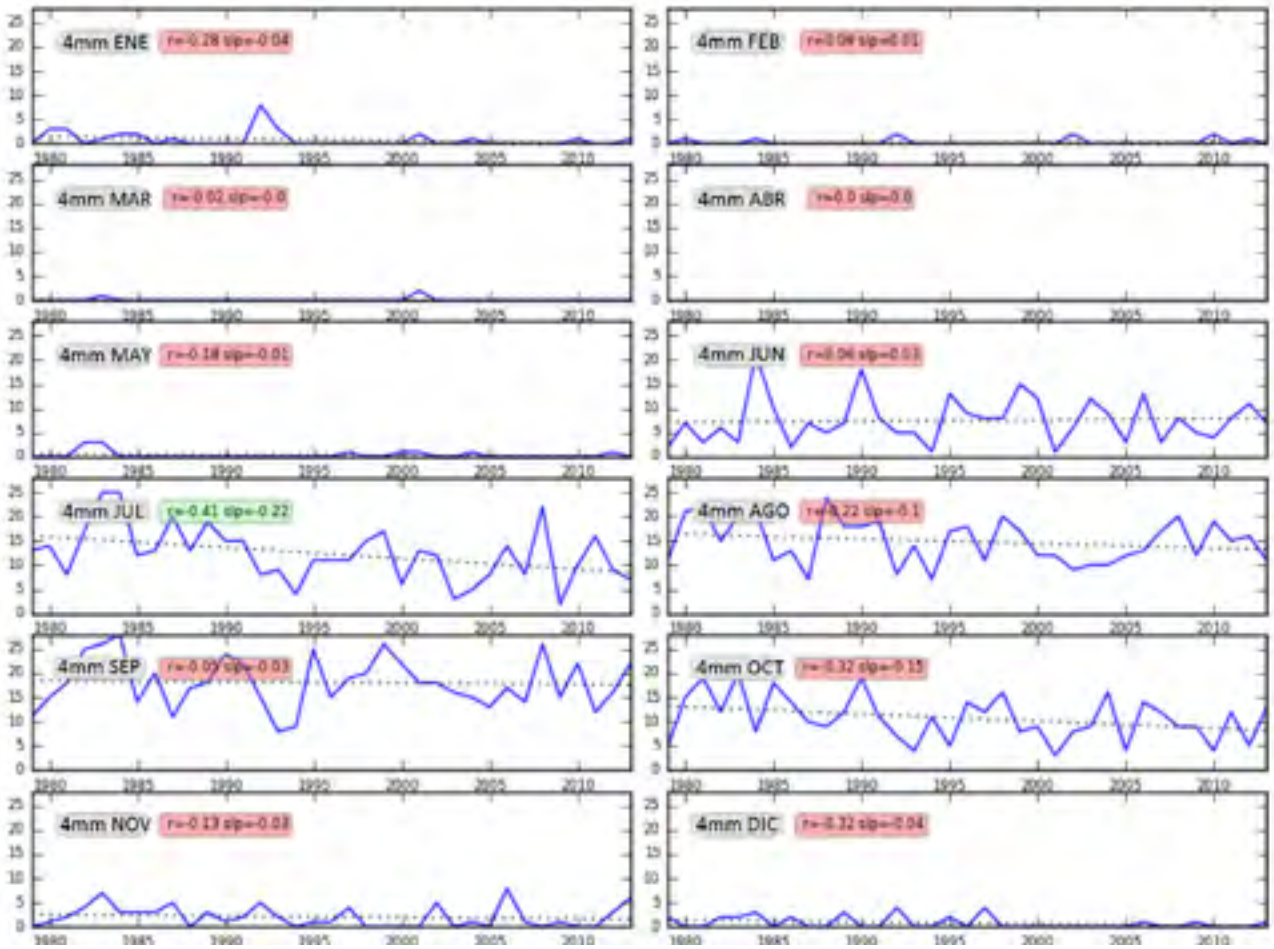


FIGURA 4.25

Con información similar a lo que se muestra en la Figura 4.21 pero con precipitaciones de 5 mm.
(Fuente: autores de este reporte).

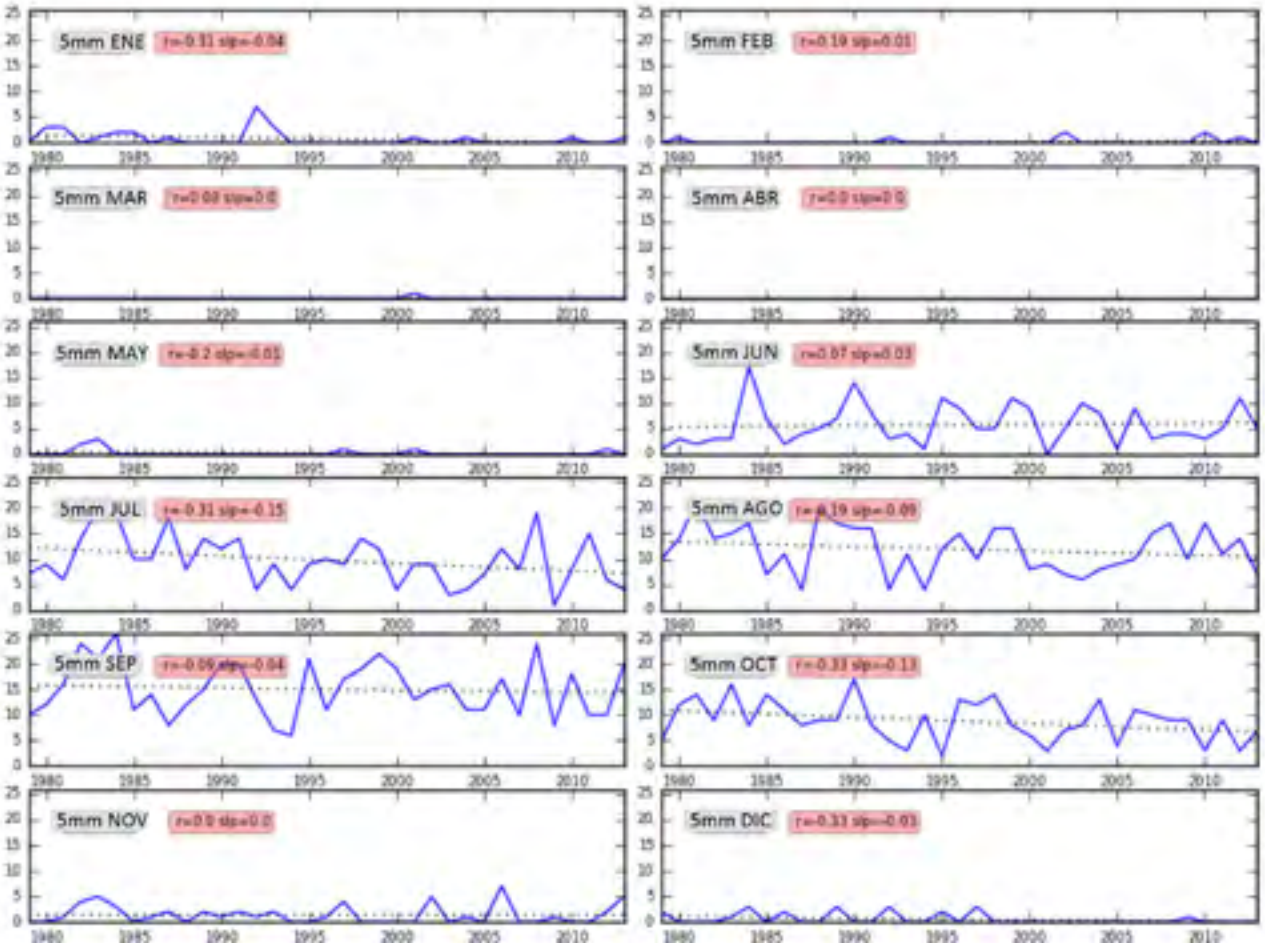


FIGURA 4.26

Con información similar a lo que se muestra en la Figura 4.21 pero con precipitaciones de 6 mm.
(Fuente: autores de este reporte).

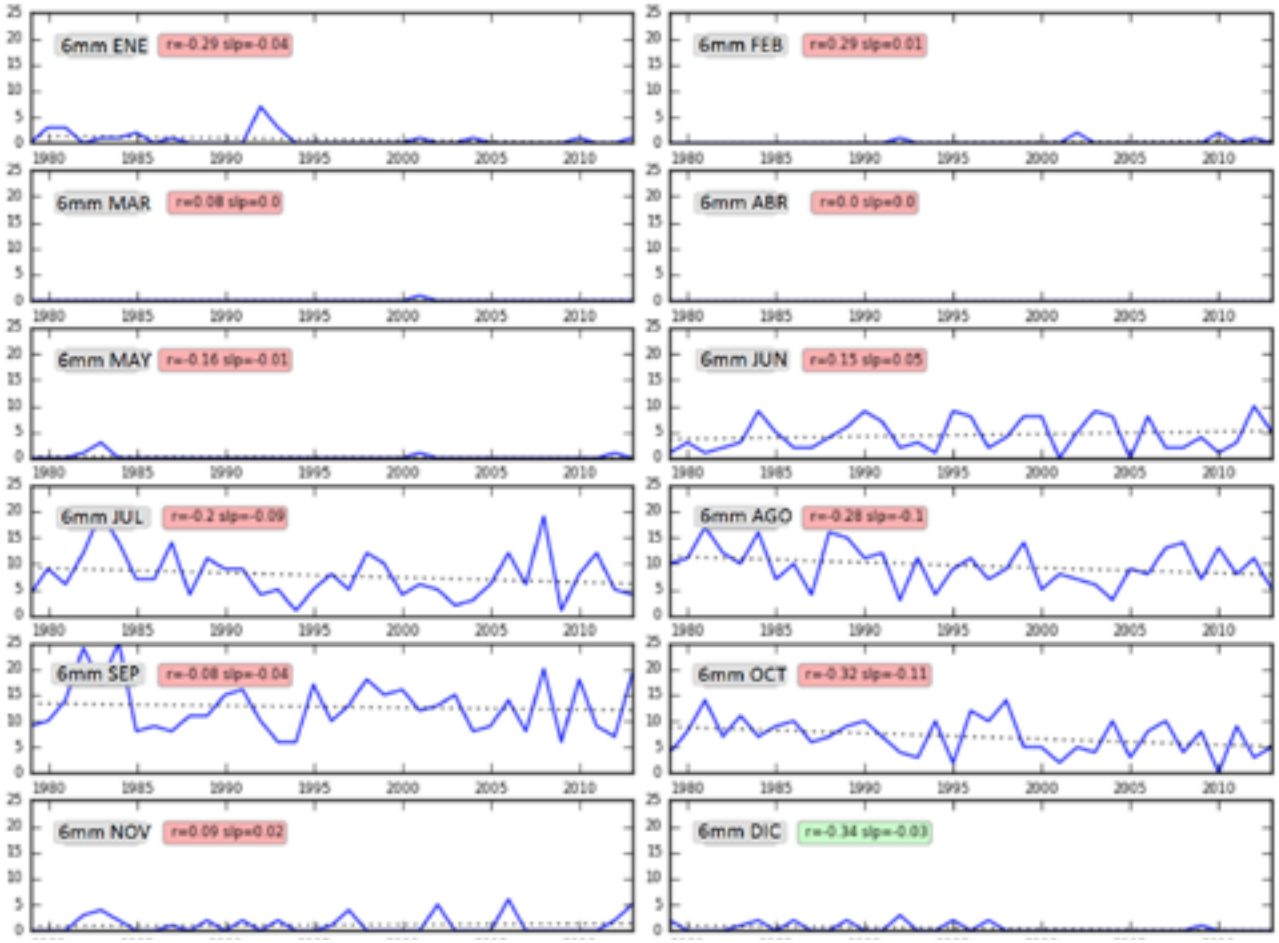


FIGURA 4.27

Con información similar a lo que se muestra en la Figura 4.21 pero con precipitaciones de 7 mm.
(Fuente: autores de este reporte).

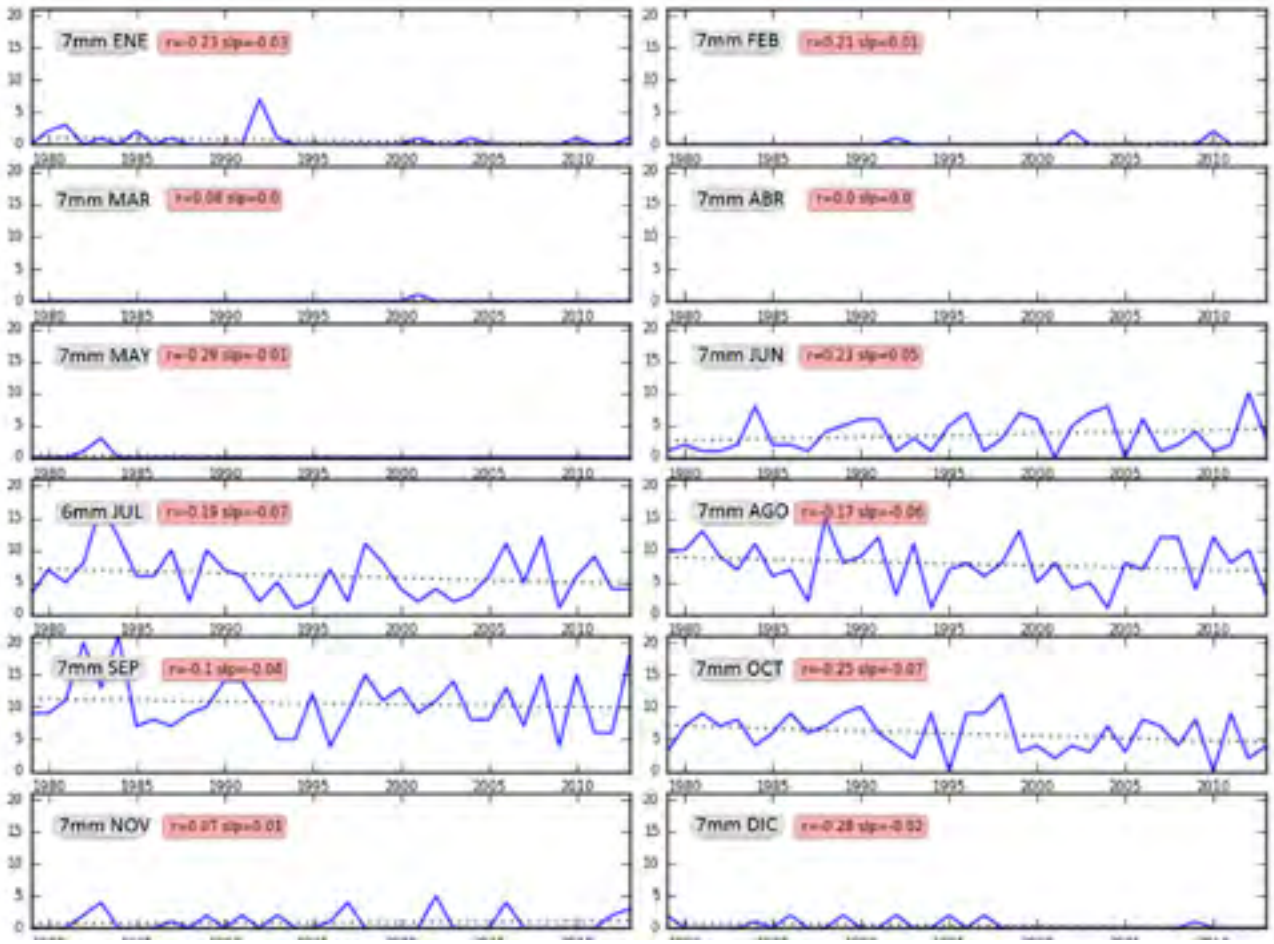


FIGURA 4.28

Con información similar a lo que se muestra en la Figura 4.21 pero con precipitaciones de 8 mm.
(Fuente: autores de este reporte).

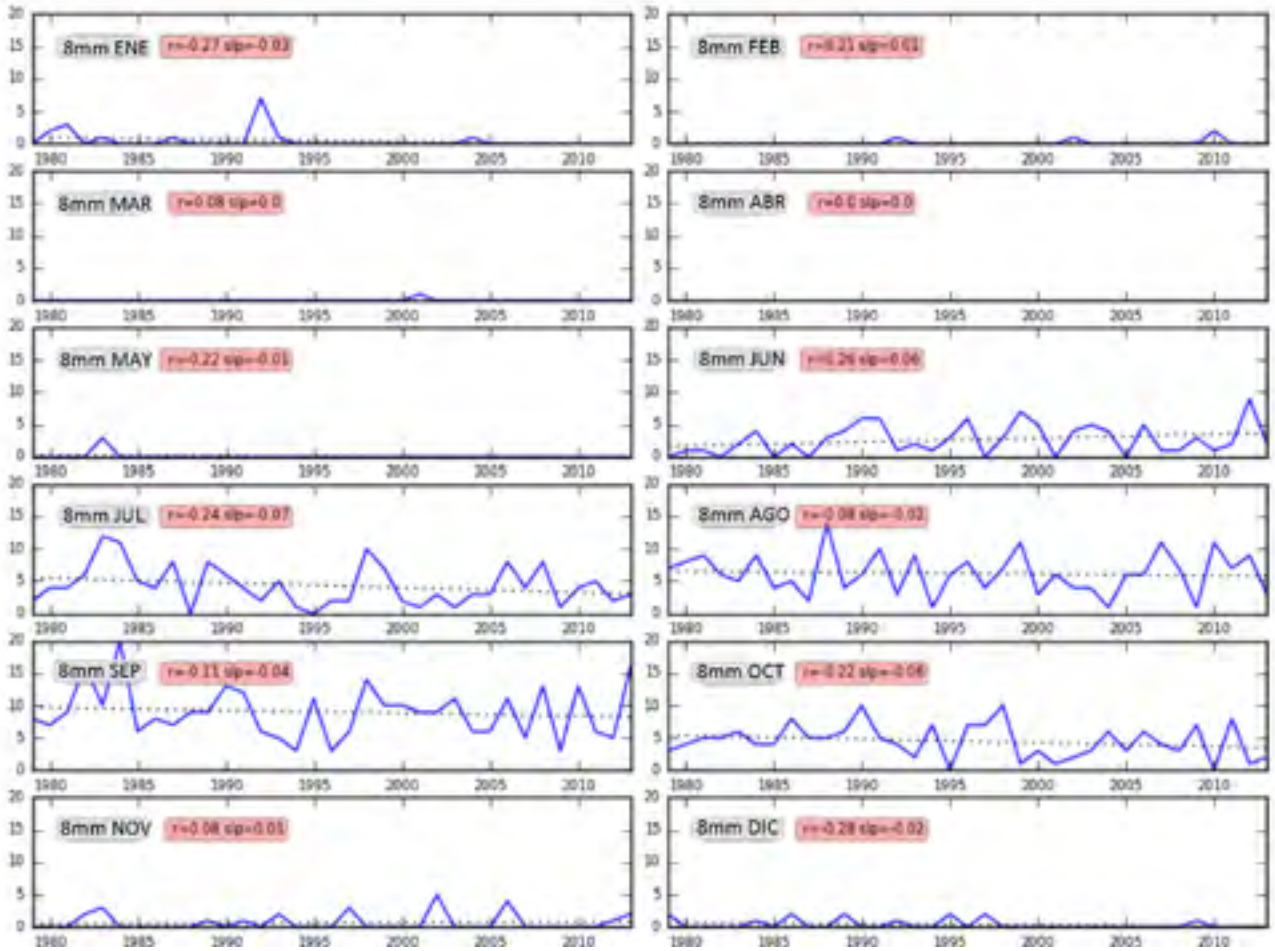


FIGURA 4.29

Con información similar a lo que se muestra en la Figura 4.21 pero con precipitaciones de 9 mm.
(Fuente: autores de este reporte).

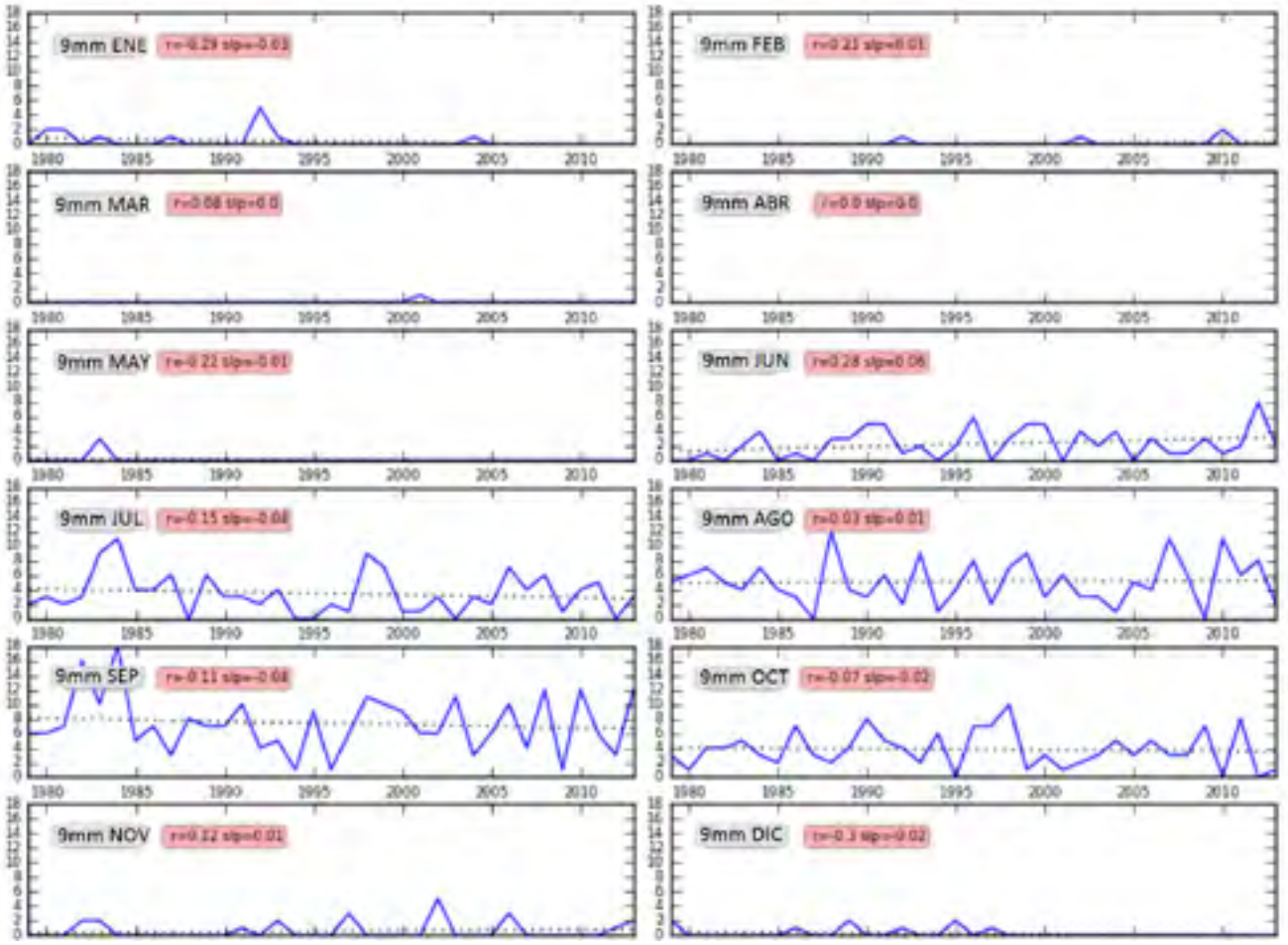


FIGURA 4.30

Con información similar a lo que se muestra en la Figura 4.21 pero con precipitaciones de 10 mm.
(Fuente: autores de este reporte).

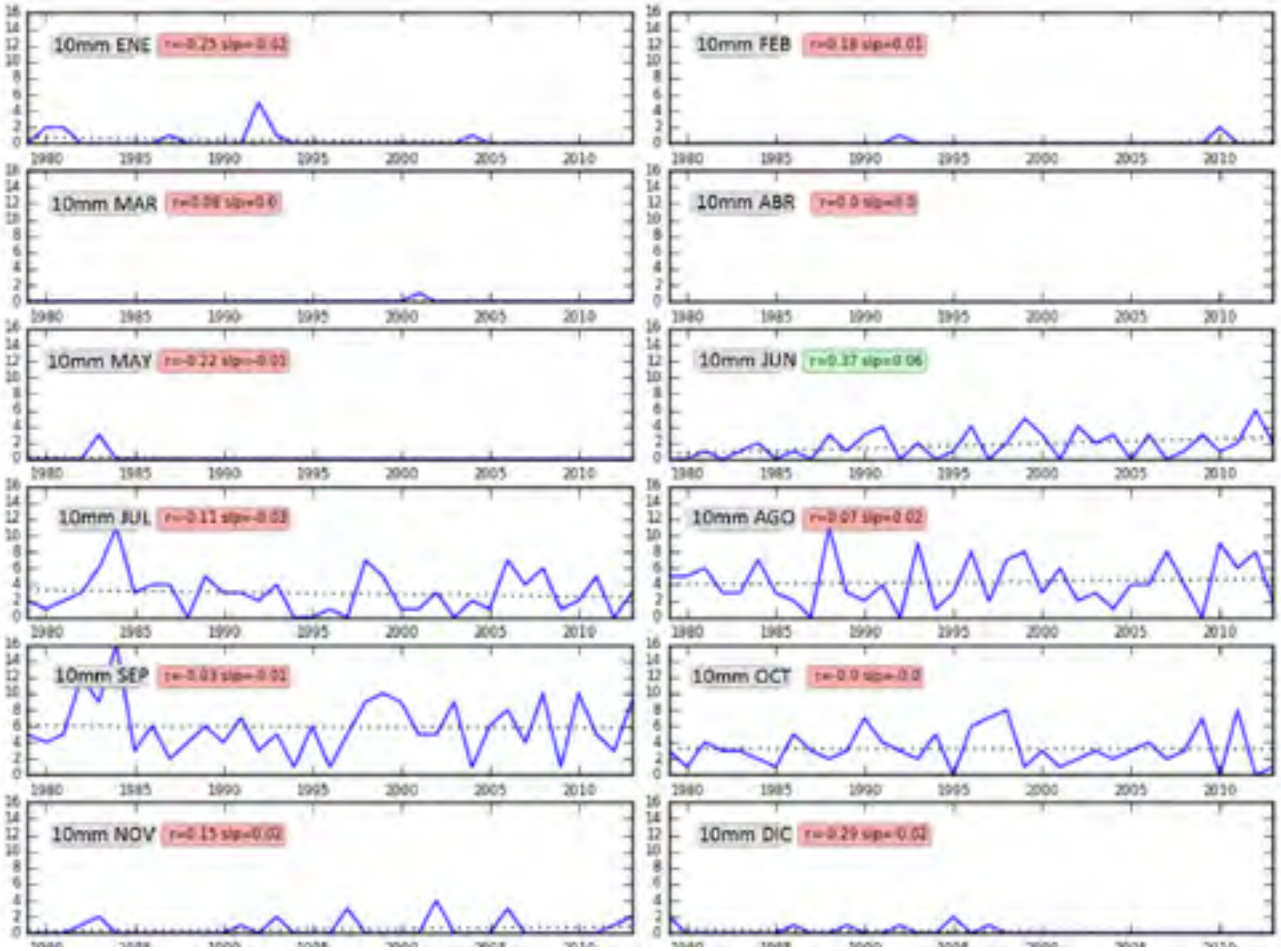


FIGURA 4.31

Con información similar a lo que se muestra en la Figura 4.21 pero con precipitaciones de 20 mm. (Fuente: autores de este reporte). **Enfoque respecto a la priorización del riesgo**

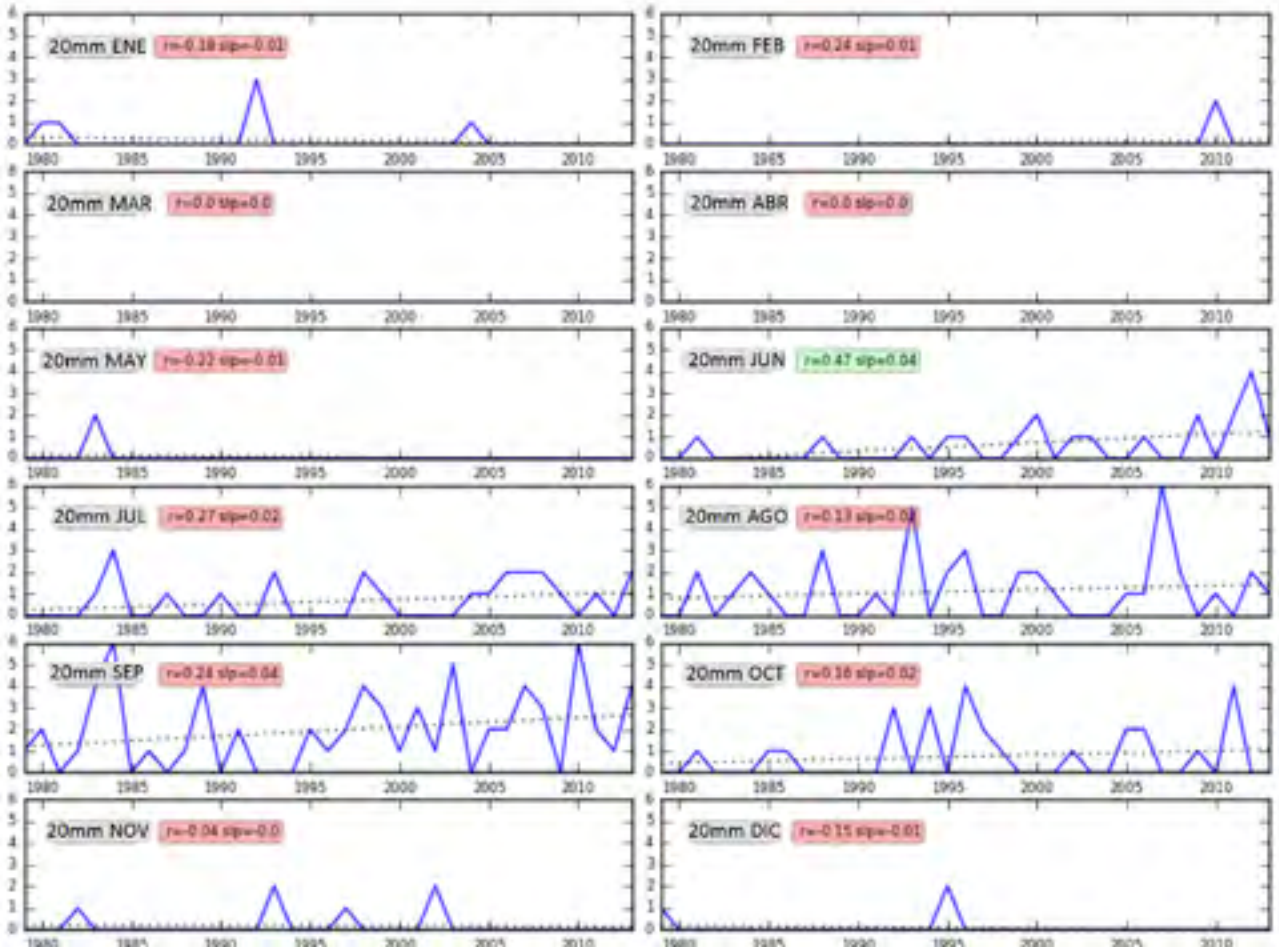


TABLA 4.1

Lista completa de los modelos climáticos de CMIP5 usada para analizar el cambio climático

ACCESS1.0	CSIRO-Mk3 6.0	HadGEM AO
ACCESS1.3	CSIRO-Mk3L-1-2	HadGEM2 CC
Bcc-csm1.1	EC-EARTH	HadGEM2-ES
Bcc-csm1.m	FGOALS-g2	Inmcm4
BNU-ESM	FIO-ESM	IPSL-CM5A-MR
CanESM2	GFDL-CM3	IPSL CM5B LR
CCSM4	GFDL-ESM2G	MIROC5
CESM-BGC	GFDL-ESM2M	MIROC-ESM
CESM-CAM5	GISS E2	MIROC-ESM-CHEM
CESM1-WACCM	GISS E2 CC	MPI-ESM-LR
CMCC-CESM	GISS E2 R	MPI-ESM-MR
CMCC-CM	GISS E2 R CC	MRI-CGCM
CMCC-CM5	HadCM3	

FIGURA 4.32

Cambio medio de precipitación en meses/días para RCP 8.5, del conjunto de modelos del Proyecto 5 de Comparación de Modelos acoplados (CMIP5). La columna de la izquierda es diciembre a mayo; la columna de la derecha es junio a noviembre. La fila superior: 2020-2029 menos 1979-2000, La fila de en medio: 2040-2049 menos 1979-2000, La fila inferior: 2070-2079 menos 1979-2000. (Fuente: autores de este reporte).

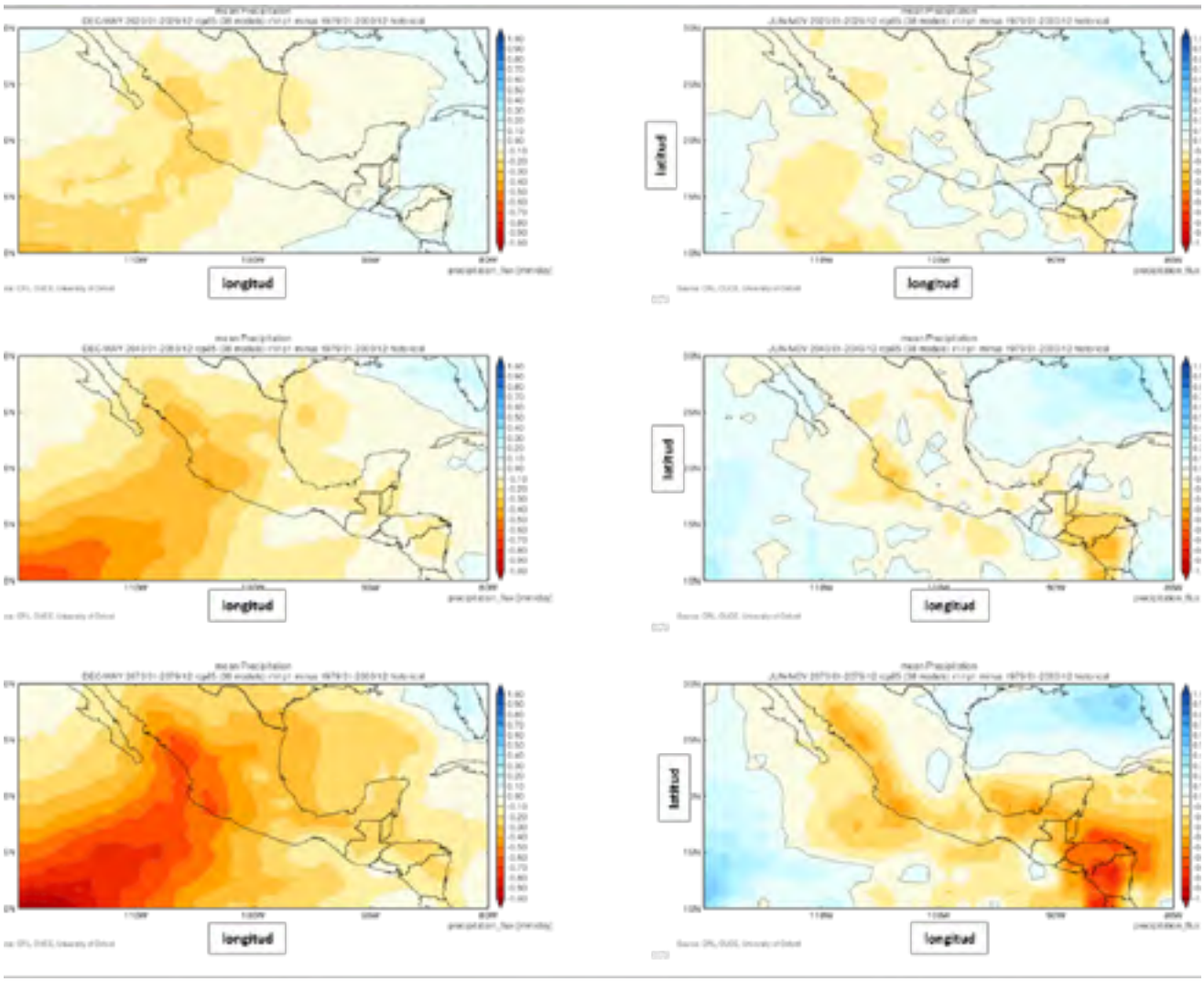


FIGURA 4.33

Cambio medio de precipitación en meses/días para RCP 4.5, del conjunto de modelos del Proyecto 5 de Comparación de Modelos acoplados (CMIP5). La columna de la izquierda es diciembre a mayo; la columna de la derecha es junio a noviembre. La fila superior: 2020-2029 menos 1979-2000, La fila de en medio: 2040-2049 menos 1979-2000, La fila inferior: 2070-2079 menos 1979-2000. (Fuente: autores de este reporte).

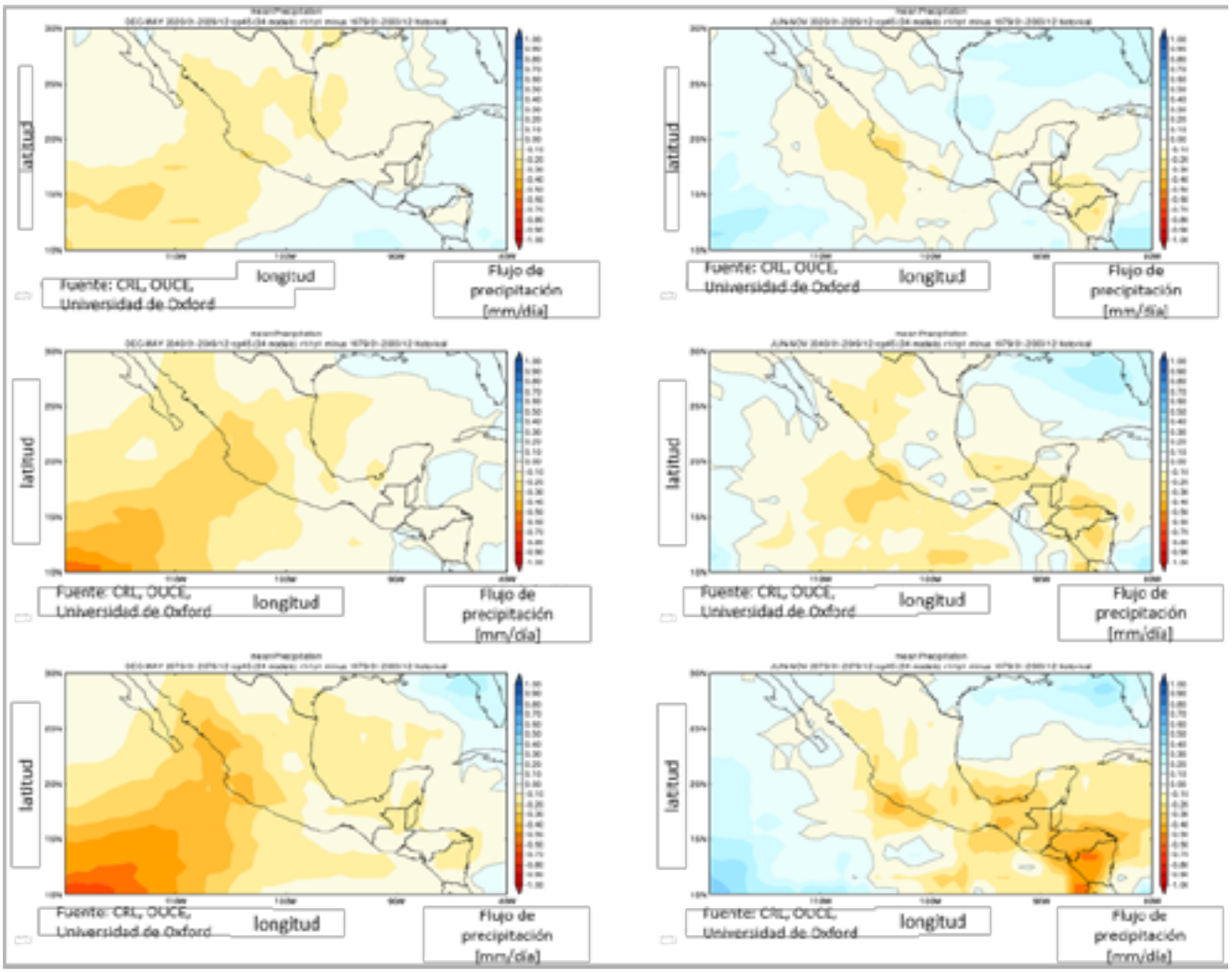


FIGURA 4.34

Cambio medio de la temperatura en grados centígrados para RCP 8.5, del conjunto de modelos del Proyecto 5 de Comparación de Modelos acoplados (CMIP5). La columna de la izquierda es diciembre a mayo; la columna de la derecha es junio a noviembre. La fila superior: 2020-2029 menos 1979-2000, La fila de en medio: 2040-2049 menos 1979-2000, La fila inferior: 2070-2079 menos 1979-2000. (Fuente: autores de este reporte).

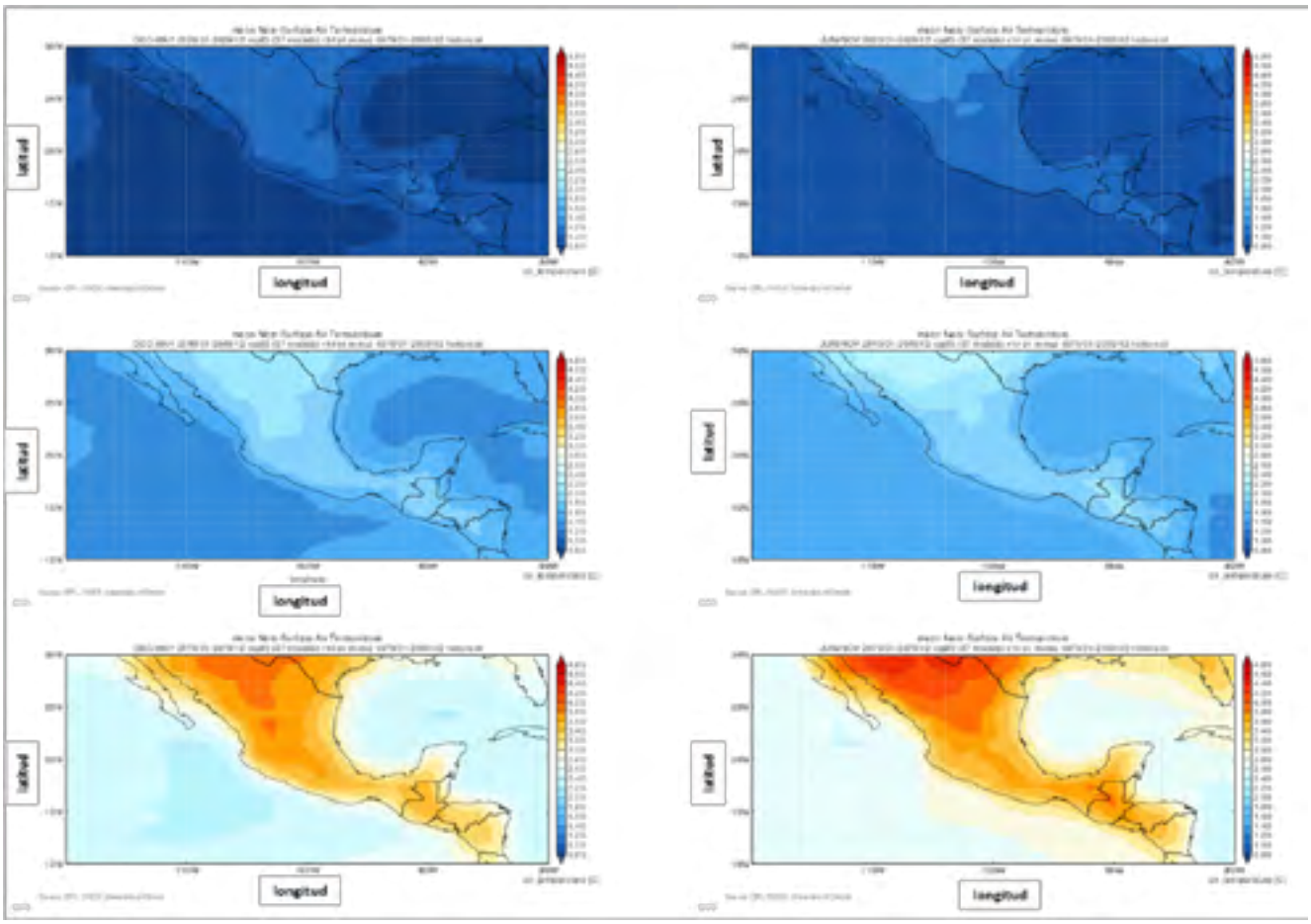


FIGURA 4.35

Cambio medio de la temperatura en grados centígrados para RCP 4.5, del conjunto de modelos del Proyecto 5 de Comparación de Modelos acoplados (CMIP5). La columna de la izquierda es diciembre a mayo; la columna de la derecha es junio a noviembre. La fila superior: 2020-2029 menos 1979-2000, La fila de en medio: 2040-2049 menos 1979-2000, La fila inferior: 2070-2079 menos 1979-2000. (Fuente: autores de este reporte).

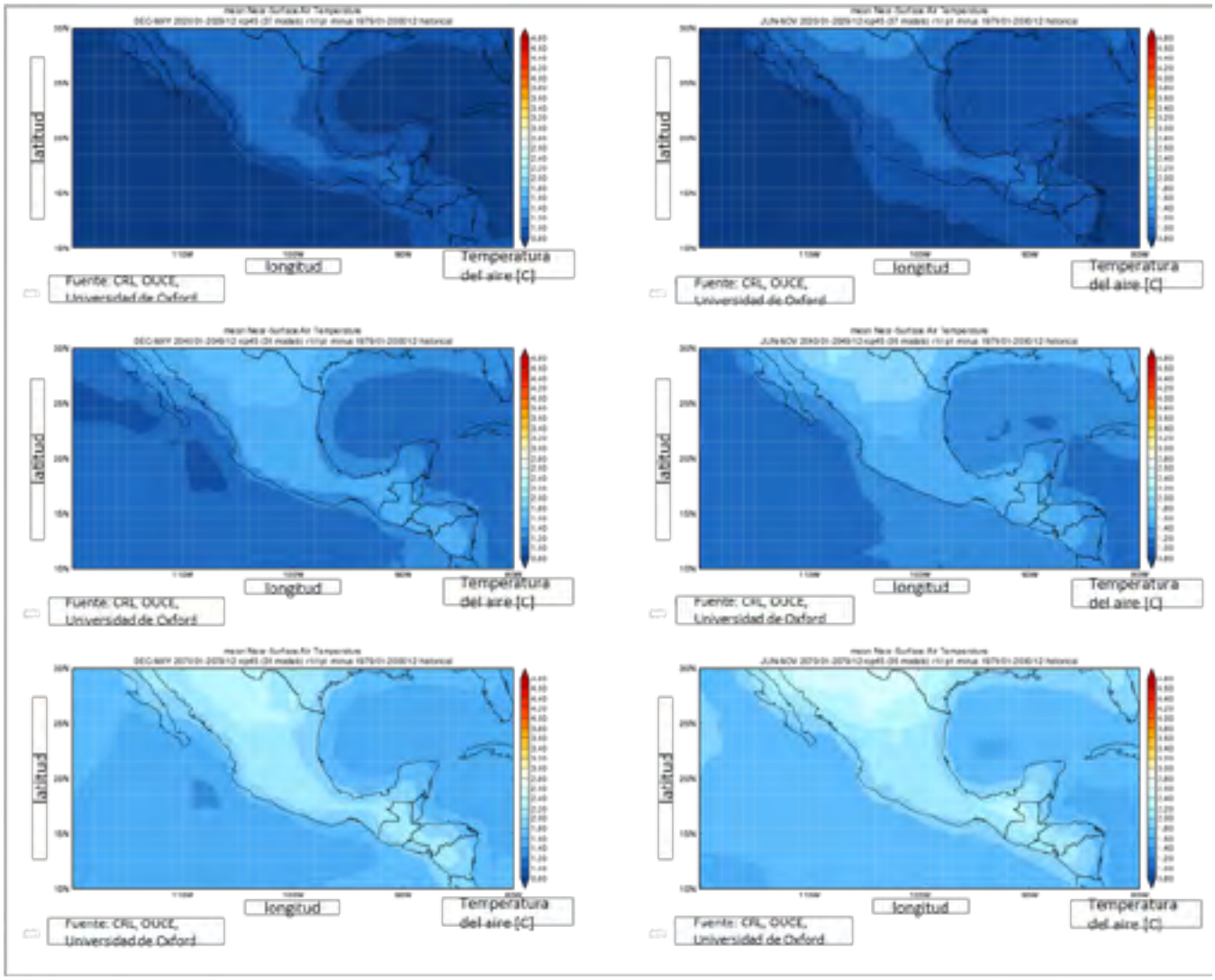


FIGURA 4.36

Cambio medio de la velocidad del viento en m/s para RCP 8.5, del conjunto de modelos del Proyecto 5 de Comparación de Modelos acoplados (CMIP5). La columna de la izquierda es diciembre a mayo; la columna de la derecha es junio a noviembre. La fila superior: 2020-2029 menos 1979-2000, La fila de en medio: 2040-2049 menos 1979-2000, La fila inferior: 2070-2079 menos 1979-2000. (Fuente: autores de este reporte).

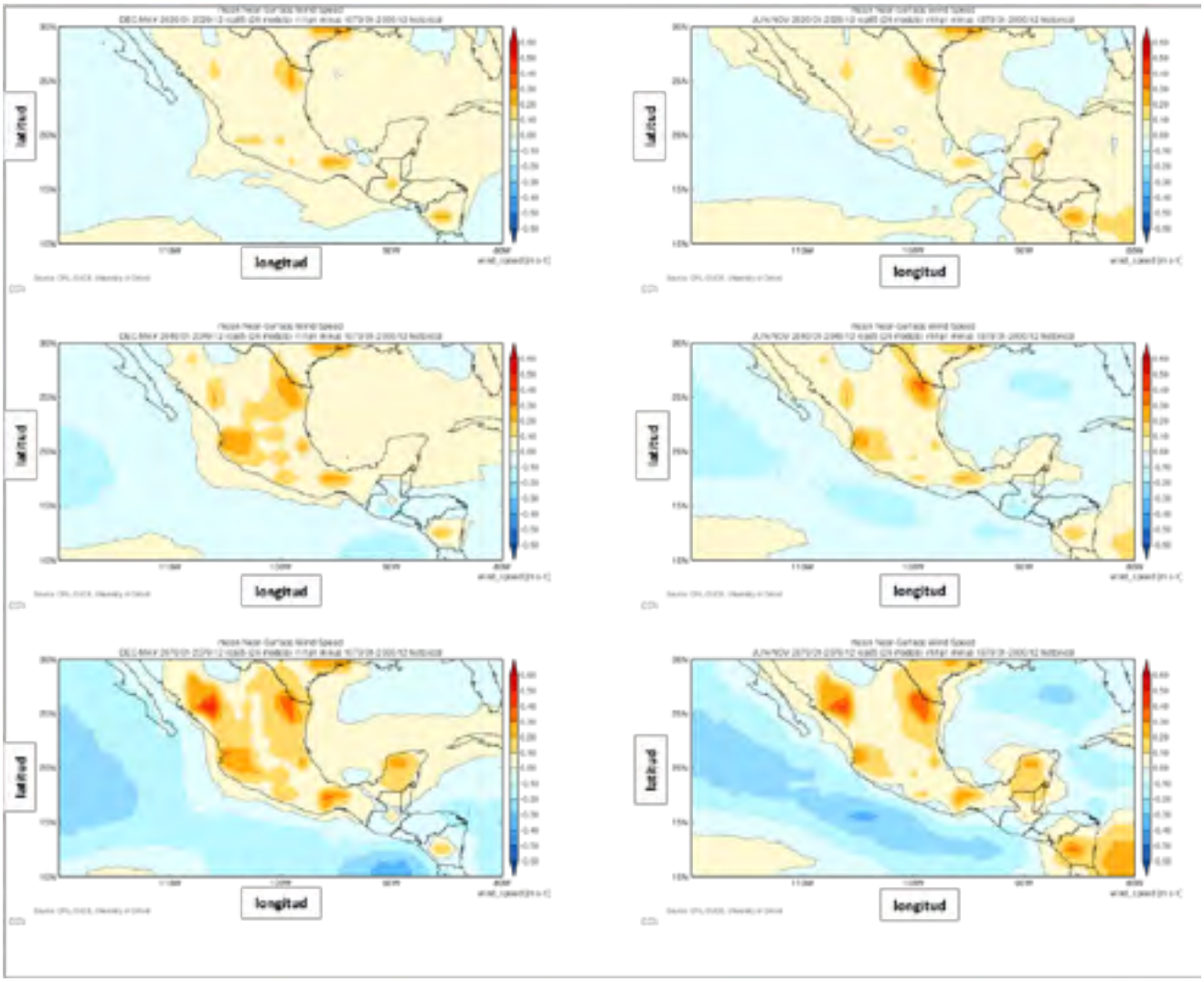


FIGURA 4.37

Cambio medio de la velocidad del viento en m/s para RCP 4.5, del conjunto de modelos del Proyecto 5 de Comparación de Modelos acoplados (CMIP5). La columna de la izquierda es diciembre a mayo; la columna de la derecha es junio a noviembre. La fila superior: 2020-2029 menos 1979-2000, La fila de en medio: 2040-2049 menos 1979-2000, La fila inferior: 2070-2079 menos 1979-2000. (Fuente: autores de este reporte).

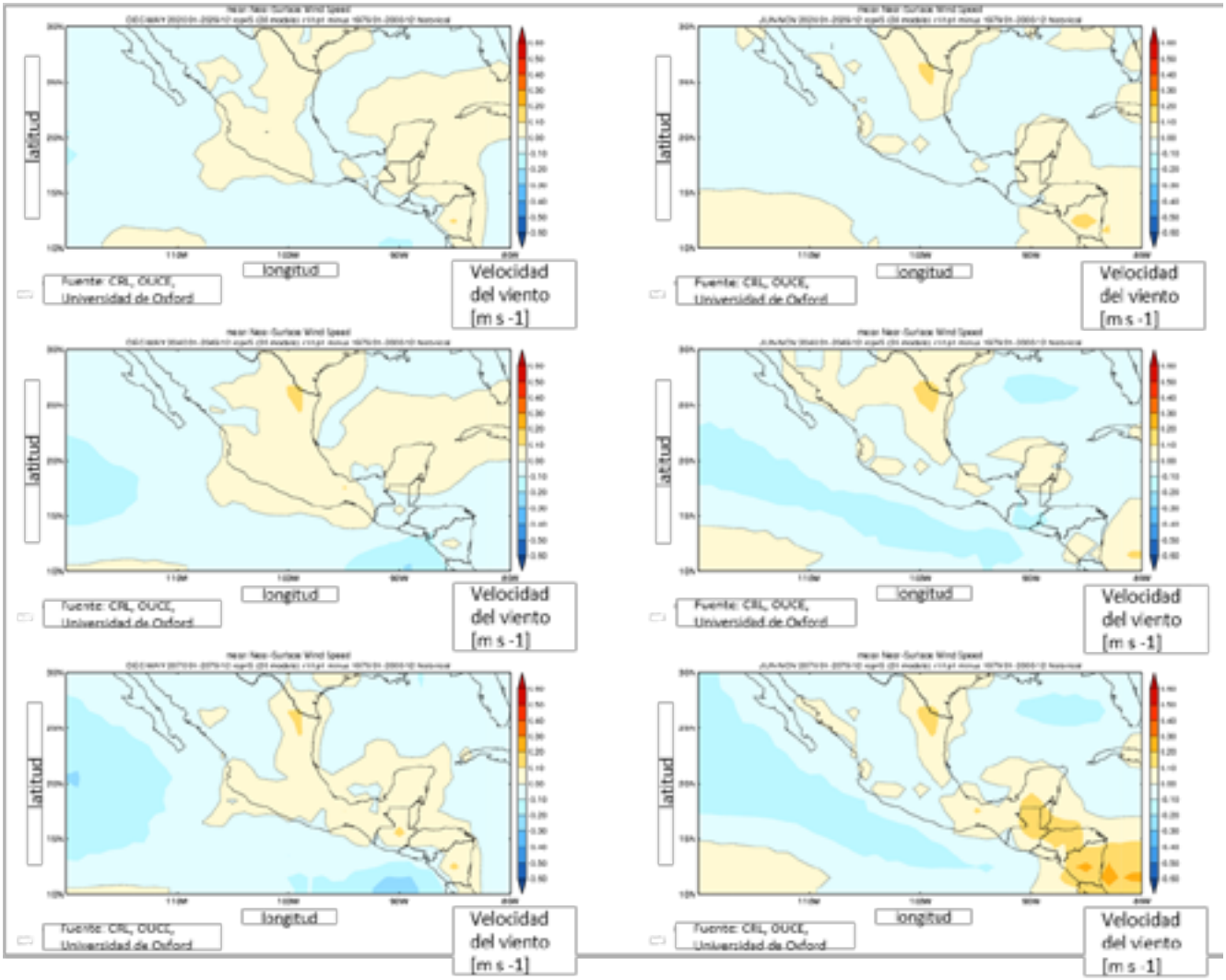


FIGURA 4.38

Gráfica de dispersión de cambio de temperatura (grados centígrados) y cambio de precipitación (mes/día) para los meses de la temporada seca a partir de modelos de CMIP5 forzado con un RCP 8.5 para Manzanillo para la década de 2020s. Los círculos rojos son modelos usados en los escenarios de cambio climático nacional en México. Modelos CMIP5 adicionales se muestran en círculos grises. Los cuadros rojo y gris son la media para los círculos rojo y gris respectivamente. Los cuadros azules son la media para todos los modelos. Las gráficas de dispersión individuales son para los meses que van de diciembre a mayo. (Fuente: autores de este reporte).

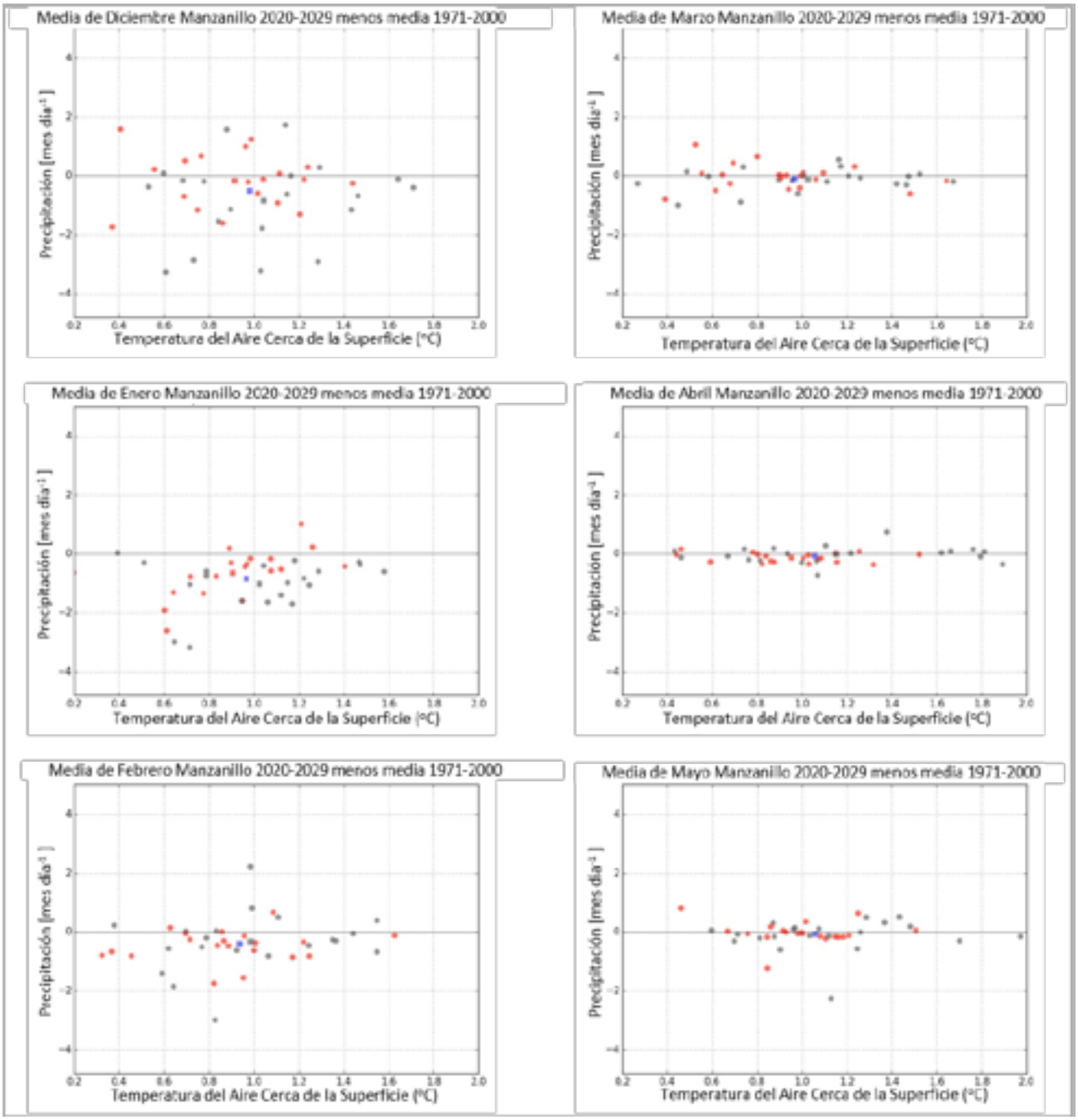


FIGURA 4.39

con información similar a lo que se muestra en la Figura 4.38 pero para los meses de la temporada de lluvias (junio a noviembre). (Fuente: autores de este reporte).

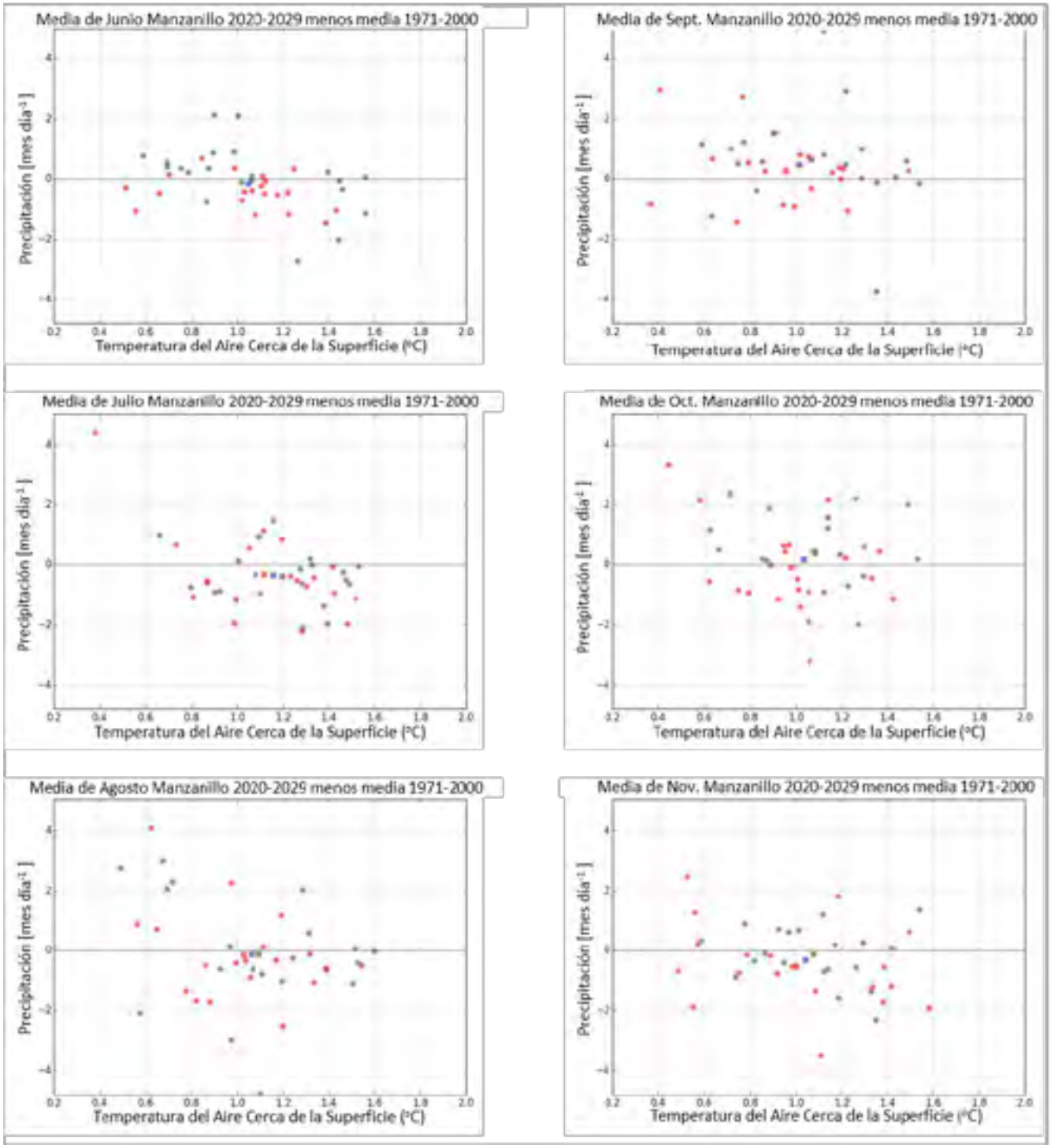


FIGURA 4.40

Gráfica de dispersión de cambio de temperatura (grados centígrados) y cambio de precipitación (mes/día) para los meses de la temporada de secas a partir de modelos de CMIP5 forzado con un RCP 8.5 para Manzanillo para la década de 2040s. Los círculos rojos son modelos usados en los escenarios de cambio climático nacional en México. Modelos CMIP5 adicionales se muestran en círculos grises. Los cuadros rojo y gris son la media para los círculos rojo y gris respectivamente. Los cuadros azules son la media para todos los modelos. Las gráficas de dispersión individuales son para los meses que van de diciembre a mayo. (Fuente: autores de este reporte).

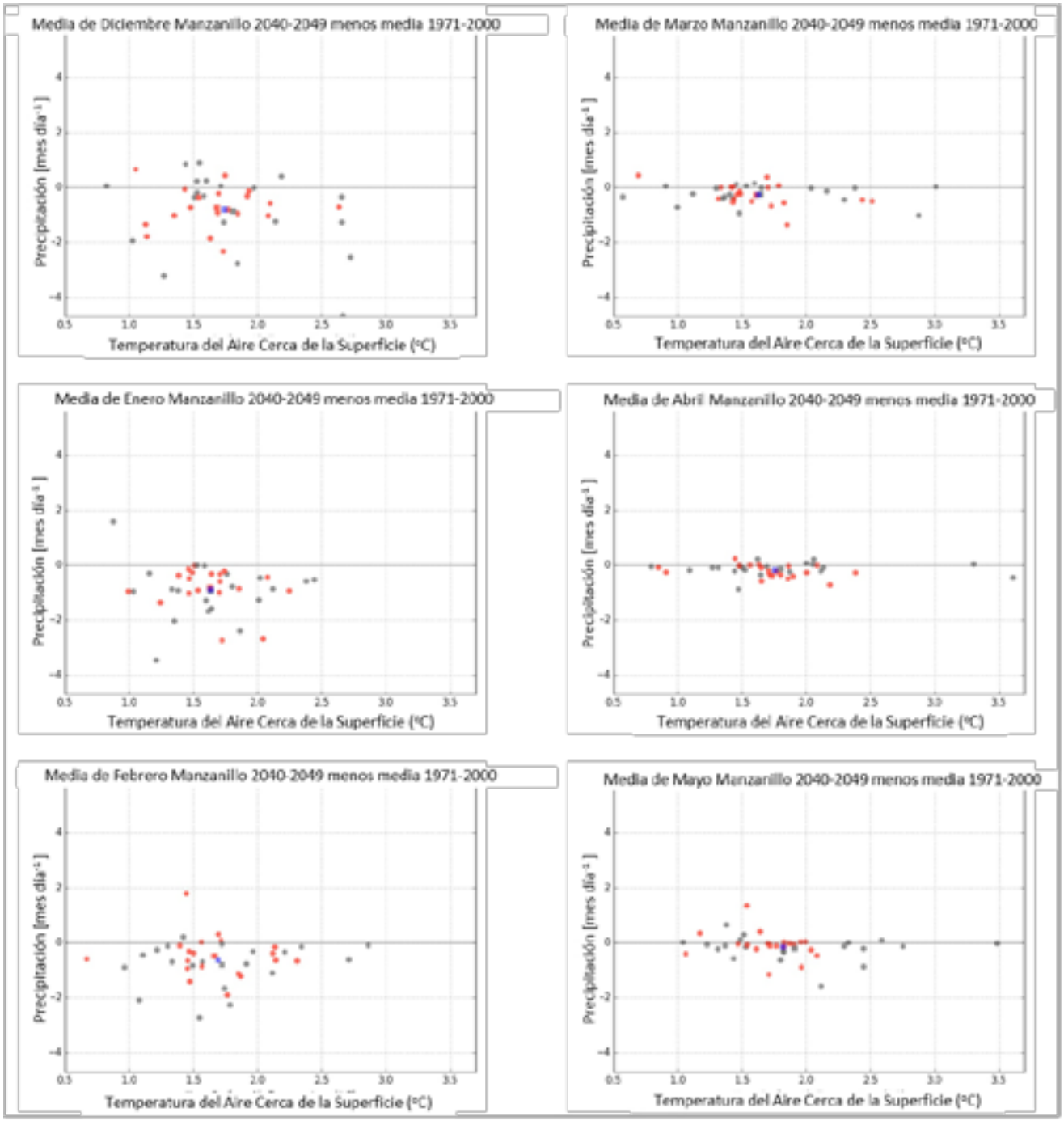


FIGURA 4.41

con información similar a lo que se muestra en la Figura 4.40 pero para los meses de la temporada de lluvias (junio a noviembre). (Fuente: autores de este reporte).

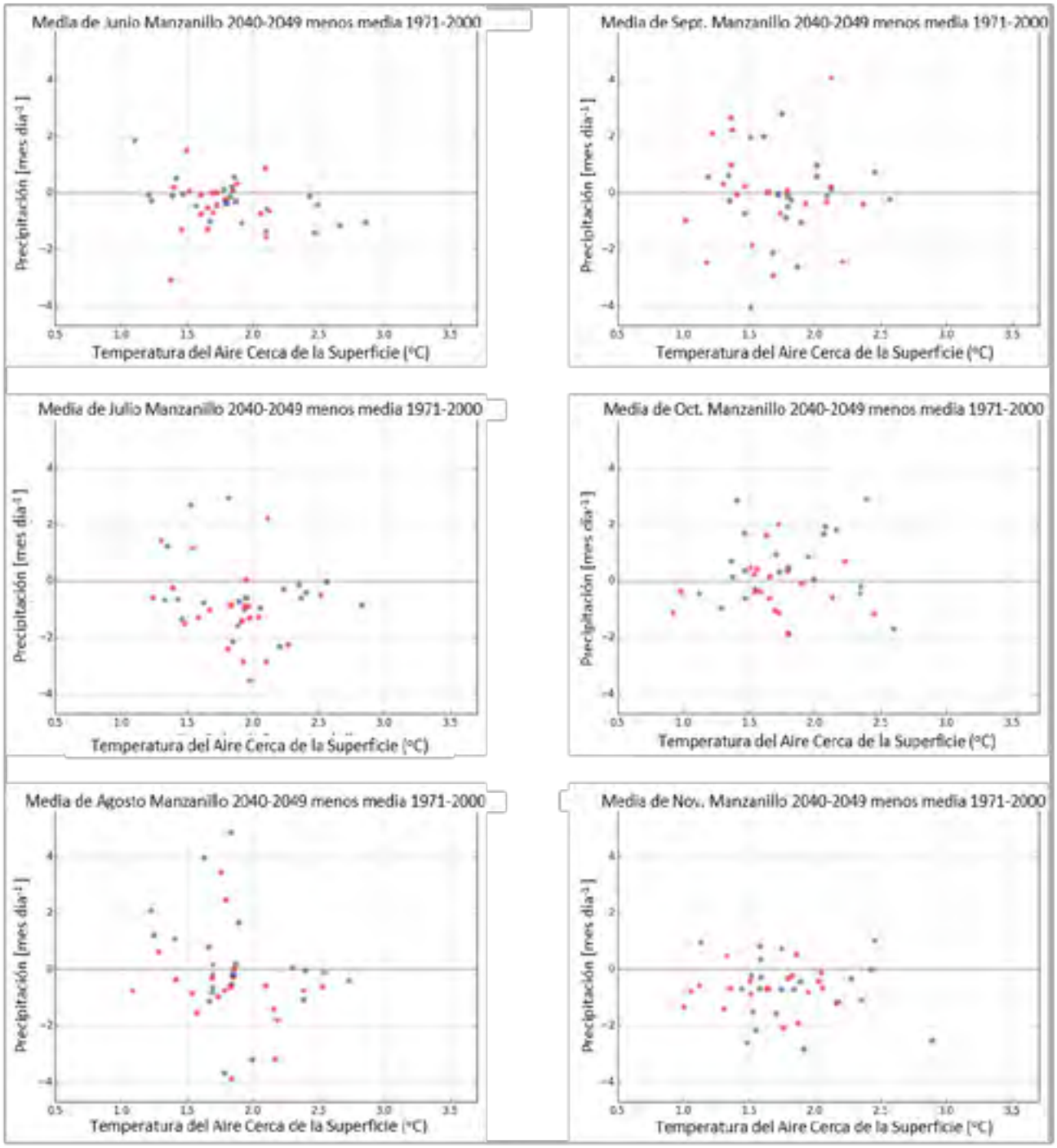


FIGURA 4.42

Gráfica de dispersión de cambio de temperatura (grados centígrados) y cambio de precipitación (mes/día) para los meses de la temporada de secas a partir de modelos de CMIP5 forzado con un RCP 8.5 para Manzanillo para la década de 2070s. Los círculos rojos son modelos usados en los escenarios de cambio climático nacional en México. Modelos CMIP5 adicionales se muestran en círculos grises. Los cuadros rojo y gris son la media para los círculos rojo y gris respectivamente. Los cuadros azules son la media para todos los modelos. Las gráficas de dispersión individuales son para los meses que van de diciembre a mayo. (Fuente: autores de este reporte).

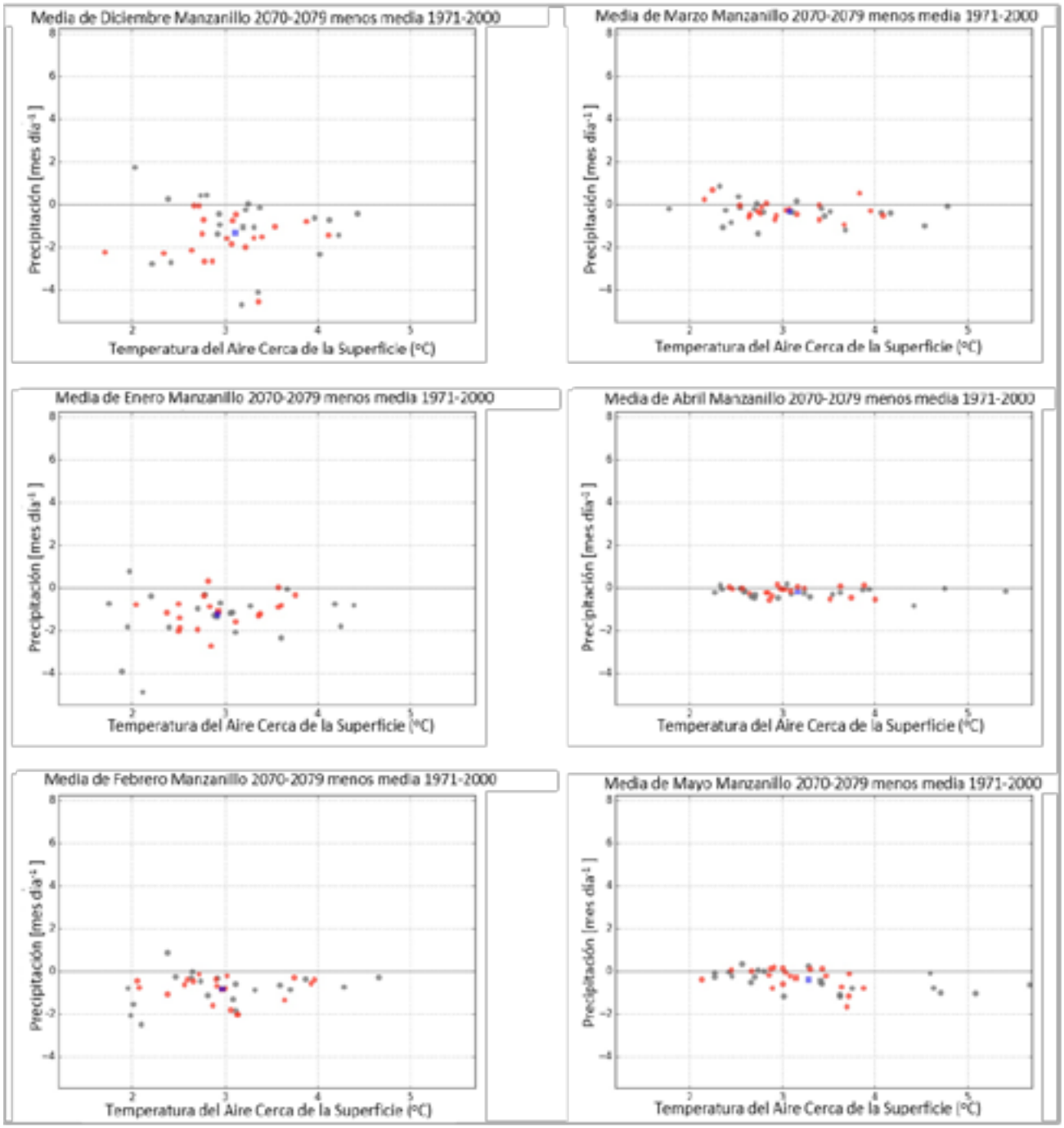


FIGURA 4.43

con información similar a lo que se muestra en la Figura 4.42 pero para los meses de la temporada de lluvias (junio a noviembre). (Fuente: autores de este reporte).

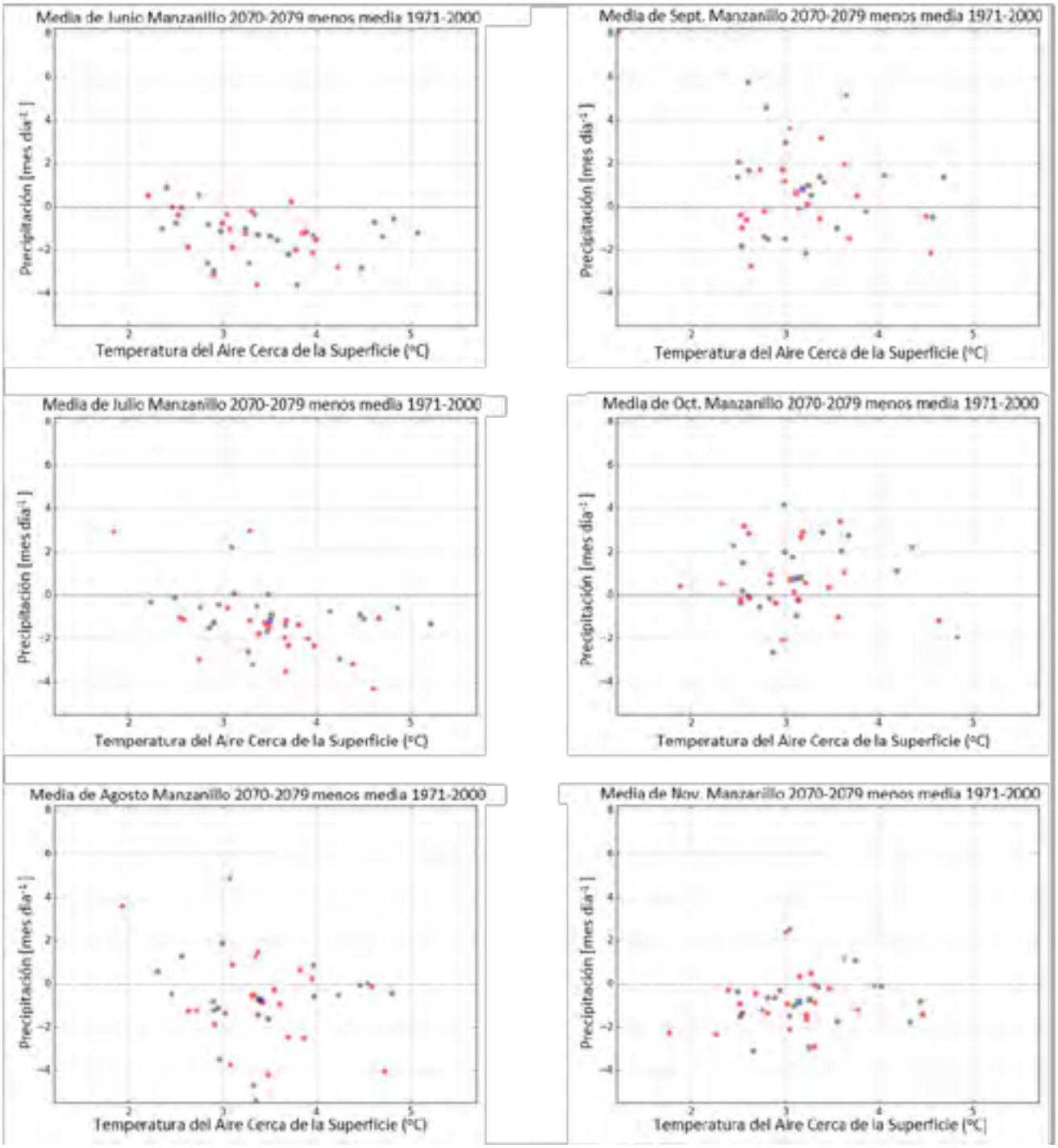


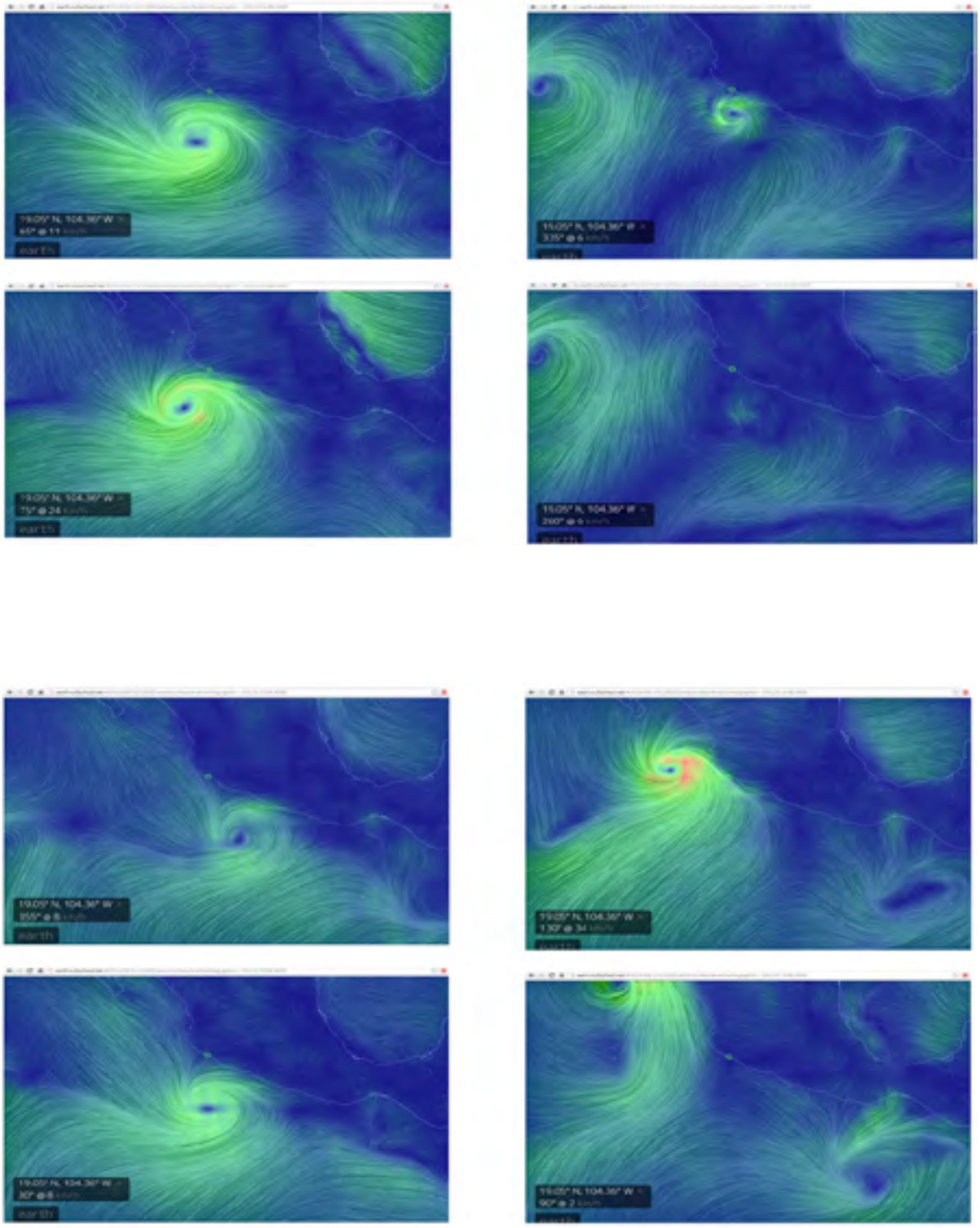
FIGURA 4.44

Trayectorias de las tormentas tropicales durante 2014 *que no* limitaron la disponibilidad de uso de las instalaciones de PEMEX. (Fuente: AccuWeather.com).

Continuación: Trayectorias de las tormentas tropicales en 2014 *que no* limitaron la disponibilidad de uso de las instalaciones de PEMEX

FIGURA 4.45

Vientos cerca de la superficie a partir de una muestra de días durante 2014 en los cuáles las instalaciones de PEMEX en Manzanillo estuvieron inoperantes. Columna izquierda: 10, 11, 12, 13 de septiembre de 2014. Columna derecha: 14 y 15 de septiembre, 1 y 2 de julio de 2014. (Fuente: http://earth.nullschool.net/1).



5.1 Impactos potenciales del cambio climático en el diseño de flujos en el Puerto de Manzanillo

5.1. Introducción

El objetivo de esta evaluación es la de estimar los posibles impactos del cambio climático en la probabilidad de inundaciones en el Puerto de Manzanillo. El análisis se enfoca en las inundaciones que resultan de la sobrecarga del afluente del arroyo Camotlán, para el cual se registraron inundaciones en 2011, 2012 y 2014. El arroyo Camotlán desfoga a través del colector 3 (Figura 5.1).

Para propósitos de este estudio, el tamaño del flujo se puede dimensionar de acuerdo a los flujos máximos calculados para la captación del colector 3. Se ha desarrollado un método para proporcionar una primera aproximación del cambio en magnitud de los flujos máximos para esta captación debido al cambio climático. Los documentos del Panel Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático de la ONU relacionados al Quinto Informe de Evaluación (IPCC AR5) son usados para las proyecciones del cambio climático y la discusión que le acompaña.

Los resultados respectivos pueden extrapolarse a otros puntos de captación de interés dentro del área del puerto; también son usados como parte de una discusión cualitativa acerca del tema de la acumulación de sedimento en el área del puerto.

FIGURA 5.1

Captación del Puerto de Manzanillo y del Arroyo Camotlán. (Fuente: CONAGUA, 20142).

5.2. Cambios en los flujos máximos en la captación del Colector 3

Las características de captación y los valores máximos de descarga fueron determinados con un modelo usado por la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). Dentro de este modelo, la Fórmula Racional fue usada para estimar la descarga máxima para varios periodos de retorno para el Colector 3. Debe tomarse en cuenta que se considera que el área de captación delineada de 39.4 km^2 se encuentra en el límite superior para poder aplicar la Formula Racional.3. El coeficiente de escorrentía de la captación se estima en 0.25.

Para obtener la intensidad de la precipitación en la zona de captación, el tiempo de captación de concentración se estimó usando la ecuación Kirpich:

$$T_C = 0.0663*(L/S^{0.5})^{0.77} \qquad (1)$$

Donde T_C es el tiempo de concentración en minutos, L es la longitud del canal a partir de la divisoria y hasta la alcantarilla (en km), y S es la pendiente promedio del canal (m/m). Se estima que L y S valen 11.7 km y 0.069, respectivamente. TC se calculó por tanto que fuera igual a 70 minutos. Debe tomarse en cuenta que mientras que la ecuación Kirpich fue usada para esta evaluación, la misma se desarrolló para ser usada en áreas de captación que miden hasta 80 ha.

La Tabla 5.1 muestra las intensidad de lluvias y el flujo máximo estimado para varios periodos de retorno en relación a la captación del colector 3.

TABLA 5.1

Intensidades de Precipitación Estimadas y flujos para varios periodos de retorno en relación a la captación del Colector 3. (Fuente: autores de este reporte).

Periodos de Retorno (años)	Intensidad (mm/hr)	Q_{max} (m^3/s)
2	38.3	107
5	58.8	165
10	74.3	208
20	89.8	252
50	110.3	309
100	125.1	350
200	141.3	396

Estimar el máximo de descargas para el área de captación del Colector 3 producto del cambio climático requiere una evaluación de los cambios potenciales en la intensidad de las precipitaciones tal y como se proyectaron bajo el cambio climático. Esto hace necesario un análisis de la información de la frecuencia de duración de la intensidad (IDF por sus siglas en inglés) para el área, la cual depende de las proyecciones de precipitación extremas.

5.3. Retos con la estimación de IDF futura

En el 5to reporte de evaluación del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC AR5 por sus siglas en inglés), los Itinerarios Representativos de Concentración (representative concentration pathways o RCP por sus siglas en inglés) son usados para representar escenarios potenciales de emisiones de gases de invernadero (GHG). Los RCPs son usados para la corrida de modelos de clima global (global climate models o GCMs por sus siglas en inglés) que traen como resultado proyecciones para parámetros tales como temperatura y precipitación para periodos de tiempo futuros. Las proyecciones sugieren que en el futuro, habrá un giro a eventos de tormenta más intensos y menor número de eventos de tormenta débil4.

Aunque están surgiendo métodos para actualizar la información de IDF que toman en cuenta el cambio climático5, la habilidad de los GCMs para proyectar cambios en precipitaciones extremas es un tanto limitada. Dentro de las fuentes de incertidumbre se encuentran:

- Los GCMs generalmente no producen una climatología de precipitación diaria que coincida con la observada6;
- Los extremos de precipitación se encuentran asociados con la coincidencia de patrones de clima específicos, para los cuáles el periodo de retorno y la persistencia no se entienden bien (Boucher et al 2013); y
- Los GCMs simulan componentes termodinámicos mejor que la simulación que hacen de componentes dinámicos. Por tanto, las proyecciones pudieran ser más precisas para algunas áreas del globo (por ejemplo fuera de los trópicos) en comparación con otras (por ejemplo los trópicos)7.

En comparación con las proyecciones de precipitación extrema, existe una mayor confianza en las simulaciones de modelo de los GCM para la precipitación total8. Sin embargo, una relación entre los cambios en la precipitación total y la precipitación extrema no ha sido todavía identificada9. Generalmente, se espera que la frecuencia y la intensidad de los eventos de precipitación extrema sufran un incremento mayor al de las precipitaciones totales. Por ejemplo, los investigadores en Canadá10 observaron que para una estación climatológica en el Noroeste de la Columbia Británica en Canadá, se proyecta que el evento de lluvia de 1 en 25 años en un espacio de 24 horas tenga un incremento de 25%. En contraste, se proyecta que las precipitaciones anuales promedio tengan un incremento por una cantidad menor, o aproximadamente 6% anual para la década de 2050s.

5.4. Intensidad de las precipitaciones y estimados de flujo máximo

Para la región de Centro América / México bajo el escenario de RCP 4.5, se proyecta que la precipitación anual decrezca hasta en un 10%11. Sin embargo, para la misma región, se proyecta que el valor de retorno medio de 20 años para una precipitación de 24 horas crezca en aproximadamente 8% para el periodo 2046-2065 (2050s) y aproximadamente 10% para el periodo 2081-2100 (2080s)12.

Para los propósitos de esta evaluación de alto nivel, los incrementos de precipitación extrema proyectados mencionados anteriormente fueron aplicados a los valores de la Tabla 5.1. Nótese que el crecimiento escalonado que ha sido proyectado para las tormentas de 24 horas en 20 años se aplicó a los otros periodos de retorno de precipitaciones. Sin embargo, basado en la experiencia de investigadores en Canadá13 para la estación climatológica en la Columbia Británica, se observó que se proyectó que variaran los cambios en la intensidad de las precipitaciones para cada duración y periodo de retorno, dependiendo del resultado del modelo de RCP. Por tanto, los números de la Tabla 5.2 representan solamente los cambios posibles en los valores de IDF y deben ser tomados en cuenta con la debida precaución.

La función lineal de la Fórmula Racional significa que se proyecta que los valores de descarga máximos dentro del periodo de retorno crezcan en una proporción equivalente al cambio en la intensidad de las precipitaciones, a saber 8% para la década de 2050s y de 10% para la de 2080s. La

Tabla 5.2 compara las descargas máximas estimadas para el periodo de retorno para el área de captación del Colector 3 para los distintos periodos de retorno y para periodos de tiempo futuros.

TABLA 5.2

Proyecciones de descarga máxima en el periodo de retorno para el área de captación del Colector 3.
(Fuente: autores de este reporte).

	Histórica		2050s		2080s	
Periodo de Retorno (años)	I70 (mm/hr)	Qp (m^3/s)	I70 (mm/hr)	Qp (m^3/s)	I70 (mm/hr)	Qp (m^3/s)
2	38.3	107	41	116	42	118
5	58.8	165	64	178	65	181
10	74.3	208	80	225	82	229
20	89.8	252	97	272	99	277
50	110.3	309	119	334	121	340
100	125.1	350	135	379	138	386
200	141.3	396	153	428	155	435

5.5. Cambios en las tasas de sedimentación

La descarga de sedimento varía proporcionalmente con la descarga de flujo, por ejemplo de acuerdo a la Ecuación 2 (Maidment 1993):

$$Q_s = Q \times C_s \times k \qquad (2)$$

En donde Q_s es la descarga de sedimento (toneladas/día), Q es la descarga de agua, CS es la concentración de sedimento suspendido y k = 86.4 (asumiendo una gravedad específica del sedimento de 2.65).

De acuerdo al conocimiento del autor, actualmente no existen estimados de concentraciones de sedimento dentro del área de captación del Colector 3; por tanto, los estimados en el potencial para cambios en las descargas de sedimento bajo el cambio climático se limitan a la siguiente discusión cualitativa.

De acuerdo a la Ecuación 2, es probable que al aumentar los flujos máximos esto traiga consigo un incremento en la carga de sedimento. Sin embargo, se desconoce hasta qué grado se puede dar un incremento; si los cambios en el IDF y en los flujos máximos no afectan las concentraciones de sedimento, entonces se puede esperar que la carga de sedimento crezca en forma proporcional a los flujos máximos. Sin embargo, eventos de precipitación más frecuentes y de mayor intensidad pudieran tener el efecto de causar que las gotas de lluvia expulsen un número mayor de partículas de tierra al hacer contacto con la superficie del suelo. Esto incrementaría la sedimentación de manera no lineal. De igual manera, los flujos máximos más altos pudieran incrementar la erosión del canal de manera no lineal.

5.6. Conclusiones y recomendaciones

Se ha completado un análisis para obtener una primera aproximación del cambio en flujos máximos para el Arroyo Camotlán (el área de captación del Colector 3). Se generaron estimados correspondientes a los diferentes periodos de retorno y para dos periodos de tiempo futuros (los 2050s y los 2080s).

Existen varias limitaciones para los resultados de esta evaluación de alto nivel. En principio de cuentas, debe tomarse en cuenta que el método usado para estimar los flujos máximos, incluyendo el tiempo de concentración, empleó fórmulas que no se consideran apropiadas dado el tamaño del área de captación del Colector 3. En segundo lugar, se aplicaron los cambios en la intensidad de las precipitaciones para una frecuencia de retorno para todos los periodos de retorno. Estos números se generaron para proporcionar posibles valores futuros para ser comentados en las diferentes relaciones que se discutieron en este estudio.

Aunque existe poca confianza en las proyecciones del cambio climático para las precipitaciones extremas, se obtuvieron valores generalizados tal y como se reportaron por el IPCC para la región de Centro América / México para dos periodos de tiempo futuros bajo un RCP. Los resultados sugieren que tanto la intensidad de las precipitaciones como los flujos máximos para el área de captación del Colector 3 tendrán incrementos en su magnitud en el futuro bajo las proyecciones del cambio climático. Esto probablemente tendrá el efecto de incrementar el potencial de problemas causados por las inundaciones en el puerto. Uno de los temas potenciales mencionados sería el que tiene que ver con un aumento en la sedimentación.

Se recomiendan las siguientes actividades a fin de obtener estimados más detallados del potencial de inundaciones y de cúmulo de sedimentación para el puerto de Manzanillo:

- Obtener información de uso de suelo que permita una determinación más robusta de los flujos máximos y de la escorrentía anual para las 10 áreas de captación que drenan hacia el puerto
- Desarrollar un modelo de escorrentía-precipitación para la captación aguas arriba a partir de los 10 puntos de drenaje antes mencionados
- Aplicar el método delineado por Srivastav et al. (2015) para actualizar la información de IDF para la estación climatológica de Manzanillo
- Desarrollar un modelo hidráulico que ligue la escorrentía con las capacidades de la red de drenado y los niveles del mar

Los requerimientos de información incluyen:

- Topografía LiDAR
- Concentración de sedimento
- Uso de suelo y cobertura terrestre
- Confirmar la información de estudios del terreno de los 10 puntos de drenado y canales de descarga, incluyendo la capacidad de las alcantarillas y el fondo para todo el drenaje
- Dimensiones del vertedero de Laguna de las Garzas, así como de la elevación del fondo

6. Riesgo del cambio climático y acciones de adaptación en puertos

En las próximas sub secciones se describe cómo el cambio climático puede afectar los aspectos clave de las operaciones portuarias. Así mismo se ofrecen ejemplos del tipo de medidas de adaptación que pueden ser consideradas para mitigar dichos efectos y casos de estudio de cómo estas medidas están siendo implementadas.

6.1. Demanda, patrones y nivel de comercio

Siendo sensibles al precio de las materias primas y a las fluctuaciones de volúmenes, los puertos son vulnerables a los cambios en la producción y demanda de bienes, a los efectos de la dinámica del comercio global y regional y a cambios o surgimiento de nuevas rutas de embarque. Debido al cambio climático, algunas industrias y sectores verán cambios drásticos en la distribución geográfica de sus importaciones y exportaciones, con algunas regiones disminuyendo drásticamente su producción total para un producto mientras otras, en contraste, incrementarán su producción y su desempeño económico en general. Hay cambios que probablemente se den en la distribución de las cuotas del comercio global, con regiones más afectadas de forma negativa por el cambio climático perdiendo su ventaja competitiva regional y habrá otras regiones con menor impacto negativo (o beneficiadas) por nuevas condiciones climáticas que ganarán ventajas competitivas regionales e incrementarán su participación en el comercio global. Este parece va a ser el caso en el comercio de productos agrícolas en donde, como resultado de los impactos del cambio climático, algunas regiones pueden experimentar una reducción radical en la producción de alimentos debido al incremento de temperaturas y al estrés hídrico mientras otras se pueden beneficiar con inviernos más cortos y mejores condiciones para la producción en general.

La migración laboral y el crecimiento de la población también pueden afectar la demanda de los servicios de los puertos y la ubicación de la clientela. El uso de las instalaciones del puerto puede adicionalmente hacerse más dependiente de: la percepción de confiabilidad de los clientes hacia el puerto en vista de eventos meteorológicos extremos; el desempeño de otras industrias en las que los puertos se apoyan (como el turismo, la agricultura y la manufactura); y la habilidad de los puertos para continuar dando servicio a otras industrias con condiciones cambiantes y para mantener servicios y requerimientos de las mismas.

Las rutas marítimas también pueden cambiar con la expectativa de apertura de nuevas rutas por el Ártico y la expansión de su disponibilidad anual por el retroceso del hielo, lo cual ofrece otra ruta para el comercio entre Europa y Asia. Esto por ejemplo podría reducir el viaje de buques por cerca de 4,000 millas (30%) considerando la alternativa actual a través del Canal de Panamá, habilitando la entrada de nuevos competidores al mercado global de comercio.14 Cambios en el desarrollo del comercio mundial dependerán de cómo los cambios en la productividad y otros impactos se vean reflejados en cambios de precio y competitividad, y esto ocurrirá con variaciones considerables entre los distintos sectores y regiones.[15]

El comercio es por lo tanto, un área de riesgo potencial significativa para los puertos que merece una consideración más a detalle. Sin embargo, debido a la incertidumbre asociada con la demanda futura, el suministro y los patrones de comercio, puede ser difícil cuantificar los impactos climáticos con un alto grado de confiabilidad.

Opciones para la Adaptación	
Medidas en torno a la información	• Monitorear cambios en la oferta y la demanda del comercio de productos (por ejemplo cambios en precio y volumen) que pueden ser causados por impactos climáticos, particularmente en sistemas productivos que son altamente sensibles como los productos agrícolas. • Refinar pronósticos de negocio y estrategias para estimar cambios potenciales en el comercio por los cambios climáticos. • Conocer las expectativas de los clientes en términos de confianza en los servicios del puerto y efectos negativos de las interrupciones. Desarrollar un plan de comunicación de cómo será llevada a cabo esta actividad. • Seguir los resultados de investigaciones sobre cambio climático para rutas marítimas. • Dar seguimiento a las rutas marítimas y puertos que en las que se proyecta ver cambios significativos en los volúmenes de comercio y en acceso a nuevos mercados.
Medidas Operacionales	• Desarrollar nuevas rutas marítimas que sean potencialmente más efectivas en cuanto a costos.
Medidas Técnicas / Físicas	• Expandir, mejorar el nivel o ajustar las instalaciones del puerto en respuesta a las demandas cambiantes de los clientes y a los patrones de flujo.
Medidas de gobernanza y construcción de capacidades	• Explorar oportunidades de inversión en nuevos productos o líneas de negocio y rutas marítimas. • Considerar el cambio climático y fenómenos extremos actuales en la continuidad de los planes de negocio, pronósticos o patrones de comercio y planes estratégicos.

Cuadro 6.1 Caso de estudio: Planeando el Crecimiento Futuro. (Fuente: NOAA, 2015[16])

La selección de los proyectos de inversión de capital del Puerto de Tampa está basada en una evaluación estratégica de las tendencias de la industria, el tráfico local e información sobre sus usos y los requerimientos proyectados de la carga futura. Como resultado de la evaluación, el puerto está planeando e implementando proyectos que incrementan el desempeño y longevidad de la infraestructura existente.

Una de las prioridades más críticas para Tampa es la de preservar y mejorar el acceso de los buques a múltiples terminales del puerto, haciendo corredores que se adapten a las medidas cada vez más grandes de los barcos que llegan a puerto. Los proyectos clave incluyen profundizar los canales estratégicos y amarres y ampliar una porción del canal para hacerlo de dos vías. Otra de las inversiones en infraestructura que son importantes para ayudar a alcanzar la demanda creciente de carga incluye la expansión en fases de la terminal de contenedores del puerto y la reconstrucción de la terminal para petróleo líquido a granel.

(Fuente: NOAA, 2015[17])

Cuadro 6.2 Caso de estudio: Efectos de las tormentas en el comercio marítimo de carbón en Australia[18]

En 2007 los retrasos de los embarques y la congestión provocada por las tormentas y el mal clima en las terminales de carbón de Australia resultaron en pérdidas de más de $950 millones de dólares. Vías ferroviarias inadecuadas y la capacidad de la terminal crearon severos cuellos de botella que bloquearon muchos buques de gran tamaño en los puertos australianos. Los buques tenían que esperar un promedio de más de 32 días para cargar carbón, comparado con los 18 de la carga general. En su peor momento, la congestión en los puertos australianos vio filas de más de 50 buques. Esta experiencia ha forzado a los compradores en Asia a buscar proveedores alternativos en Sudáfrica e Indonesia. Los retrasos también elevaron las tarifas de embarque un 40% para granel en seco (como carbón y mineral de hierro).

Antes de las tormentas, había constantes problemas por la congestión de las terminales de carbón en el oeste de Australia, debido en parte a la falta de capacidad del ferrocarril y de los sistemas de las terminales para afrontar la creciente demanda de China de carbón. Las fuertes lluvias e inundaciones frecuentes agravaron la restringida capacidad de exportación.[19] Xstrata, el exportador más grande de carbón térmico, estimó que los productores de carbón en Nueva Gales del Sur pagaron alrededor de $1 millón de dólares diarios en cargos por demora (multas) por tener los buques en marcha. Rio Tinto dijo que el primer semestre de 2007 las ganancias de sus negocios de carbón en Australia habían caído $95millones de dólares por los retrasos de embarque[20].

6.2. Navegación, embarque y amarre

Los cambios en la profundidad de las aguas, tasas de sedimentación y caudales de ríos pueden afectar la navegación, embarque y amarre en los puertos. E acelerado en la elevación del nivel del mar parece traer por consecuencia aguas más profundas, que pueden beneficiar a los puertos ya que aceptan un calado más alto y lleva a bajar la dependencia en el dragado de mantenimiento. Sin embargo, el aumento del nivel del mar puede sobrepasar el umbral de operación para una parte de la infraestructura, por ejemplo en términos de la altura de puentes para buques más grandes y el nivel de agua para la altura de los muelles, que afecta la operación vertical para una gama de muelles, atracaderos y el manejo de materiales. Esto puede resultar en un incremento de gastos de capital.

De igual manera la elevación del nivel del mar y la intensidad de las olas altas puede resultar en la erosión de la costa, especialmente para lugares con alto rango de marea alta. La erosión de costas y riberas también pueden ser el resultado de precipitaciones intensas y velocidades del viento extremas, resultando en una gran acumulación de sedimentos en la costa, e incrementando potencialmente el costo de dragado de mantenimiento. También se puede requerir inversión para proteger la estabilidad del terreno en áreas donde la infraestructura crítica se vea amenazada por la erosión.

Reducciones en niveles de precipitación también puede plantear un problema ya que al bajar el caudal de agua esto puede obstaculizar la navegación en ríos, lagos y canales, afectando el acceso a puertos. En condiciones de velocidad extrema de los vientos también se puede ver afectada la navegación y maniobrabilidad de grandes buques de carga de contenedores o con volúmenes de carga muy grandes.

Opciones para la Adaptación	
Medidas en torno a la información	• Llevar a cabo pruebas de la operatividad para amarre y maniobra para entender los umbrales de operación teniendo en cuenta el aumento del nivel del mar y cambios potenciales en las tormentas. • Dar seguimiento a la respuesta de los clientes a las restricciones de amarre y cambios especificados para descarga de mercancía. • Revisar los planes de contingencia para retraso y pérdida de tráfico causados por la reducción en niveles de navegabilidad o por lentitud de las maniobras. • Investigar los niveles de sedimentación y evaluar las tendencias históricas en la frecuencia y cantidad de dragado. • Monitorear los cambios en las condiciones de embarque regional e internacional y los costos debido a fenómenos climáticos.
Medidas Operacionales	• Actualizar los programas y agendas de dragado. • Implementar el monitoreo del nivel del mar en locaciones clave del puerto.
Medidas Técnicas / Físicas	• Considerar la elevación del nivel del mar cuando se hagan inventarios para reemplazar y reparar la infraestructura. • Uso de buques con calado más profundo/corto de acuerdo al cambio de las condiciones. • Construir trampas de sedimento. • Administración de entradas. • Aumentar la altura de los amarres para ajustarlo al cambio del nivel del mar.
Medidas de gobernanza y construcción de capacidades	• Establecer compromisos con las autoridades de navegación para asegurar un adecuado nivel de administración de riesgos. • Establecer compromisos con autoridades relevantes en la planeación para diseñar medidas de adaptación. • Establecer compromisos con administradores locales o de la ciudad para asegurar que el monitoreo del nivel del mar sea tomado en ubicaciones clave en la costa. Alternativamente, discutir la posibilidad de usar datos obtenidos de satélite.

Cuadro 6.3 Caso de Estudio: Trampa de Sedimento de la Autoridad del Puerto en Puerto Cañaveral (Florida, US)
(Fuente: Bahía Cañaveral, Florida, Reporte de Estudio de Navegación Integrado y Evaluación Ambiental, 201221)

Después de varios huracanes en 2004, puerto Cañaveral en Florida tuvo que ser dragado para permitir que los barcos llegaran al puerto. Como resultado, la Trampa de Sedimento del Embarcadero Sur fue excavada en 2007, con un sistema de eliminación mar adentro para material no compatible con la playa. Después se realizaron operaciones de bypass para la arena. Parte del material excavado ha sido reutilizado posteriormente para restauración de dunas. La trampa, que tiene como objetivo prevenir la creación de barreras de arena durante las tormentas, ha resistido dos huracanes incluyendo uno en 2009 cuando detuvo 100,000 yardas cúbicas de sedimento. Este sedimento fue usado después para alimentar los proyectos de las playas.

6.3. Manejo y almacenamiento de mercancías

El manejo y almacenamiento de mercancías en las instalaciones del puerto pueden ser afectadas por el cambio climático de varias maneras, dependiendo de la sensibilidad del tipo de carga que es manejada y del equipo usado.

Vientos fuertes, lluvias torrenciales y tormentas eléctricas pueden afectar las operaciones de la grúa y dañar sus sistemas mecánicos y eléctricos. El uso de grúas a partir de cierta altura puede ser temporalmente suspendido lo cual trae consigo demoras comerciales. La carga y descarga de productos muy sensibles al clima puede ser afectada por las condiciones climáticas. Por ejemplo, en el caso de productos muy sensibles al agua como los productos agrícolas y mineral a granel, las operaciones se deben detener aún bajo lluvia ligera cuando el almacenamiento de los productos no es bajo techo. El aumento de lluvias y tormentas puede, por otro lado, resultar también en un riesgo más alto de inundaciones de las áreas de almacenamiento.

Las altas temperaturas pueden llegar a tener efectos positivos o negativos. Por un lado, pueden mejorar las operaciones del puerto en regiones frías, y por otro lado, en regiones tropicales las altas temperaturas pueden afectar la fuerza de trabajo y provocar frecuentes episodios de golpe por calor. Además, las altas temperaturas y variaciones en las lluvias pueden afectar la aparición de plagas, roya, moho y enfermedades, e incrementar el uso de técnicas de control de plagas y de humedad.

Para productos que requieren instalaciones de refrigeración o enfriamiento, los incrementos en la temperatura pueden llevar a una demanda más alta de refrigeración y en consecuencia un incremento en el gasto de energía y posiblemente incrementar los costos de mantenimiento. El acceso a los servicios de agua y energía puede verse afectado por el cambio climático debido a las interrupciones de energía y agua. Los países que se apoyan en gran medida en la energía hidráulica y experimentan una caída en el nivel de precipitación podrían ser más propensos a pérdidas de fuentes de energía. Las plantas termales en las que el agua se enfría con cuerpos de agua fresca también pueden ser afectadas si el agua se calienta a tal grado de no enfriar la planta de manera eficiente, o si la descarga del líquido de refrigeración se acerca a los umbrales de tolerancia del ambiente en donde se vierte.

Las áreas afectadas por polvo podrían tener problemas exacerbados de sequías, calor extremo o mucho viento.

Opciones para la Adaptación	
Medidas en torno a la información	Revisar los contratos de servicios para determinar si el puerto tiene derechos prioritarios sobre otros en el área local en términos de la continuidad del suministro. Evaluar la condición de las áreas de almacenamiento y su vulnerabilidad a los fenómenos climáticos. Llevar a cabo una auditoría energética e identificar oportunidades para reducir el consumo de energía. Monitorear problemas de polvo y que medidas que lo mitiguen incluyan las condiciones de cambio.
Medidas Operacionales	Implementar procedimientos para manejo de materiales bajo condiciones climáticas adversas. Implementar procedimientos de revisión de calidad en productos perecederos antes, durante y después de los fenómenos climáticos. Reorganizar el almacenamiento de los contenedores y el manejo de equipo para aumentar la resiliencia a condiciones tales como inundaciones.
Medidas Técnicas / Físicas	Seleccionar equipo para manejo de carga basándose en la sensibilidad de los productos, enfocándose en incrementar la resiliencia al clima del sistema de manejo de dicha carga. Manejo proactivo de los sistemas de enfriamiento, aislamiento y ventilación (tomando en cuenta que las tecnologías de reemplazo tienen una huella de carbono más baja) y considerar el uso de ventilación natural. Reducir el uso del agua (por ejemplo reciclar el agua y captar agua de lluvia) y considerar el uso de agua de mar para enfriamiento y uso de agua no potable. Implementar el control de inundaciones y mecanismos de defensa para las instalaciones de almacenamiento.
Medidas de gobernanza y construcción de capacidades	Discutir con proveedores de suministros el tema de la resiliencia de suministros y fuentes de amenaza relacionadas a los cambios climáticos. Evaluar en conjunto con los usuarios de equipo e instalaciones de almacenamiento cómo les impactan los fenómenos climáticos. Revisar los planes de contingencia para tener áreas y ubicaciones de almacenamiento alternativo. Participar con las autoridades relevantes en el diseño y construcción de instalaciones de almacenamiento resistentes al cambio climático.

Cuadro 6.4 Caso de Estudio: Una terminal muy verde. (Fuente: Portsmouth International Port, 2015[22])

La nueva terminal del Puerto Internacional de Portsmouth es el primer edificio público en el Reino Unido que es calentado y enfriado usando energía termal de agua de mar. Esto ha reducido la huella de carbono del puerto, usando solo 20% de la energía tradicional de una caldera tradicional o sistema de enfriamiento. El agua de mar también es usada en los inodoros, reduciendo drásticamente el consumo de agua potable.

Hay captadores eólicos en el techo que son usados como ventilación natural, reduciendo la necesidad de un costoso aire acondicionado mecánico. El incremento en la velocidad de los vientos de la costa permite al sistema proveer y extraer aire para y desde la terminal.

Gracias a sus características sustentables, el edificio ha alcanzado en la calificación BREEAM (el sistema de calificación internacional para edificios ambientales) el grado de “Muy Bueno”.

(Fuente: Puerto Internacional de Portsmouth[23])

6.4. Movimiento de vehículos dentro de los puertos

Al estar localizados en zonas costeras bajas, los puertos son vulnerables a los efectos de la elevación del nivel del mar y a los cambios en el comportamiento de las olas, que pueden provocar inundaciones costeras. Estos fenómenos pueden exacerbarse durante las tormentas debido a fuertes marejadas. Además, cuando los puertos están localizados cerca de sistemas pluviales o cuencas de ríos, las intensas lluvias provocan inundaciones. El nivel de las inundaciones puede fácilmente exacerbarse en las cuencas de los ríos debido a cambios en el uso de la tierra tales como el crecimiento urbano, la deforestación y la construcción de superficies no permeables. Durante las tormentas, fuertes aguaceros pueden saturar el sistema de drenaje del puerto causando inundaciones de superficie.

Los fenómenos extremos pueden causar demoras e interrupciones en las operaciones del puerto, interrumpiendo la conectividad dentro del puerto y en sus caminos externos y redes ferroviarias. Mientras la mayoría de las demoras tienen una duración equivalente a la severidad de la inundación, en algunos casos se experimentan demoras más largas. Por ejemplo, en casos de escurrimientos superficiales se mueven grandes cantidades de sedimentos y depósitos sólidos, la interrupción de las operaciones de carretera pueden durar hasta que se complete el retiro del escombro.

Opciones para la Adaptación	
Medidas en torno a la información	Llevar a cabo evaluaciones del riesgo de inundaciones para el puerto e identificar las áreas críticas donde el movimiento de los vehículos puede ser interrumpido. Revisar (y mejorar el nivel cuando sea necesario) de los estándares de protección ante riesgos de inundación teniendo en cuenta los impactos del cambio climático. Monitorear las condiciones de los caminos y carreteras y los costos de mantenimiento.
Medidas Operacionales	Implementar procedimientos de seguridad para los movimientos de carga durante condiciones climáticas adversas. Implementar planes de emergencia en caso de bloqueo del transporte local.
Medidas Técnicas / Físicas	Acondicionamiento de la infraestructura o de los bienes que son vulnerable a las inundaciones, en particular infraestructura crítica (por ejemplo, equipo de aislamiento eléctrico, defensas creadas para inundaciones, uso de materiales resistentes al agua). Adoptar medidas de mejora en el sistema de drenaje o crear diseño de desagüe inteligente tomando en cuenta los cambios que se pueden dar en los niveles de precipitación (ver Cuadro 6.5) Mejorar el encarpetado de las carreteras y hacerlo más resistente a los cambios climáticos. Medidas para gestionar el tráfico y minimizar los cuellos de botella durante los fenómenos extremos o evacuaciones. Reforestar la costa (sobre la zona intermareal) para reducir las inundaciones por lluvia. Poner defensas protectoras y así reducir las inundaciones costeras (barreras costeras, diques, restablecer manglares y mantenerlos, crear arrecifes de coral y mantenerlos).
Medidas de gobernanza y construcción de capacidades	Evitar la expansión del puerto hacia áreas muy bajas. Revisar los planes de evacuación y continuidad de negocios durante los fenómenos extremos.

Cuadro 6.5 Caso de Estudio: Manejo de tormentas y el sistema inteligente de drenaje del puerto de Brisbane

(Fuente: Plano de Uso de Suelo del Puerto de Brisbane (2013)[24]

Implementando los principios de diseño urbano para la sensibilidad del agua, el sistema de drenaje del puerto de Brisbane (en Australia) ha considerado una serie de características, incluyendo:

- Medidas de integración para el manejo de tormentas y reducir la dependencia en herramientas tradicionales (como tubos y canales de hormigón). Por ejemplo, un mayor uso de cuencas de bioretención, franjas filtrantes y canales de drenaje.
- Se dio la posibilidad de filtrar el agua a través del uso de superficies permeables o semi-permeables en áreas previamente cubiertas por concreto tradicional (como estacionamientos).
- Instalación de tanques de captación de agua de lluvia.
- Desarrollo de un sistema de reciclamiento de agua para la irrigación de los espacios verdes dentro de las instalaciones del puerto.

6.5. Daños a la infraestructura, edificios y equipos

Daños a la infraestructura, edificios y equipos están dentro de los impactos directos más evidentes generados por eventos meteorológicos extremos y el cambio climático. Ya que la mayor parte de la infraestructura del puerto está proyectada para tener una vida útil de varias décadas, los impactos del cambio climático pueden materializarse tanto en el corto plazo (debido por ejemplo al poder destructivo de los huracanes) o en el largo plazo (debido a fenómenos más lentos y progresivos como la elevación del nivel del mar).

El incremento del riesgo de inundaciones es uno de los impactos críticos del cambio climático en la infraestructura. En la mayor parte de los casos las implicaciones de las inundaciones tanto costeras como pluviales son las mismas, sin embargo la entrada de agua salada en aguas subterráneas puede tener efectos corrosivos o de deterioro en los materiales de construcción y equipos, incrementando la necesidad de reparaciones y mantenimiento. Mientras que una inundación poco profunda y temporal puede causar impactos menores a la infraestructura y equipo (a menos que se convierta en algo muy recurrente), el riesgo por inundaciones extremas asociado con tormentas tropicales y marejadas puede causar daños mayores. La Agencia de Protección del Medioambiente de EUA advierte que “el oleaje fuerte y las marejadas, especialmente cuando se combinan con un alto nivel del mar, son la amenaza principal para los puertos”.[25] Las marejadas y el aumento del nivel del mar pueden dañar la infraestructura de los muelles y atracaderos, derribar edificios y áreas de almacenamiento y deteriorar la es-

tructura de los cimientos y la estabilidad del terreno. La intensa actividad de las olas y el movimiento rápido del agua también pueden desalojar contenedores y carga en general. Cuando se daña el equipo de protección y seguridad durante una marejada o una inundación (como cámaras de monitoreo dañadas o compuertas y cercas destruidas), el puerto se vuelve temporalmente vulnerable a otras pérdidas como robos. Además, la exposición al agua del equipo eléctrico o a inundaciones de subestaciones eléctricas puede provocar cortes de electricidad, cortocircuitos y riesgo de incendio.

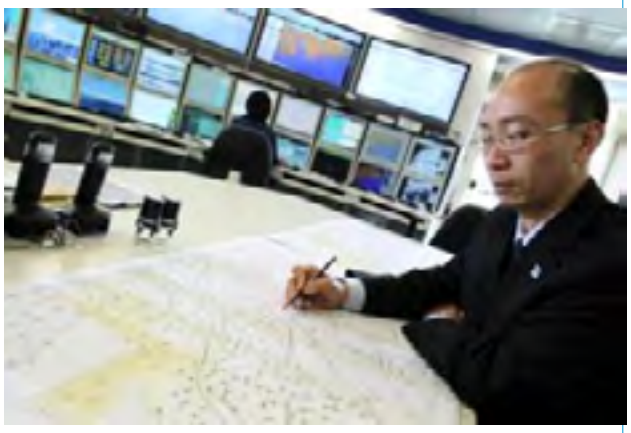
La infraestructura, edificios y equipos también se pueden ver afectados por vientos extremos asociados con tormentas tropicales y huracanes. Los vientos pueden separar estructuras ligeras no reforzadas (como techos de metal), con la posibilidad de dañar otros edificios e infraestructura. Durante el Huracán Katrina por ejemplo, los vientos extremos derribaron puertas de almacenes y desprendieron techos[26]. Los vientos extremos también pueden parar la operación del equipo requiriendo el paro de equipo de operaciones y procedimientos de bloqueo para maquinaria como las grúas. Esto puede provocar la suspensión complete de operaciones en los patios, causando demoras en el negocio.

Opciones para la Adaptación	
Medidas en torno a la información	• Mejorar el entendimiento de las precipitaciones extremas e impactos de temperatura en los requerimientos de mantenimiento de la infraestructura, edificios y equipos. • Monitorear la robustez de la maquinaria y la respuesta de los usuarios del Puerto ante clima extremo. • Desarrollar planes de precaución contra el viento y sistemas de alertamiento temprano. • Monitorear los cimientos de muelles y atracaderos y de otras construcciones (como las escolleras y los malecones) para identificar requerimientos de mantenimiento debido a limpieza insuficiente.
Medidas Operacionales	• Procedimientos de seguridad para trabajar en los edificios o cerca de ellos durante las condiciones climáticas adversas. • Lista de verificación de seguridad del sitio y de su infraestructura y planes para evaluar los daños que quedan después de un fenómeno extremo.
Medidas Técnicas / Físicas	• Reforzamiento de la infraestructura. • Mejorar las defensas ante inundaciones y erosión. • Construir defensas (barreras costeras, diques, restablecer y mantener manglares, crear y mantener arrecifes de coral). • Construir paredes protectoras de vientos permanentes o provisionales.[27] • Reforestar la costa (sobre la zona intermareal) para reducir las inundaciones. • Cambiar los estándares de los sistemas de iluminación, grúas y otra maquinaria para afrontar de mejor manera las tormentas. • Aislar los sistemas eléctricos y hacerlos resistentes al agua. • Elevar la elevación del puerto.
Medidas de gobernanza y construcción de capacidades	• Mejorar los estándares de las actividades del puerto para enfrentar los cambios de frecuencia e intensidad de los fenómenos climáticos extremos. • Actualizar las guías de administración para desarrollo de infraestructura, tomando en cuenta su vida útil y el posible impacto del cambio climático en el futuro. • Participar con otros actores en la planeación de alternativas de control del nivel de inundaciones a través del planeamiento del suelo.

Cuadro 6.6 Caso de Estudio: Sistema de alerta temprana para "Ráfagas de Viento " en el puerto de Hong Kong (Terminales de contenedores Kwai Chung y Tsing Ty)

Además de los anemómetros instalados en lo alto de varias grúas de muelle, los operadores de contenedores en el puerto de Hong Kong han empezado a trabajar en estrecha colaboración con el Observatorio de Hong Kong y han instalado sistemas avanzados de alarma. Estos sistemas dan un aviso anticipado de 15 minutos antes de que lleguen las ráfagas de viento al área de las terminales de contenedores de Kwai Chung y Tsing Ty.

Dependiendo de las condiciones, los contenedores pueden ser reubicados o quitarlos de la línea de paso del viento. Las terminales también mantienen un área libre designada para los contenedores vacíos donde se pueden apilar hasta 8 contenedores de alto.



(Fuente: Periódico "South China Morning Post")[28]

6.6. Transportación terrestre más allá del puerto

La red de transportación terrestre es una parte crítica de la cadena de suministro de los puertos. El tipo de transportación varía e incluye carreteras, trenes y vías navegables tierra adentro. Los impactos relacionados con el cambio climático en la confiabilidad y costo de transportación para y desde el puerto pueden reducir las ventajas competitivas de un puerto sobre otros de la misma región.

Los sistemas de transporte pueden ser afectados por el cambio climático de varias maneras. Largos períodos de calor extremo, aunados al movimiento, velocidad y densidad del tráfico de carga pueden suavizar las carreteras, desgastándolas y provocando baches.[29] Como resultado, a mayor temperatura, mayor mantenimiento de las superficies de las carreteras. Por otro lado, inviernos más cálidas o con menos nieve mejoran la confiabilidad en el transporte por carretera en varios lugares y disminuyen su necesidad de mantenimiento. Sin embargo, en latitudes altas donde las carreteras están construidas sobre suelo congelado o hielo, el deshielo provocado por las temperaturas más altas conduce al deterioro de las mismas.[30]

Las temperaturas extremas también están asociadas con accidentes de volcaduras de trenes y se ha encontrado que las temperaturas a las que ocurren las volcaduras pueden ser significativamente reducidas con un poco de mantenimiento a las vías.[31] En el menor de los casos, pueden conllevar a restricciones de velocidad y, en el peor de los casos, pueden provocar descarrilamientos.[32] En donde existe una red eléctrica de ferrocarril, las temperaturas más extremas pueden dañar el tendido de cableado por la expansión térmica y provocar incendios a lo largo de las vías lo cual representa un riesgo adicional en periodos prolongados de sequía, en cuyo caso los trenes no pueden andar.[33 34 35]

Los cambios en las precipitaciones pueden afectar los niveles de humedad del suelo, lo que puede impactar la estabilidad de las pendientes y provocar más deslaves que afecten los muros de contención o acotamientos de las carreteras y vías férreas[36], y pueden afectar la estructura integral de las carreteras, puentes y túneles. El incremento de fuertes aguaceros y tormentas de nieve son fenómenos que tienden a causar un aumento en los accidentes provocados por las condiciones climáticas e interrupciones de tráfico. Las inundaciones también ocurren más frecuentemente donde el desagüe de las carreteras no es suficiente[37], y aunado a superficies con baches y temperaturas elevadas, hacen crecer la posibilidad de encharcamientos que afectan la seguridad de las carreteras.

En algunos lugares serán más frecuentes las inundaciones e interrupciones en carreteras costeras y de baja altura debido a incrementos en la elevación del nivel del mar y a las marejadas. Como resultado, el tráfico pesado es obligado a tomar rutas alternas generando retrasos y mayor gasto de combustible y de costo del personal, además de impactos económicos en la cadena de suministro. Los túneles subterráneos, así como otra infraestructura

ubicada en zonas costeras están en riesgo de enfrentar inundaciones más frecuentes y más severas. El incremento del nivel del mar, los cambios en el comportamiento de las olas y las marejadas provocan la erosión del litoral y de las carreteras y pueden causar el deterioro de los soportes de los puentes.[38]

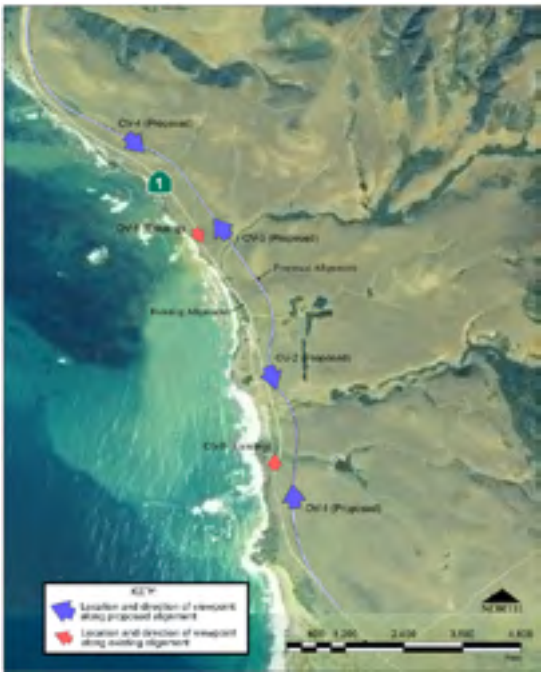
Las inundaciones pueden ocasionar daños en la estructura de soporte del ferrocarril y el cierre de terminales.[39] [40] Para la red ferroviaria que corre por el litoral podría haber un riesgo incremental por las inundaciones costeras debido a la elevación del nivel del mar y las marejadas. Los ferrocarriles de la costa también podrían enfrentar mayor corrosión causada por el rocío salado lo cual afecta las vías, líneas de carga y señalización. Vientos fuertes incrementan el riesgo de árboles derribados sobre las vías y también pueden afectar la estabilidad de los carros de carga.[41]

Estudios sugieren que a nivel global podrían darse menos ciclones tropicales, sin embargo podría haber un incremento en la frecuencia de los ciclones más intensos, esto sigue siendo algo incierto y es un tema actual de investigación.[42] Las tormentas más intensas podrían provocar un más rápido deterioro de las condiciones de manejo, aumentar accidentes y causar demoras en las carreteras. Por ejemplo: los vehículos de mucha altura se vuelven muy inestables con ráfagas de más de 45mph[43], hay una mayor probabilidad de que falle la infraestructura tal como los tableros de los puentes de las carreteras que se desplazan con los fuertes vientos[44]; y puede quedar escombro en las carreteras después de las tormentas.

Opciones para la Adaptación	
Medidas en torno a la información	• Evaluar cómo impacta la elevación del nivel del mar y la capacidad de desagüe el sistema de carreteras local. • Evaluar cómo han impactado los fenómenos climáticos extremos las rutas de transporte comúnmente usadas y el costo en tiempo y recursos de las interrupciones ocasionados en el pasado. • Definir los nudos para ubicaciones/ puntos de traslado que representen el riesgo más alto en caso de que se destruyan (como centros de distribución cruciales, puentes (montañosos, fluviales), en carreteras costeras o de montaña).
Medidas Operacionales	• Desarrollar planes de emergencia con medidas de respaldo para desviar la carga. • Suscribirse a los servicios de alerta climática o monitoreo de información de fenómenos meteorológicos y clima con cobertura en las principales rutas de transporte.45 • Proporcionar a los conductores planes de emergencia en caso de fenómenos meteorológicos extremos y rutas alternas. • Desarrollar simulacros de escenarios de emergencia para determinar si las acciones dentro y fuera del puerto son adecuadas. • Desarrollar planes de contingencia para las cadenas de suministro.
Medidas Técnicas / Físicas	• Asegurar adecuadas conexiones de comunicación y que estén disponibles entre el puesto de control de transporte y los conductores (teléfonos celulares, mensajes de alerta, etc). • Cuartos de control de logística con acceso en vivo a los últimos pronósticos de clima y alertamientos, preferentemente relacionados con la red de transporte.
Medidas de gobernanza y construcción de capacidades	• Participar con las dependencias nacionales de transporte carretero y ferroviario y otros operadores para asegurar que haya planes de emergencia para manejar las alteraciones. • Participar con las dependencias locales responsables de las autopistas para contribuir a que los planes futuros de infraestructura incorporen entre sus objetivos la resiliencia al cambio climático. • Participar con el gobierno central para analizar la importancia económica del puerto, y ampliar las consecuencias económicas relacionadas con la infraestructura de transporte precaria.

Cuadro 6.7 Caso de Estudio: Departamento de Transporte y Reajuste de la Autopista 1 de California. (Fuente: EPA, 2015[46]).

El Departamento de Transporte de California (Caltrans) está integrando el cambio climático en su planeación estratégica. Caltrans está moviendo parte de la Autopista 1, localizada en el Condado de San Luis Obispo County, tierra adentro debido a la actual erosión de la costa y a la elevación del nivel del mar. Caltrans espera que el reajuste proteja la carretera en los próximos 100 años. Además, el ajuste está diseñado para minimizar los impactos a los recursos de la costa al tomar en cuenta el uso actual de la tierra y los acuerdos de conservación.



(Fuente: EPA, 2015[47])

Cuadro 68 Caso de Estudio: La Administración Federal de Autopistas evalúa la vulnerabilidad de las redes de transporte. (Fuente: EPA, 2015[48]).

La Administración Federal de Autopistas (FHWA), en California, desarrolló un modelo conceptual para evaluar la vulnerabilidad del sistema de transporte ante el cambio climático. La FHWA está trabajando con cinco equipos de planeadores de transporte para probar el modelo. Estos equipos incluyen a la Comisión Metropolitana de Transporte de San Francisco, al Departamento de Transporte de Nueva Jersey /la Autoridad de Planeación de Transporte del Norte de Jersey, el Departamento de Transporte del Estado de Washington y la Organización Metropolitana de Planeación de Oahu, en Hawái. Las lecciones aprendidas de estos proyectos piloto basarán sus esfuerzos en desarrollar una guía para los proyectos futuros de otras agencias de transporte en cuanto a los impactos del cambio climático.

La FHWA también está estudiando los impactos del cambio climático en la red de transporte en la región de la Costa Central del Golfo y evaluando las alternativas de adaptación. El estudio está enfocado a:

- Entender los efectos del cambio climático en la infraestructura de transporte
- Identificar la infraestructura de transporte vulnerable en Mobile, Alabama
- Llevar a cabo estudios detallados de ingeniería y riesgos para identificar las opciones para fortalecer la infraestructura crítica de transporte
- Desarrollar herramientas de adaptación y métodos que puedan ser aplicados en otras localidades.

6.7. Disponibilidad y costos de seguros

Los puertos pueden enfrentar cambios en las cláusulas de los seguros y mayores costos por el incremento de las pólizas relacionadas con fenómenos meteorológicos graves debido al cambio climático. Con incrementos en las reclamaciones por pérdidas en los puertos, especialmente en lugares vulnerables, las compañías aseguradoras preguntarán más a los puertos sobre su resiliencia climática. La creciente variación del clima y lo extremoso ha aumentado la necesidad de las aseguradoras de desarrollar modelos para catástrofes que tomen en cuenta el cambio climático.[49] Los puertos que son más vulnerables son más proclives a incrementar sus primas de seguro y sobrecostos por daño a sus activos, y en casos extremos, el seguro puede restringir o no ofrecer cobertura. Es probable que los puertos también necesiten demostrar cada vez más que han considerado el cambio climático y que han planeado el diseño y operación de su patrimonio, adaptándose a los riesgos futuros. Los operadores de puertos con una robusta administración estratégica de riesgo climático y continuidad de negocio podrían obtener condiciones de seguros más favorables que sus competidores.[50]

En términos de pólizas por interrupción de negocios, los trastornos a las operaciones de negocio pueden ser más frecuentes, más impredecibles y más relevantes financieramente para las compañías aseguradoras.51 Esto en cambio se puede convertir en restricciones sobre la cobertura ofrecida, un incremento de las primas o cambios en las definiciones y severidad de los siniestros que son cubiertos por el seguro.

Los cambios en la elevación del nivel del mar, el comportamiento de las olas y frecuencia e intensidad de las tormentas pueden impactar en la navegación y amarre de barcos con la posibilidad de resultar en más accidentes e incidentes de contaminación no controlados. La disponibilidad y nivel del seguro marítimo de seguridad civil puede cambiar sobre la base de que las aseguradoras tomen en cuenta el cambio climático y sus efectos en los periodos de retorno de los eventos climáticos.

Opciones para la Adaptación	
Medidas en torno a la información	• Revisar las definiciones de las pólizas de seguros para "Force Majeure" o "Acto de Dios", sus exclusiones y adecuaciones de la cobertura para todas las operaciones del puerto. Estas deberían evaluar la cobertura de daños a activos, responsabilidad civil marítima, interrupción de negocios, pérdida de beneficios y de ingresos/egresos. • Analizar reclamaciones pasadas que fueran detonadas por eventos relacionados con el clima y que implicaran para el puerto costos excesivos, la falta de cobertura o exclusiones. • Monitorear las publicaciones e investigaciones de la industria aseguradora para incluir el riesgo del cambio climático en sus pólizas de seguros. Determinar cómo esto puede afectar la cobertura del puerto, primas y exclusiones en el futuro.
Medidas Operacionales	• Incrementar el nivel de conciencia entre los operadores de puertos sobre el contenido de las coberturas de los seguros, sus exclusiones y las acciones que pueden ser tomadas para minimizar las pérdidas relacionadas con el clima. • Implementar planes ante la interrupción de negocios y su continuidad que consideren la variabilidad del clima y los fenómenos meteorológicos extremos.
Medidas Técnicas / Físicas	• Implementar acciones rentables de adaptación para las operaciones del puerto y construir resiliencia ante los fenómenos climáticos.
Medidas de gobernanza y construcción de capacidades	• Prepararse para preguntas generadas por compañías aseguradoras mediante la generación de evaluaciones de riesgos y actualizar la administración y planes de continuidad de negocio. • Participar con las aseguradoras en las acciones de resiliencia que pueden ser tomadas para manejar riesgos y reducir las primas.

Cuadro 6.9 Caso de Estudio: Adaptándose la problema. (Fuente: Allianz Group y WWF, 2006[52]).

La industria de aseguradoras de EUA ha tomado un enfoque de adaptación a los impactos por el aumento de los daños ocasionados por el viento durante huracanes, cabildeando para mejorar las normas de construcción así como la salida a mercado de tecnologías más adecuadas y productos de mitigación (tales como contraventanas para huracanes y vidrios resistentes al viento). En algunos casos algunas compañías aseguradoras han llegado a solicitar que se incluyan estos materiales en la construcción para ser sujeto de cobertura.

También mencionada como una forma de adaptación, algunas aseguradoras empiezan a retirarse de ubicaciones de la costa de Florida por su alto riesgo. Esto fue visto como si fuera debido en parte a los reglamentos de prevención de las aseguradoras para que el incremento en las primas reflejara el riesgo creciente y como un obstáculo a la habilidad del mercado para emitir señales tarifarias para educar a los consumidores en la vulnerabilidad de los activos en franjas costeras expuestas. El American International Group (AIG) no está emitiendo nuevas pólizas para propiedades en algunas partes de la costa del Golfo y otra compañía, MetLife, estableció que requeriría a los nuevos clientes inspecciones extra y contraventanas para tormentas antes de emitir sus pólizas, si viven en una franja de cinco millas de distancia del mar.

Mientras estas formas de adaptación son vistas como protección para las compañías aseguradoras, se crea también se transmite la carga del riesgo que llevaban las aseguradoras a los asegurados.

6.8. Responsabilidad social

Los puertos están comúnmente localizados cerca o dentro de grandes centros económicos y rodeados de comunidades. Brindan grandes beneficios económicos y sociales tanto a nivel local como nacional. Una economía boyante actúa como motor y necesita que las autoridades del puerto expandan sus operaciones e incrementen su rendimiento. Además de los beneficios socio-económicos, esto también conduce a la competencia con comunidades circunvecinas sobre el terreno y otros recursos. Localizados en una zona costera baja con el riesgo del incremento en la elevación del nivel del mar y la erosión costera, algunos puertos pueden ser restringidos en cuanto al terreno disponible para su uso, especialmente si las comunidades alrededor también se ven impactadas por ellos. Los impactos del cambio climático en los recursos hídricos y suministro de servicios pueden actuar como agentes estresantes en las relaciones del puerto y la comunidad.

A largo plazo, se anticipa que el cambio climático conllevará a la migración de la población de áreas donde haya pérdidas permanentes de terreno por las inundaciones o estrés hídrico extremo y esto podría incrementar la presión en algunos puertos de pasajeros.

Los incrementos de la temperatura, los aguaceros cada vez más fuertes y el aumento en la velocidad de los vientos como resultado del cambio climático pueden crear riesgos adicionales en la salud y la seguridad para los trabajadores del puerto, especialmente en relación con actividades de riesgo (como almacenamiento y manejo de material inflamable, y uso de maquinaria). Las inundaciones de bajo nivel que permiten continuar con el trabajo pueden aumentar el riesgo laboral, mientras que las inundaciones extremas pueden provocar muertes o lesiones.

El cambio climático también puede afectar a los trabajadores por la exposición a aire contaminado, generación y dispersión de polvo, ozono y compuestos orgánicos volátiles que son sensibles a factores como cambios de temperatura y lluvias. Los impactos por contaminación pueden afectar la salud y la subsistencia de la comunidad circundante.

Los sistemas de seguridad, que tienen por objetivo regular el movimiento de los buques dentro de las bahías y proteger a la comunidad ante actividades marinas peligrosas, pueden fallar en condiciones climáticas todavía más extremas. Las lluvias torrenciales, el viento y las condiciones en el oleaje pueden también incrementar el riesgo de derrames químicos o de petróleo en los puertos y de los buques en las bahías.

Los puertos ubicados cerca de comunidades costeras vulnerables tales como las de pescadores pueden enfrentar tensiones crecientes en las relaciones con la comunidad si el cambio climático, en combinación con las actividades del puerto, tiene impactos negativos significativos en sus sistemas de subsistencia. El riesgo elevado de contaminación también tiene el potencial de impactar instalaciones turísticas como playas, hoteles y ecosistemas costeros, sumando más factores de estrés a la comunidad local que ofrece servicios turísticos.

Opciones para la Adaptación	
Medidas en torno a la información	• Analizar los impactos sociales previos para determinar rutas causa-efecto. • Monitorear el impacto de los fenómenos meteorológicos a nivel social y rutas causa-efecto.
Medidas Operacionales	• Actualizar los planes de operación, salud y seguridad para modificar las prácticas de trabajo durante oleadas de calor, precipitaciones extremas y tormentas.
Medidas Técnicas / Físicas	• Usar solares industriales como áreas de expansión donde haya disponibilidad y viabilidad financiera si hubiera limitantes en cuanto a terrenos vírgenes o en riesgo de elevado nivel del mar o erosión. • Proporcionar equipo de seguridad adecuado e instalaciones para usar como refugio en caso de emergencia para el personal en sitio.
Medidas de gobernanza y construcción de capacidades	• Capacitar al personal en sitio para elevar su conciencia con respecto al cambio climático y cambios potenciales en la frecuencia y magnitud de los fenómenos climáticos. • Relacionarse con planificadores de emergencias y la comunidad local para asegurar que procedimientos de evacuación no entren en conflicto con los procedimientos de evacuación de la comunidad. • Desarrollar herramientas de planeación específicas para el puerto que tomen en cuenta el cambio climático y los impactos a la comunidad y a la sustentabilidad del puerto53. • Integrar al puerto en la elaboración de los planes locales, considerando los impactos del cambio climático en el puerto y la comunidad local.

Cuadro 610 Caso de Estudio: Escenario Catastrófico de Tormenta. (Fuente: NOAA, 201554)

(Fuente: NOAA , 2015[55])

El Consejo de Planeación Regional de Tampa Bay, en cooperación con el gobierno local, las empresas y las comunidades, desarrollaron un plan conjunto de preparación ante contingencias. Nueve condados alrededor del área metropolitana de Tampa estuvieron involucrados.

El plan usó un Huracán ficticio de categoría 5 como el peor escenario, con oleadas de nueve pies de altura en el puerto y con una pérdida económica esperada de $250 mil millones de dólares debido a los daños, retrasos de carga e infraestructura. La planeación sobre este escenario permitió al puerto y a las comunidades identificar y prepararse de mejor manera ante los efectos combinados de un desastre natural extremo.

6.9. Responsabilidad ambiental

Los puertos costeros y de estuarios podrán ver un incremento en los depósitos de sedimento como resultado de los cambios en el nivel del mar, la erosión de la costa, la precipitación y el caudal de los ríos. Cambios en la frecuencia de operaciones de dragado y de las cantidades de sedimento que se deberán manejar debido al cambio climático podrán tener repercusiones en el desempeño ambiental. En ubicaciones donde el incremento de la altura del nivel del mar implique un incremento de calado la necesidad de dragado y los consecuentes impactos ambientales se podrán reducir. Contrariamente, las zonas de desechos para el material dragado que no son resistentes a los cambios futuros del clima podrían provocar contaminación, por ejemplo, si las fosas o diques diseñados para contener los sedimentos depositados en emplazamientos en aguas abiertas se ven sobrepasadas o quebrantadas debido al aumento del nivel del agua.[56]

El cambio climático podría afectar la frecuencia e intensidad de los episodios de baja calidad del aire durante los cuales los puertos pueden requerir minimizar actividades como carga y descarga de combustible para evitar emisiones de Compuestos Orgánicos Volátiles (VOC)[57]. El cambio climático también puede llevar a la creación de polvo adicional y su dispersión debido a los cambios en la humedad del aire, la temperatura y el viento. Por lo tanto, medidas para la eliminación adicional de polvo (tales como áreas de almacenamiento bajo techo o colectores de vacío) o mayores límites en el transporte de material o actividades que generan polvo podrían ser requeridas. En un mundo en calentamiento, los cambios en los grados-días de refrigeración y el riesgo de oleadas de calor podrían incrementar la demanda de refrigeración, e incrementar a su vez las emisiones de gases de efecto invernadero si la combinación de energía incluye la generación de energía térmica. El incremento de la demanda de refrigeración también podría afectar los objetivos de sustentabilidad y de topes a las emisiones.

Los afluentes de agua generados por actividades portuarias frecuentemente contienen contaminantes. En áreas en las que se prevé un incremento de la intensidad de las lluvias, la capacidad de los sistemas de drenaje, los filtros (tales como trampas de sedimentos) y separadores de aceite y agua pueden ser insuficientes y provocar contaminación interna y externa. De manera similar, las inundaciones pueden limpiar los contaminantes de la tierra o de áreas de almacenamiento y llevarlos a los cuerpos de agua, a menos que haya medidas adecuadas de control. Sin embargo, los márgenes de seguridad en, por ejemplo, medidas de control tales como tanques de retención de líquidos, pueden no ser adecuados en áreas donde la frecuencia e intensidad de las lluvias cambie.

Debido a su ubicación, los puertos están invariablemente cerca de hábitats sensibles y de ecosistemas que son particularmente vulnerables al cambio climático. Los cambios en el nivel del agua, las tasas de erosión, la salinidad y la sedimentación debido al cambio climático impactarán algunas de las mayores medidas naturales de control de los humedales de la costa[58], con la posibilidad de poner en riesgo especies vulnerables de peces, de aves migratorias y de vegetación acuática. Los factores que determinan si los humedales se podrán adaptar incluyen la capacidad de elevar sus niveles para empatarse con la tasa de elevación del nivel del mar, la tasa de erosión de los límites hacia el mar y el espacio para migrar tierra adentro.[59] Los puertos ubicados en el límite del mar que pertenece a los humedales, podrían estar impidiendo su migración y por lo tanto poniendo en riesgo su conservación. Varios hábitats de la costa o marinos se verán mayormente afectados por el cambio climático, incluyendo manglares, marismas de sal, hierbas marinas y arrecifes de coral.[60] En un clima cambiante, puede ser difícil determinar si es el cambio climático o son las operaciones del puerto, el factor primario que afecta a la migración de las especies. Esto hace que el constante monitoreo ambiental sea una herramienta importante para desarrollar una base de conocimiento y determinar las tendencias en los cambios.

Los puertos también pueden contribuir de manera indirecta al daño del medio ambiente en otros lugares del mundo. Con un mayor acceso a regiones remotas y frías y con una creciente actividad marítima en estas áreas debido al deshielo del mar, se podría llegar a la degradación del ambiente de los ecosistemas más frágiles[61] que corren el riesgo de estar todavía bajo el estrés ocasionado por los cambios en la temperatura del mar y su acidez.

Las evaluaciones del impacto del puerto al medio ambiente y los planes de gestión ambiental que no consideren las implicaciones del cambio climático podrían subestimar los riesgos del daño ambiental o asumir de forma errónea que los riesgos están siendo controlados adecuadamente. Los hábitats sanos se considera que contribuyen a la habilidad natural de los recursos naturales para recuperarse rápidamente de los impactos, así también se considera que brindan un valioso servicio ecosistémico a la comunidad. Las evaluaciones de la resiliencia del sistema de transportación marítima deberían tomar en cuenta los esfuerzos que son necesarios para minimizar la degradación de la calidad del agua y los impactos al hábitat por el transporte de carga.[62 63]

Opciones para la Adaptación	
Medidas en torno a la información	• Monitorear y evaluar el estado actual de la calidad del aire y del agua, y de la salud del ecosistema marino local. Evaluar cómo el cambio climático y las operaciones del puerto pueden impactar negativamente. • Evaluar cómo el cambio climático puede interactuar con el transporte de carga y afectar la calidad del aire y del agua. • Evaluar el puerto y sus alrededores en busca de áreas en riesgo potencial de contaminación no controlados – fundamental para material peligroso en áreas de almacenamiento.
Medidas Operacionales	• Asegurar que la administración interna y los planes de acción incluyan métodos de mitigación, limpieza y de restauración para emisiones no controlados.
Medidas Técnicas / Físicas	• Restaurar la tierra a través del buen uso de los residuos de dragado. • Equipo de control de contaminantes en ubicaciones clave – fundamental para material peligroso en áreas de almacenamiento. • Contención de líquidos en tanques de almacenamiento con márgenes de seguridad que tomen en cuenta fenómenos de lluvia extremos y simultáneos • Sistemas de alarma en tanques para emisiones no controlados y bombas de paro.
Medidas de gobernanza y construcción de capacidades	• Colaborar en las iniciativas de la ciudad para aumentar la resiliencia al cambio climático, y ganar conocimiento a través de otros proyectos internacionales. • Trabajar con expertos de salud ambiental y del hábitat para formular planes de administración y acción que incluyan fenómenos meteorológicos extremos con cambios graduales y con impactos de largo plazo. • Trabajar con las autoridades de gobierno responsables de la protección ambiental para asegurar que sean adoptadas las mejores prácticas internacionales. • Incrementar la conciencia del personal de cómo el cambio climático puede provocar accidentes ambientales no controlados.

Cuadro 6.11 Caso de Estudio: Buen uso del material de dragado. (Fuente: NOAA, 2015[64])

La autoridad del Puerto de Tampa, Condado de Hillsborough, y la Administración Distrital del Agua del Sureste de Florida completaron un proyecto de restauración ambiental en un área que enfrentaba degradación del hábitat, especies invasivas, y deterioro de la calidad del agua. Desde 1991, 500 acres de humedales y hábitats de tierras altas han sido restaurados, se ha elevado el tratamiento de los residuos agrícolas y la calidad del agua se ha mejorado.

El buen uso del material de desecho del dragado a partir de los canales de navegación del puerto contribuyó significativamente a la restauración. Usando los materiales de dragado para propósitos de restauración se ahorró dinero para el proyecto de restauración y se prolongó la vida útil de los vertederos.

(Fuente: NOAA, 2015[65])

Cuadro 6.12 Caso de Estudio: Tomando el enfoque de una ciudad-puerto para la resiliencia

(Fuente: Rotterdam Climate Initiative, 2015[66])

La ciudad de Rotterdam reconoce que el clima está cambiando y que se verá afectada. Las lluvias se están volviendo más intensas y causan mayores inundaciones en la ciudad. Dado que es una ciudad ubicada en un delta de poca altitud, Rotterdam tendrá que enfrentar los efectos de la elevación del nivel del mar y de los diferentes niveles de los ríos. También se ha proyectado un aumento en la temperatura de la ciudad, con más personas siendo susceptibles a golpes de calor. El Programa de Rotterdam a Prueba del Cambio Climático se centra en hacer completamente resistente a los impactos del cambio climático a la ciudad y al puerto para 2025, asegurando que siga siendo una de las ciudades-puerto más seguras del mundo. La estrategia de adaptación se enfoca en la seguridad ante inundaciones, la accesibilidad para las embarcaciones y los pasajeros, una edificación adaptable, el sistema de agua urbano y el clima de la ciudad. Los nuevos desarrollos del puerto, que incluyen su reconstrucción, están diseñados para ser a prueba del cambio climático y las evaluaciones están integradas en la planeación espacial del puerto. Para permitir el manejo de la incertidumbre, el desarrollo de conocimiento es considerado un pilar importante de la estrategia.[67]

7. Fundamentos de Ingeniería para una mejora en el colector

A fin de estimar la mejora necesaria del colector 3 del puerto de Manzanillo, deben seguirse los siguientes pasos:

1. **Determinar el régimen de flujo:** Se asume un flujo supercrítico, ya que la profundidad crítica yc=(Q2/g·b2)1/3 excede la altura de libramiento del colector para periodos de retorno muy pequeños (un flujo de 95.08 m^3/s trae consigo yc=1.6) , menores de 5 años de acuerdo a las predicciones de flujo disponibles. Por tanto, y dado el hecho de que por lo regular este tipo de colectores están diseñados para periodos de retorno mayores de 5 años, se asume que la profundidad en el torrente de agua es la profundidad normal (yn) del colector.

2. **Determinar la pendiente del colector y la capacidad de descarga actual:** Esta tarea requirió algunos supuestos respecto a las elevaciones del colector, a fin de establecer su pendiente. A partir de una topografía aproximada obtenida de la Misión Topográfica del Radar del Transbordador de la NASA, y teniendo algunos supuestos razonables (como por ejemplo la cobertura entre el colector y el nivel del piso o bien el brazo de la grúa del muelle), se determinó una pendiente de 2%. Después, asumiendo una profundidad normal yn= 1.55 m para el colector principal y 1.15 m para la alcantarilla adicional (la altura que libra el colector menos 5cm), se calculó una capacidad de descarga máxima general (calculada con la fórmula de Manning) de 140 m^3/s. Si consideramos las predicciones de flujo proporcionadas por el reporte ERN, esto significa que la capacidad de descarga actual del colector corresponde aproximadamente a un periodo de retorno de 10 años, que bien pudiera considerarse más bien bajo, dado el impacto económico que implica tener el acceso principal del puerto inundado.

3. **Estimación de la mejora del colector:** Se propone una cámara adicional que guarda las mismas dimensiones que las que tiene el colector existente (5x1.6 m). Se consideró una alineación horizontal alternativa para esta cámara nueva, dado que no existe espacio disponible junto al colector existente. Con esta nueva cámara, la capacidad de descarga calculada tiene un máximo de 173 m^3/s, lo cual significa que para el año 2080, el flujo para T= flujo de 50 años pudiera ser drenado.

8. Contexto internacional y nacional en temas de mitigación al cambio climático

8.1. Contexto internacional

Como parte del proceso para el diseño de un nuevo régimen internacional para el cambio climático después de 2012, las Partes de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) decidieron en Bali en 2007 lanzar el Plan de Acción de Bali y un programa de trabajo que debió haber culminado en 2009 por la COP15 en Copenhague. En dicho lugar, las Partes no pudieron concluir las negociaciones iniciadas en 2007 y fallaron en proveer una respuesta final al establecimiento de un nuevo régimen con respecto al clima. Sin embargo, en COP15 el acuerdo de Copenhague fue negociado y la vasta mayoría de las Partes del UNFCCC se apegaron a él poco después.

La décimo séptima sesión de la Conferencia de las Partes (COP17) del UNFCCC que se llevó a cabo en Durban Sudáfrica en 2011 decidió que las negociaciones para un acuerdo global respecto al cambio climático aplicable a todas las Partes y entrando en vigor a partir de 2020 debería concluirse en COP21 en París en el 2015.

El año 2015 es por lo tanto un año crítico en temas de cambio climático, con la comunidad internacional tratando de finalizar el acuerdo de 2015 en donde las metas tanto individuales como globales de los países para reducir las emisiones de los gases de efecto invernadero (GHG) deben ser establecidas. La primera iteración del texto de negociación en borrador acordado por todas las Partes al UNFCCC bajo el Grupo de Trabajo Ad-hoc en la Plataforma de Durban para Medidas Mejoradas (ADP) se hizo público el 25 de febrero de 2015. Era la base para negociaciones más detalladas que empezaron el 1ro de junio de 2015 en Bonn, Alemania y continuaron con dos sesiones de negociación adicionales previas a COP21 en Paris.

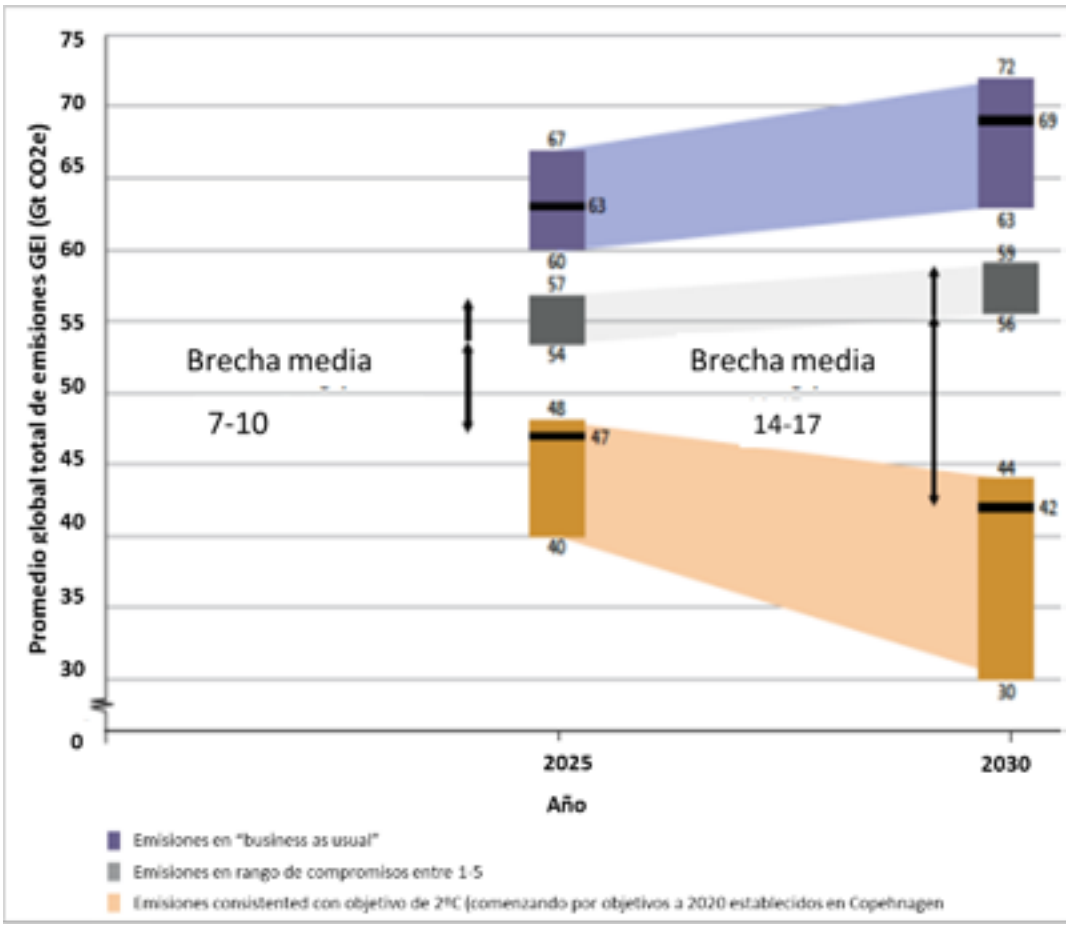
Al momento de escribir esto, y en la ausencia de una clara indicación de cuáles van a ser los compromisos de mitigación acoplados en el acuerdo de 2015, hay todavía muchas especulaciones acerca del nivel de ambición de dichos compromisos por parte de los países desarrollados y de los países en desarrollo prominentes. La sección de mitigación del texto de negociación en borrador permanece lleno de opciones y propuestas que hacen imposible evaluar cual será el resultado al final de 2015.

Sin embargo, como parte del proceso para el establecimiento de un acuerdo de 2015, las Partes acordaron en Lima en COP20 que las contribuciones determinadas a nivel nacional que están siendo previstas (INDCs) deben ser presentadas “mucho antes de COP21 (durante el primer trimestre de 2015 por aquellas Partes listas para ello)”.

Está resultando aparente que los esfuerzos actuales y proyectados no serán suficientes para reducid las concentraciones de gases de efecto invernadero (GEI) en la atmósfera y así prevenir incrementos de la temperatura de más 2°C. Esto ha sido reconocido por el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC) en sus últimos dos reportes, (2007 and 2013) y por la comunidad internacional en el Acuerdo de Copenhague negociado dentro del marco del COP15 en 2009. El Reporte de Brecha de Emisiones del Programa Ambiental de las Naciones Unidas (UNEP) del 2014[68] indica que en 2012 las emisiones globales de gases de efecto invernadero fueron 45% más altas si se comparan con los niveles de 1990 (54 Gt CO_2e en 2012) con una estimación de trayectoria para 2020 de unos 55 GtCO_2e si los países no van más allá de sus actuales políticas climáticas. Tal y como se muestra en la Figura 8.1 más abajo, el reporte también estima una brecha de 14-17 GtCO_2e entre las emisiones esperadas en 2030 con las políticas y medidas planeadas actualmente y un nivel de emisiones en 2030 consistente con tener una buena posibilidad de alcanzar la meta de los 2°C.

FIGURA 8.1

La brecha de emisiones en 2030. (Fuente: UNEP, 2014[69]).

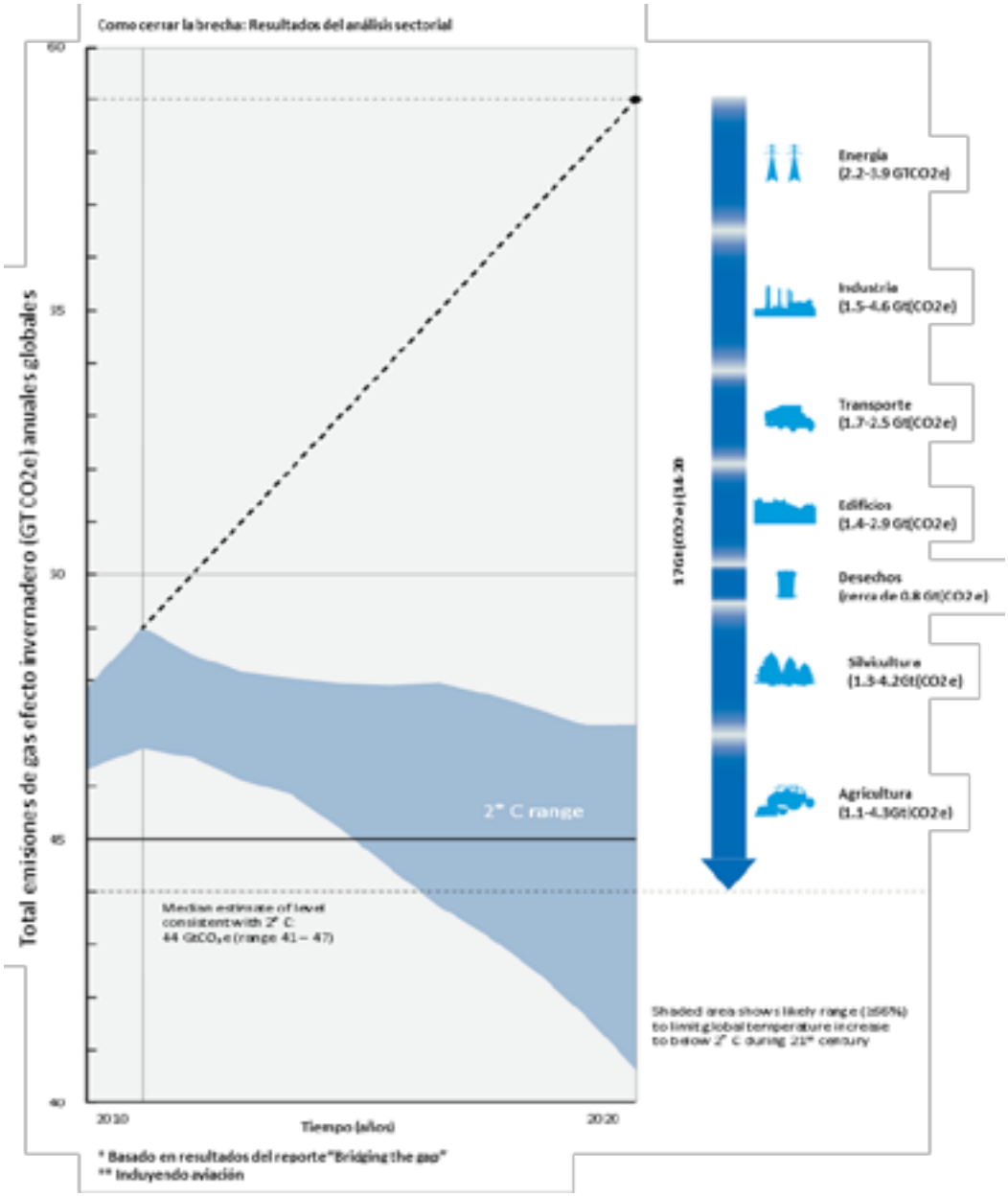


La brecha de emisiones puede cumplirse con la introducción de medidas de cambio climático más específicas y la Figura 8.2 más abajo identifica la contribución para salvar dicha brecha que bien podría venir de diversos sectores, tal y como lo estima UNEP.[70] La iniciativa Rastreador de Acciones del Clima (CAT por sus siglas en inglés) estudia las promesas de los distintos países y las compara con los niveles de emisiones consistentes en el tiempo con el objetivo de los 2°C. La brecha de las emisiones estimada por CAT es significativa, y tomando en cuenta las promesas de los distintos países, se estima que el calentamiento solo va a limitarse a un rango entre 2.9 y 3.1°C por arriba de los niveles pre-industriales. El 5to Reporte de Evaluación PICC confirma que más medidas de mitigación es técnicamente y económicamente factible, por tanto incrementan las expectativas y las posibilidades de que las Partes puedan dar pasos importantes en aras de compromisos de mitigación nuevos y ambiciosos en Paris en COP21.

El Reporte de la Brecha de Emisiones UNEP del 2014 también nos dice que cuatro partes – Australia, Canadá, México y los EUA – "es probable que requieran mayores acciones y/o compra de bonos para cumplir sus promesas, de acuerdo a estimados tanto independientes como de gobierno respecto a las emisiones proyectadas a nivel nacional para 2020"[71]. El reporte también hace mención que los desarrollos de políticas recientes en México tales como el Programa Especial de Cambio Climático (PECC 2014-2018) pone al país más cerca del cumplimiento de sus promesas, pero más medidas pudieran ser necesarias en el futuro cercano.[72]

FIGURA 8.2

Cómo salvar la brecha de las emisiones: Resultados del análisis de políticas sectoriales. (Fuente: UNEP, 2014[73]).

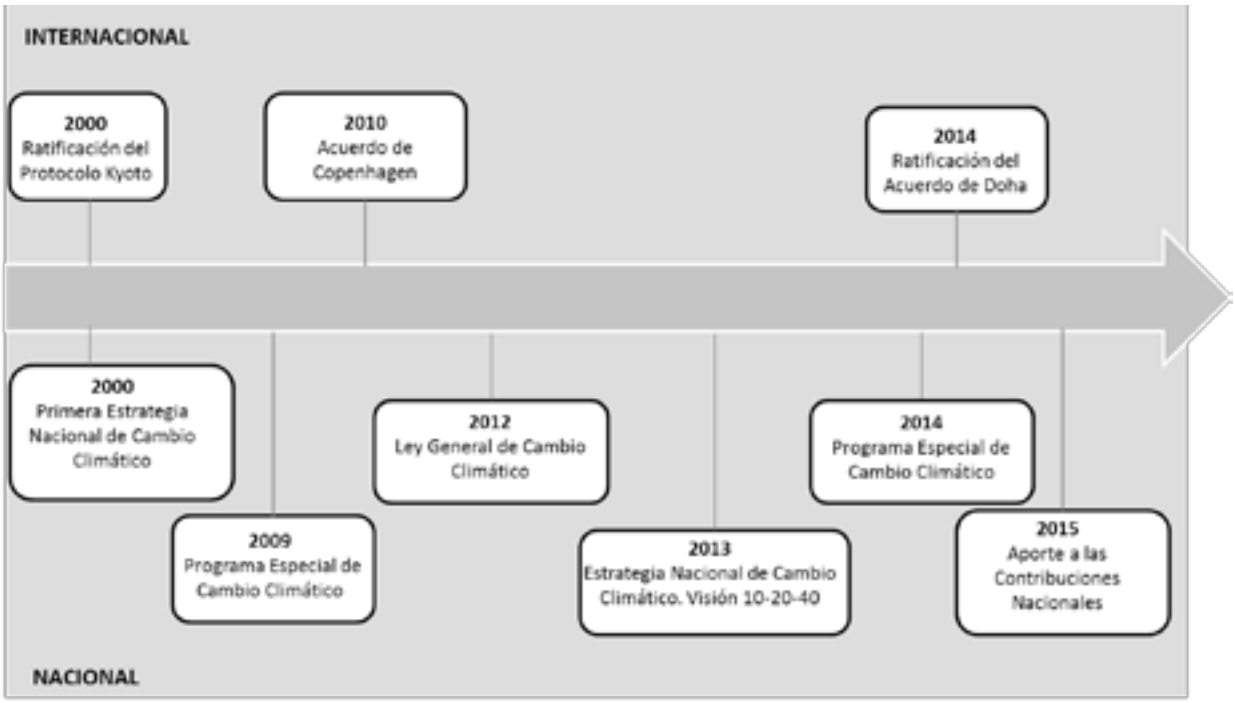


8.2. Legislación y políticas de mitigación en México

Cambios en reglamentos, estándares y expectativas de los inversionistas en México en relación a los compromisos nacionales e internacionales para reducir emisiones GEI asumidos por el gobierno mexicano podría tener implicaciones para las actividades de negocios del puerto, presentando retos y oportunidades. Las obligaciones nacionales e internacionales para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero ("acciones de mitigación") asumidas por el gobierno federal podrían por tanto tener un impacto en diferentes sectores (energía, procesos industriales y uso de productos; agricultura, uso de suelo; cambio de uso de suelo y silvicultura; desperdicios) y productos (petróleo y sus productos derivados, vehículos automotores, minerales y otros). La Figura 8.3 ofrece un resumen de los instrumentos políticos desarrollados en México en el curso de los últimos quince años para responder a las necesidades de mitigación. Estos instrumentos políticos pueden influenciar las actividades económicas importantes para el Puerto de Manzanillo.

FIGURA 8.3

Desarrollo de políticas e instrumentos institucionales para mitigación al cambio climático.
(Fuente: autores de este reporte)



México le da una fuerte importancia a los asuntos del cambio climático tanto a nivel nacional como internacional. México firmó el UNFCCC el 13 de junio de 1992 y lo ratificó el 11 de marzo de 1993. México no está incluido en la lista de Partes incluidas a la Convención del Anexo I, y por tanto no tiene obligaciones de mitigación específicas en términos de reducción de emisiones de gases de invernadero. En su papel de Parte no incluida en el Anexo 1, México ha asumido obligaciones acerca de reportar información respecto al nivel de emisiones de gases de invernadero así como a la implementación de la Convención.[74] México firmó y ratificó el Protocolo de Kioto el 9 de junio de 1998 y el 7 de septiembre de 2000, respectivamente. México no está incluido en la lista del Anexo B al Protocolo y por tanto no se le requiere completar ninguna limitación cuantificable ni algún compromiso de reducción (QELRC por sus siglas en inglés) tal como lo señala el artículo 3.1 del Protocolo. Sin embargo, con la adopción del Programa Especial sobre Cambio Climático (PECC) México ha establecido metas voluntarias de mitigación para reducir gases GEI de hasta el 30% para el 2020, siempre y cuando se cuente con el soporte tecnológico y financiero adecuado de parte de los países desarrollados como parte de un acuerdo global.

La posición de México hacia el acuerdo de COP21 en París es muy clara.[75] México se encuentra a favor de un instrumento legal vinculante a ser adoptado en París que debiera estar basado en la participación de todas las Partes de acuerdo a sus circunstancias nacionales en específico. La mitigación debiera estar entre los elementos centrales del acuerdo de 2015 y por tanto todas las Partes deben asumir los compromisos apropiados de la misma forma legal internacional y bajo las mismas reglas (por ejemplo, los mismos periodos de tiempo, bajo las misma disposiciones de MRV) a profundidades diferentes de acuerdo a los principios de responsabilidades comunes pero diferenciadas y a sus respectivas capacidades (CBDR/RC) y equidad, y acorde a las recomendaciones científicas para reducir las emisiones globales de GEI'[76]. México también apoya una diferenciación entre las Partes a fin de que los países desarrollados tomen la batuta con metas en la reducción cuantificable de emisiones a lo largo y ancho de sus economías; Las Partes que se encuentren en la posición de hacerlo emitirán sus metas de reducción; otras Partes adoptarán los acuerdos de acuerdo con sus circunstancias nacionales específicas; y finalmente los Países Menos Desarrollados (LDCs por sus siglas en inglés) realizarán las medidas apropiadas para comprometerse a desarrollar procesos de planeación para lograr bajas emisiones.

México emitió su INDC tal y como se le solicitó bajo la decisión 1/CP.20 del UNFCCC. El INDC de México indica un esfuerzo de mitigación incondicional del país equivalente a la reducción en la emisión de GEI y de contaminantes atmosféricos de vida corta en un 25% por debajo de BAU para el 2030. Este compromiso se encuentra alineado con la Ley General sobre Cambio Climático y es equivalente a una reducción de 22% en la emisión de GEI y de un 51% en las emisiones de carbono negro. El INDC también se refiere al esfuerzo condicional de bajar a un 40% por debajo de BAU para 2030, partiendo de que se proporcionen la tecnología y los recursos adecuados y se haya concluido un acuerdo internacional satisfactorio. EL INDC de México cubre los gases de efecto invernadero y los contaminantes atmosféricos de vida corta en los siguientes sectores: energía, procesos industriales y uso de productos; agricultura; uso de suelo, cambio de uso de suelo y silvicultura; y desperdicio. El INDC de México deja abierta la posibilidad de que México acceda a los mecanismos de comercio internacional basados en el mercado.

Con la Ley General sobre el Cambio Climático (LGCC), México ha establecido instituciones e instrumentos efectivos para reducir los gases de efecto invernadero y la emisión de partículas. Respecto a la mitigación, el LGCC establece una clara obligación de darle prioridad a las medidas de mitigación que resulten rentables, y centrarse en los beneficios colaterales de mejorar la salud y bienestar de los mexicanos. El LGCC confirmó la promesa hecha bajo los Acuerdos de Copenhague, en particular el compromiso de México de reducir sus emisiones GHG en un 30% por debajo del BAU para el 2020, sujeto a la disponibilidad de recursos financieros y acceso a transferencia tecnológica.

La estrategia 10-20-40 refuerza los objetivos de mitigación del país y estipula una meta de una reducción e hasta el 50% en emisiones GEI para el 2050, cuando se comparan con las emisiones en el 2000.[77] La estrategia también incluye una trayectoria oficial hacia 2020 de 830 Mt CO_2e.[78]

Dado el enfoque específico creado por la Ley General sobre el Cambio Climático (LGCC) sobre los beneficios colaterales, tanto la Estrategia Nacional sobre el Cambio Climático que se adoptó en junio de 2013 como el Programa Especial sobre el Cambio Climático 2014-2018 incorporan los temas de gases de efecto invernadero y las partículas, también llamadas Contaminantes Atmosféricos de Vida Corta o "Short Lived Climate Pollutants" (SLCPs).

En el apartado de energía, México ha desarrollado varias iniciativas legislativas a nivel nacional enfocadas en la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero así como en la promoción de energías renovables y energías eficientes. La Ley para el Uso de Energías Renovables y el Fondo para la Transición Energética (LAERFTE) promueve el uso de fuentes de energía renovable y el uso de tecnologías limpias para la generación de electricidad. Establece el Programa Especial para el Uso de Energías Renovables, la Estrategia Nacional para la Transición Energética y el Uso de Energía Sustentable y el Fondo para la Transición Energética. LAERFTE se apoya en la Estrategia Nacional de Energía 2013-2027, la cual estableció el marco para una evolución mayor del sector energético para los próximos quince años y busca incrementar la generación de energía basada en el uso de combustibles no-fósiles a un 35%.[79]

Otro instrumento importante es la Ley para la Promoción y Desarrollo de la Bioenergía que entró en vigor el 13 de diciembre de 2007 con la visión de promover la producción y comercialización de fuentes de bioenergía provenientes de actividades en áreas rurales relacionadas a agricultura y ganadería, bosques, algas, biotecnología y procesos enzimáticos.

México también ha desarrollado la base para una Estrategia de Desarrollo de Bajas Emisiones (LEDS) que apunta no solo a la reducción de la emisión de GHG, pero también a la promoción del crecimiento sustentable[80]. Dentro de sus objetivos, México busca apoyar el desarrollo de tecnologías limpias, eficiencia energética y la incorporación de estándares internacionales para las emisiones de vehículos automotores. Estas acciones apoyan al país para que alcance sus objetivos de reducción de emisiones de GHG.

8.3. Implicaciones potenciales en la demanda de carga comercializada a través del Puerto de Manzanillo

La primera implicación de los compromisos de mitigación del cambio climático en el puerto de Manzanillo se relaciona al precio de productos petroleros y de la demanda para los diferentes tipos de combustibles. La introducción de topes a las reducciones en las emisiones y/o políticas y legislación destinados a la promoción de energías renovables y combustibles, medidas de eficiencia energética y transporte más limpio podrían incrementar el precio de dichos combustibles. En consecuencia, la demanda de tales productos podría verse afectada negativamente. Otras mercancías que podrían verse afectadas por la legislación sobre cambio climático podrían incluir vehículos automotores, minerales, equipo más eficiente y otros como resultado de una reducción de su demanda debido a las políticas y medidas de mitigación.

Los productos petroleros representan una mercancía de mucho volumen que pasa a través del sistema portuario nacional en México (SPN), principalmente debido a la demanda del sector transporte.[81] En 2011, PEMEX movió 3.2 millones de toneladas de petróleo y sus derivados a través del puerto de Manzanillo. PEMEX opera una terminal de crudo y gas en el puerto que se encarga de la carga, descarga y manejo de productos petroleros (combustóleo pesado, gasolinas, diésel) cuyos precios podrían potencialmente ser impactados por los compromisos de mitigación tanto nacionales como internacionales que aplican para México.

Otras mercancías que pasan por el puerto que pudieran ser afectadas por la legislación sobre el cambio climático incluyen a los vehículos, minerales, así como a electrodomésticos y componentes automotrices en contenedores, como resultado de una reducción en su demanda debido a la creciente presión para reducir el uso de combustibles fósiles, para mejorar la energía renovable o para desarrollar transportes más benévolos con el ambiente. En particular, vehículos importados de Asia podrían verse afectados por medidas específicas nacionales en el sector de transporte, por ejemplo apuntando a la promoción de transporte público o de vehículos de menores emisiones. El transporte por tierra es el medio de mayor uso en México, en parte debido a la calidad del transporte por tren.

Como se indica arriba, hay mucha especulación acerca de los resultados de la próxima COP21 en París. Es por tanto incierto si en el corto plazo (al menos para 2030, tomando en cuenta el rango medio y la calendarización de compromisos actuales de mitigación voluntarios tanto nacionales como internacionales) los volúmenes de exportaciones e importaciones de materiales varios a través del puerto de Manzanillo se vean afectados directa o indirectamente por los acuerdos de 2015 como resultado de legislaciones fuertes y avanzadas de cambio climático. Además, debe enfatizarse que varios esfuerzos serán determinados lo más probablemente a nivel nacional. Como ha probado el proceso INDC, los países de manera voluntaria propondrán la escala de sus propios compromisos de reducción bajo el entendido de sus circunstancias nacionales y sus consideraciones. Más aún, las Partes hacia el UNFCCC no pudieron ponerse de acuerdo en el establecimiento de un año base y plazo aplicable para todos los INDCs, por tanto otorgándoles a cada estado la libertad de decidir la magnitud y los componentes principales de su contribución a la mitigación. Es por tanto posible que las decisiones voluntarias y a nivel nacional serán diseñadas de tal suerte que los sectores económicos a nivel nacional no sean severamente afectados por tales decisiones. Eso aplica también al nivel de los compromisos nacionales asumidos por México como se resaltó en la sección anterior. En particular, la elección de un "escenario BAU de proyecciones de emisiones basadas en el crecimiento económico en ausencia de políticas respecto al cambio climático, empezando a partir de 2013" para medir los objetivos varios de mitigación adoptados por México, deja cierta incertidumbre respecto al nivel de ambición de dichos objetivos nacionales.

Otro factor que tiene el potencial de forma indirecta de afectar el volumen del comercio que pasa por el Puerto de Manzanillo es los compromisos de mitigación asumidos por otros países, en particular aquellos que son relevantes para la actividad del puerto en términos de importaciones y exportaciones.

Notas finales de los Apéndices

1. http://earth.nullschool.net/ (Acezado en Abril de 2015).

2. CONAGUA (2014) Estudio por Mondragón. Drenaje de cuencas e intensidad de lluvias que alimentan al puerto of Manzanillo

3. Maidment, D. R. Handbook of Hydrology. McGraw-Hill. 1993.

4. Seneviratne, S.I., N. Nicholls, D. Easterling, C.M. Goodess, S. Kanae, J. Kossin, Y. Luo, J. Marengo, K. McInnes, M. Rahimi, M. Reichstein, A. Sorteberg, C. Vera, and X. Zhang, 2012: Changes in climate extremes and their impacts on the natural physical environment. In: Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation [Field, C.B., V. Barros, T.F. Stocker, D. Qin, D.J. Dokken, K.L. Ebi, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, G.-K. Plattner, S.K. Allen, M. Tignor, and P.M. Midgley (eds.)]. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Cambridge University Press, Cambridge, UK, and New York, NY, USA, pp. 109-230.

5. Srivastav, R.K., A. Schardon, and S. P. Simonovic. Computerized Tool for the Development of Intensity-Duration-Frequency Curves under a Changing Climate. The University of Western Ontario Department of Civil and Environmental Engineering. February 2015.

6. Maraun, D., F. Wetterhall, A.M. Ireson, R.E. Chandler, E.J. Kendon, M. Widmann, S. Brienen, H. W. Rust, T. Sauter,M. Themeßl, V. K. C. Venema, K. P. Chun, C. M. Goodess, R. G. Jones, C. Onof, M. Vrac, I. Thiele-Eich. 2010. Precipitation downscaling under climate change: Recent developments to bridge the gap between dynamical models and the end user. Review of Geophysics. 48(3).

7. Collins, M., R. Knutti, J. Arblaster, J.-L. Dufresne, T. Fichefet, P. Friedlingstein, X. Gao, W.J. Gutowski, T. Johns, G. Krinner, M. Shongwe, C. Tebaldi, A.J. Weaver and M. Wehner, 2013: Long-term Climate Change: Projections, Commitments and Irreversibility. In: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

8. Seneviratne, S.I. et al (2012). Ibid.

9. Seneviratne, S.I. et al (2012). Ibid.

10. Srivastav, R.K. et al (2015). Ibid.

11. IPCC. (2013). Summary for Policymakers. In: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

12. Seneviratne, S.I. et al (2012). Ibid.

13. Srivastav, R.K. et al (2015). Ibid.

14. Foresight International Dimensions of Climate Change. (2011). Final Project Report. The Government Office for Science, London

15. Van der Mensbrugghe, D and Roson, R. (2010). Climate, Trade and Development: Thinking Ahead on International Trade (TAIT) -2nd conference Climate Change, Trade and competitiveness: Issues for the WTO, Centre for Trade and Economic Integration. www.wto.org/english/res_e/reser_e/climate_jun10_e/background_paper1_e.pdf (Acezado en Abril de 2015)

16. www.coast.noaa.gov/port/#Vulnerabilities (Acezado en Abril de 2015)

17. http://www.coast.noaa.gov/port/#Vulnerabilities (Acezado en Abril de 2015)

18. Port World (2007). Australian Port Congestion Burns Coal Companies. 11 July 2007. www.bunkerworld.com/news/Australian_port_congestion_burns_coal_companies-68425 (Acezado en Abril de 2015).

19. Ship Chartering (2009). Congestion at Australia's coal, iron ore and grain ports. 24 February 2009. www.shipchartering.blogspot.com/2009/02/congestion-at-australias-coal-iron-ore.html (Acezado en Abril de 2015)

20. Financial Times. 2007. Xstrata seeks curbs on new mines. 23 August 2007. www.ft.com/cms/s/0/09cb7a24-5199-11dc-8779-0000779fd2ac,dwp_uuid=e8477cc4-c820-11db-b0dc-000b5df10621.html?nclick_check=1 (Acezado en Abril de 2015)

21. http://www.saj.usace.army.mil/Portals/44/docs/Planning/EnvironmentalBranch/EnvironmentalDocs/CanaveralHarborFL-Sec%20203ReportFinalEA.pdf (Acezado en Abril de 2015).

22. http://www.portsmouth-port.co.uk/about_us/port_information (Acezado en Abril de 2015)

23. http://www.portsmouth-port.co.uk/about_us/port_information (Acezado en Abril de 2015)

24. http://www.portbris.com.au/PortBris/media/General-Files/Land%20Use%20Planning/PBPL-Land-Use-Plan-2013.pdf (Acezado en Abril de 2015)

25. U.S. Environmental Protection Agency (2008). Planning for Climate Change Impacts at U.S. Ports: White Paper.

26. U.S. Environmental Protection Agency (2008). Ibid.

27. Paulauskas V, Paulauskas D, Wijffels J (2009) Ships safety in open ports. Comput. Model. New Technol.13(2):48–55

28. http://www.scmp.com/lifestyle/technology/article/1554128/how-hong-kong-observatory-combines-computer-modelling-and (Acezado en Abril de 2015)

29. United States Department of Transportation (2013). Impacts of Climate Change and Variability on Transportation Systems and Infrastructure: The Gulf Coast Study, Phase 2 - Screening for Vulnerability.

30. Stenek, V. et al (2011). Climate Risk and Business: Ports. International Finance Corporation.

31. K. Dobney et al. (Undated). Quantifying the Effects of High Summer Temperatures due to Climate Change on Buckling and Rail Related Delays in the UK. University of Birmingham, UK http://www.uic.org/cdrom/2008/11_wcrr2008/pdf/I.3.1.1.1.pdf (Acezado en Abril de 2015)

32. Dobney, K. et al (2010). The future cost to the United Kingdom's railway network of heat-related delays and buckles caused by the projected increase in high summer temperatures owing to climate change. Proc. IMechE Vol. 224 Part F: J. Rail and Rapid Transit. Pp 25-34.

33. Dobney, K. et al (2010). Ibid.

34. Wilson, M, I and Burtwell, M, H. (2002). Prioritising Future Construction Research and Adapting to Climate Change: Infrastructure (Transport and Utilities). Report prepared by TRL for the CRISP Commission.

35. Rail Safety and Standards Board (2003). Safety implications of weather, climate and climate change. Report prepared by AEA Technology. March 2003. RSSB Research Programme: Engineering. London. 153pp.

36. Winter, M, G. et al (2008). Landslides, Climate, Rainfall and Forecasting. In Scottish Road Network Landslides Study: Implementation, eds. Winter, G, Macgregor, F, and Shackman, L. November 2008. Transport Scotland. Pp 115- 128. www.transportscotland.gov.uk/report/j10107-00.htm (Accesado en Abril de 2015)

37. United States Global Change Research Program (2009). Transportation Chapter. In Global Climate Change Impacts in the United States. Karl, T, R., Melillo, J, M., and Peterson, T, C (eds.). Cambridge University Press, 2009. pp 61-70.

38. United States Global Change Research Program (2009). Ibid.

39. United States Global Change Research Program (2009). Ibid.

40. Rail Safety and Standards Board (2003). Ibid.

41. Rail Safety and Standards Board (2003). Ibid.

42. Knutson et al. (2010). Tropical Cyclones and Climate Change. Nature GeoScience.

43. Government of Scotland (2005). Road Impacts and Network Management Issues. Chapter 5 in Scottish Road Network Climate Change Study. Eds. R, M, Galbraith., D, J, Price., L Shackman www.scotland.gov.uk/Publications/2005/07/08131510/15226 (Acezado en Abril de 2015)

44. US Transportation Research Board (2008). Potential Impacts of Climate Change on U.S. Transportation. Committee on Climate Change and U.S. Transportation. Transportation Research Board Special Report 290.

45. United States Department of Transportation (2013). Ibid.

46. http://www.epa.gov/climatechange/impacts-adaptation/transportation-adaptation.html#adaptcalifornia (Acezado en Abril de 2015)

47. http://www.epa.gov/climatechange/impacts-adaptation/transportation-adaptation.html#adaptcalifornia (Acezado en Abril de 2015)

48. http://www.epa.gov/climatechange/impacts-adaptation/transportation-adaptation.html#adaptcalifornia (Acezado en Abril de 2015)

49. http://www.lloyds.com/news-and-insight/news-and-features/emerging-risk/emerging-risk-2014/keying-climate-change-into-catastrophe-models (Acezado en Abril de 2015)

50. U.S. Environmental Protection Agency (2008). Ibid.

51. Pew Center on Global Cambio climático (2008). Adapting to Climate Change: A Business Approach http://www.c2es.org/docUploads/Business-Adaptation.pdf (Acezado en Abril de 2015)

52. Allianz Group and WWF (2006). Climate Change and Insurance: An Agenda for Action in the United States. http://www.climateneeds.umd.edu/pdf/AllianzWWFreport.pdf (Acezado en Abril de 2015)

53. http://www.coast.noaa.gov/port/#Vulnerabilities (Acezado en Abril de 2015)

54. http://www.coast.noaa.gov/port/#Vulnerabilities (Acezado en Abril de 2015)

55. http://www.coast.noaa.gov/port/#Vulnerabilities (Acezado en Abril de 2015)

56. Stenek, V. et al (2011). Ibid.

57. Department for Environment, Food and Rural Affairs, UK (2007). Air quality and Climate Change: a UK perspective. Report by the Air Quality Expert Group (AQEG). London. Pp 102-150

58. US Climate Change Science Program (2008). Impacts of Climate Change and variability on transportation systems and infrastructure: Gulf coast study I, Phase 1. Synthesis and Assessment Product 4.7. Washington DC, 445pp.

59. US Climate Change Science Program (2009). Coastal Sensitivity to Sea level Rise: A Focus on the Mid-Atlantic Region. Synthesis and Assessment Product 4.1. Washington DC. 790pp.

60. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) Working Group 1. (2007). Climate Change 2007: The Physical Science Basis; Contributions of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, ed. S. Solomon, D. Qin, M. Maning, Z. Chen, M. Marquis, K. B. Avery, M. Tignor, and H. L. Miller. Cambridge: Cambridge University Press. 996pp.

61. US Transportation Research Board (2008). Ibid.

62. Stenek, V. et al (2011). Ibid.

63. http://www.coast.noaa.gov/port/#Vulnerabilities (Acezado en Abril de 2015)

64. http://www.coast.noaa.gov/port/#Vulnerabilities (Acezado en Abril de 2015)

65. http://www.coast.noaa.gov/port/#Vulnerabilities (Acezado en Abril de 2015)

66. http://www.rotterdamclimateinitiative.nl/en/programme-sustainability-and-climate-change/preparing-for-the-consequences-of-climate-change?doelen_id=57&resultaat=1 (Acezado en Abril de 2015)

67. Becker, A. et al. (2013). Ibid.

68. UNEP. (2014). The Emissions Gap Report 2014, a UNEP synthesis report, p. 20.

69. UNEP. (2014). The Emissions Gap Report 2014, a UNEP synthesis report.

70. UNEP. (November 2013). The Emissions Gap Report 2013, Executive Summary, p. 5.

71. UNEP. (2014). The Emissions Gap Report 2014, a UNEP synthesis report. p. 21.

72. 2014 Emissions Gap Report, UNEP, p. 31; Climate Action Tracker, 2013; World Resources Institute, 2014.

73. UNEP. (2013). The Emissions Gap Report 2013, Executive Summary.

74. Ver Artículo 12 de la CMUNCC

75. http://unfccc.int/files/bodies/application/pdf/submission_by_México,_indicative_elements_for_a_lbi.pdf. (Acezado en Junio de 2015)

76. http://unfccc.int/files/bodies/application/pdf/submission_by_México,_indicative_elements_for_a_lbi.pdf, p. 2-3. (Acezado en Junio de 2015)

77. GLOBE International (2014), Ibid. p.5.

78. El reporte de UNEP (2014) ofrece trayectorias para 2020 con concentraciones de 765 (715-830) $GtCO_2e$ como un estimado independiente en pase a información ofrecida por el Climate Action Tracker (2013) y Roelfsema et al. (2014).

79. SENER. Secretaria de Energía. (2013). Estrategia Nacional de Energía 2013-2027.

80. SEMARNAT. (Noviembre 2012). Bases para una estrategia de desarrollo bajo en emisiones en México.

81. Programa Maestro de Desarrollo Portuario (PMDP) del Puerto de Manzanillo 2012 – 2017, p. 69.

BANCO INTERAMERICANO DE DESARROLLO
1300 New York Avenue, NW
Washington, DC 20577, USA

Para mayor información, por favor, contáctenos en:
futurefinance@iadb.org
www.iadb.org/scf