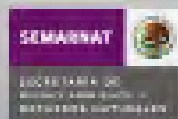
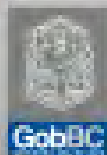


PROGRAMA  
ESTATAL DE ACCIÓN  
ANTE EL CAMBIO  
CLIMÁTICO DE BAJA  
CALIFORNIA





# Programa Estatal de Acción ante el Cambio Climático de Baja California



**Este programa es público y queda prohibido su uso  
con fines partidistas o de promoción personal**

**Diciembre de 2012**

## Directorio

### **JUAN RAFAEL ELVIRA QUESADA**

Secretario del Medio Ambiente y Recursos  
Naturales

### **JOSÉ GUADALUPE OSUNA MILLÁN**

Gobernador del Estado de Baja California

### **FERNANDO TUDELA ABAD**

Subsecretario de Planeación y Política Ambiental  
de la Secretaria de Medio Ambiente y Recursos  
Naturales

### **FRANCISCO ANTONIO GARCÍA BURGOS**

Secretario General de Gobierno del Estado de  
Baja California

### **FRANCISCO BARNÉS REGUEIRO**

Presidente del Instituto Nacional de Ecología

### **EFRAÍN CARLOS NIEBLAS ORTIZ**

Secretario de Protección al Ambiente del  
Gobierno del Estado de Baja California

Se agradece a las diversas instancias del sector social, privado, gubernamental y en especial a las instituciones de Educación Superior que aportaron su conocimiento y experiencia para la elaboración de este programa:

### **FEDERICO GRAEF ZIEHL**

Director General del Centro de Investigación  
Científica y de Educación Superior de Ensenada

### **TONATIUH GUILLÉN LÓPEZ**

Presidente de El Colegio de la Frontera Norte

### **FELIPE CUAMEA VELÁZQUEZ**

Rector de la Universidad Autónoma de Baja  
California

### **MARÍA ELENA GINER**

Administradora General de la Comisión de  
Cooperación Ecológica Fronteriza

# Programa Estatal de Acción ante el Cambio Climático de Baja California (PEACC-BC)

## INTRODUCCIÓN

El desafío del cambio climático	1
La situación de México	2
<b>1. INVENTARIO DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO DE BAJA CALIFORNIA</b>	
1.1 Introducción	5
1.2 Metodología	5
1.3 Resultados	6
1.4 Proyecciones	10
<b>2. ANÁLISIS DE ESCENARIOS CLIMÁTICOS REGIONALES</b>	
2.1 Base de datos climáticos para Baja California y el Noroeste de México	14
2.2 Variabilidad climática de Baja California: análisis estadístico-histórico	16
2.3 Escenarios espaciales de cambio climático	20
2.4 Proyecciones locales de cambio climático	26
2.5 El ascenso del nivel del mar	34
<b>3. DIAGNOSTICO Y EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD E IMPACTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO PARA EL ESTADO DE B.C.</b>	
3.1 Recursos hídricos	47
3.2 Biodiversidad	54
3.3 Ecosistemas marinos	64
3.4 Energía	73
3.5 Transporte	85
3.6 Asentamientos urbanos y vivienda	98
3.7 Agricultura y ganadería	117

---

3.8 Turismo	133
3.9 Salud	149
3.10 Economía	154
<b>4. ACCIONES DE MITIGACIÓN Y ADAPTACIÓN</b>	
4.1 Acciones de mitigación y adaptación	164
4.2 Propuestas de mitigación y adaptación	182
<b>5. ELEMENTOS DE POLÍTICA TRANSVERSAL</b>	
5.1 Políticas públicas y fortalecimiento institucional	194
5.2 Educación y difusión	200
<b>CRÉDITOS</b>	205
<b>ACRÓNIMOS Y BIBLIOGRAFÍA</b>	208



Baja California se ha convertido en una de las entidades federativas del país más dinámicas e innovadoras.

La expansión ha significado que hayamos alcanzado el liderazgo en varios de los principales temas económicos, políticos y sociales.

Consolidar esos logros de cara al futuro es una de nuestras principales responsabilidades históricas.

Con esa convicción es que en nuestra administración nos propusimos avanzar en la protección y cuidado de nuestro medio ambiente, así como en la conservación y aprovechamiento sustentable de los recursos naturales que tenemos en el Estado.

Ello nos lo hemos planteado a partir de una “Agenda Verde”, en la cual se consideren las prioridades locales, pero también los retos y desafíos que plantea la agenda nacional e internacional.

Debemos recordar que Baja California, por su ubicación geográfica, no está exenta de vulnerabilidad ante los inminentes cambios del clima mundial y regional, lo cual hace necesario contar con un instrumento que a la vez que identifica los impactos de este fenómeno, institucionalice las políticas públicas, tanto de mitigación como de adaptación que debemos implementar, se convierta en el eje rector de la coordinación intergubernamental y de concertación social en la materia.

De ahí surge este Programa Estatal de Acción Ante el Cambio Climático para Baja California que es el instrumento, que nos permite contribuir con los propósitos del país y los compromisos con el mundo, para mitigar los efectos y fortalecer nuestras estructuras económicas, políticas y sociales al mismo tiempo que las adaptamos, aprovechando las nuevas oportunidades para mejorar la calidad de vida de las personas, sus familias y nuestra sociedad.

El presente programa es un esfuerzo colectivo que conjuga las capacidades científicas, técnicas y la experiencia social que hemos desarrollado en el Estado.

Gracias a ello podremos avanzar en la visión plasmada en el Plan Estatal de Desarrollo 2008-2013 en el que Baja California contará con un entorno urbano, rural y regional concentrado en polos de desarrollo eficazmente planificado, orientados hacia un crecimiento equilibrado y ordenado, propicio al desarrollo de las actividades económicas y sociales, a la preservación de las condiciones que aseguran la calidad de vida de sus habitantes y en armonía con el medio ambiente y sus recursos naturales.

Con este documento, fortalecemos la toma de decisiones institucionales y contamos con los elementos necesarios para continuar en el camino del desarrollo sustentable, para que unidos logremos proteger nuestro medio ambiente, aprovechemos racionalmente los recursos naturales y mejoremos la calidad de vida de todos los bajacalifornianos.

Tengo la seguridad de que la nueva herramienta habrá de ser, por su origen, un documento guía de todos los actores de la agenda ambiental de Baja California.

**José Guadalupe Osuna Millán**  
**Gobernador de Baja California**



El Programa Estatal Ante el Cambio Climático para Baja California es resultado de la participación más amplia de investigadores, académicos, directivos públicos, organismos de la sociedad civil y ciudadanos; esta articulación de la experiencia, investigación científica y aplicación del conocimiento, así como la colaboración técnica y financiera de instituciones nacionales e internacionales como SEMARNAT, INE y la COCEF nos permite afirmar que tiene el soporte social, académico, científico y gubernamental suficiente para enfrentar los impactos que el cambio climático tiene en Baja California.

Este Programa es el instrumento que vincula tanto la visión internacional sobre este fenómeno, los compromisos nacionales asumidos en la Estrategia Nacional de Cambio Climático, así como los objetivos locales de desarrollar escenarios regionales de cambio climático para el siglo XXI y evaluar los impactos y la vulnerabilidad de diferentes sectores socio-económicos de la región ante los posibles cambios del medio ambiente, además de definir y evaluar medidas de mitigación y adaptación

La identificación de los desafíos y retos que los escenarios regionales nos plantean, no ofrece la posibilidad de identificar y anticipar las oportunidades que se generaran en los ámbitos económico, político y social de Baja California y que nos indican que la ruta es conducir nuestro desarrollo bajo los principios de la sustentabilidad, toda vez que el cambio climático nos exige como respuestas nuevas formas y mejores prácticas en la generación de productos, bienes y servicios, en la relación con el medio ambiente y en la organización social.

Además de implementar las medidas de adaptación y mitigación que se identifican como políticas públicas dentro del programa, en el caso del fenómeno del Cambio Climático, es vital que nuestro esfuerzo en un primer momento y de forma paralela, sea que la sociedad se informe, conozca el fenómeno y lo entienda, para que el proceso de modificar nuestras prácticas de generar y consumir satisfactores, así como la relación con nuestro medio ambiente sea comprometido.

En este sentido, la primera y permanente oportunidad que aprovecharemos es la política que impacta transversalmente los sectores de la sociedad y por lo tanto, orienta cada una de las decisiones hacia la calidad de vida, permitiéndonos lograr el éxito en cada una de las acciones colectivas que se emprenden: LA EDUCACION.

Al mismo tiempo, necesitamos preparar y acompañar a los profesionistas y profesionales que habrán de consolidar las políticas públicas que nos permitirán implementar nuevas formas de producir y consumir satisfactores; para ello, será determinante fortalecer la investigación científica y la innovación tecnológica basada en los sólidos principios de la sustentabilidad.

En resumen, el Cambio Climático como fenómeno mundial si bien es un reto, representa también el diagnóstico de la inevitable transformación que debemos realizar en la sociedad y de la actual forma de desarrollo, para que nuestra generación disfrute y aproveche los beneficios de los recursos naturales y que las generaciones por venir, reciban un futuro mejor y distinto en un Baja California donde Unidos Cumplimos con el desarrollo sustentable.

**Efraín Carlos Nieblas Ortiz**  
**Secretario de Protección al Ambiente**





El Cambio Climático es considerado un problema de desarrollo que representa un gran reto por enfrentar. Desde la perspectiva de la política pública, la toma de decisiones apoyada en información técnico-científica sobre Cambio Climático, es sin duda una de las mejores herramientas para abordar tal reto.

La construcción y fortalecimiento de capacidades para la toma de decisiones requiere un arduo proceso de participación activa de los tenedores del conocimiento, los encargados de la política pública y otros actores clave; esta vinculación del conocimiento y el diseño de política pública representa uno de los mayores avances en México.

En materia de Cambio Climático la política pública se orienta al desarrollo sustentable de ésta y las generaciones futuras; ya sea con acciones de mitigación de emisiones gases de efecto invernadero (GEI) o con medidas de adaptación al cambio climático. Las acciones de mitigación tienen impacto global, es decir, contribuyen a estabilizar la concentración de GEI en la atmósfera; mientras que las medidas de adaptación responden al ámbito local, así pues, están orientadas a incrementar la resiliencia o disminuir la vulnerabilidad de los sistemas naturales y humanos ante el cambio climático.

Un reto de tal magnitud, tanto en mitigación como en adaptación al Cambio Climático, requiere de una combinación de soluciones de alcance global y de cobertura local; más aún, algunos de los impactos del Cambio Climático, sólo se pueden estudiar, analizar y atender, desde el ámbito local; por lo que la participación activa de los gobiernos locales, es por mucho, una de las mejores opciones en cuanto a la atención del Cambio Climático se refiere.

Un importante componente en el diseño de instrumentos de política pública para atender el tema de Cambio Climático son los análisis locales bajo escenarios referenciales, trazados o proyectados para identificar las líneas de acción por desarrollar; es decir elementos que aportan al diseño del Programa Estatal de Acción ante el Cambio Climático (PEACC).

Para el Gobierno Federal, la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, y el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, es motivo de orgullo y reconocimiento la construcción del PEACC del Estado de Baja California, el cual fortalece la respuesta estatal, regional y nacional ante el cambio climático; por lo que deseamos que este mensaje sirva para motivar e invitar a continuar y robustecer este encomiable esfuerzo, mediante la consecución y exitosa implementación de su Programa Estatal de Acción ante el Cambio Climático.

**Francisco U. Barnés Regueiro**  
**Presidente del Instituto Nacional**  
**de Ecología**

# ■ Introducción



## El desafío del cambio climático

Desde finales del siglo XIX se detectaron las primeras señales de cambios importantes en las condiciones climáticas y del medio ambiente del planeta. Sin embargo, fue hasta la segunda mitad del siglo XX que gobiernos de algunos países y organizaciones internacionales decidieron unirse para hacer frente al problema. El primer intento por establecer líneas de acción para combatir el cambio climático se realizó en Febrero de 1979 en Génova, Suiza, cuando la Organización Meteorológica Mundial (WMO, por sus siglas en inglés) llevó a cabo su primera Conferencia del Clima Mundial en la que especialistas en temas ambientales expresaron su preocupación acerca de las condiciones climáticas de la época y el panorama proyectado para los años siguientes a causa del incremento de la temperatura global, principalmente a causa de la acción del hombre.

Acorde con el ánimo de prevención y acción que se despertó en esos años, el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y la Organización Meteorológica Mundial (OMM) instauraron en 1988 el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) con la intención de contar con un cuerpo científico que proporcione la información necesaria a los encargados de elaborar las políticas públicas encaminadas a controlar el cambio climático.

Casi diez años después, la mayoría de los países miembros de la ONU se unen para participar en la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC) con la finalidad de definir un programa de trabajo encaminado a reducir el calentamiento global, lo cual derivó en el Protocolo de Kioto firmado el 11 de diciembre de 1997 y que entró en vigor el 16 de febrero de 2005, en el que 37 países industrializados, incluyendo a México, y la comunidad Europea se comprometen a reducir sus emisiones de gases de efecto invernadero estableciendo metas y cuotas de reducción a cumplir en el mediano plazo.

En 2007, el gobierno de México presentó el Plan Nacional de Desarrollo (PND), “una estrategia clara y viable para avanzar en la transformación de México sobre bases sólidas, realistas y, sobre todo, responsables” ([http://pnd.calderon.presidencia.gob.mx/pdf/PND\\_2007-2012.pdf](http://pnd.calderon.presidencia.gob.mx/pdf/PND_2007-2012.pdf)). Uno de los ejes rectores de este programa es la sustentabilidad ambiental.

En concordancia con las políticas nacionales en la materia, el gobierno del estado de Baja California a través de la Secretaría de Protección al Ambiente inició la elaboración del Programa Estatal de Acción ante el Cambio Climático de Baja California (PEACC-BC), que cuenta con la participación de poco más de 40 investigadores del CICESE, la UABC y el COLEF, con financiamiento de la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales del gobierno federal. Los objetivos del PEACC-BC son desarrollar escenarios regionales de cambio climático para el siglo XXI y evaluar los impactos y la vulnerabilidad de diferentes sectores socio-económicos de la región ante los posibles cambios del medio ambiente, así como definir y evaluar medidas de mitigación y adaptación.

Los investigadores de las tres instituciones de educación superior han logrado generar los escenarios de cambio climático para Baja California y los resultados son preocupantes porque se prevé un aumento de 1°C en la temperatura media anual en los próximos veinte años y hasta 5°C a finales de este siglo, si no hacemos algo por disminuir la cantidad de gases de efecto invernadero que estamos enviando a la atmósfera. Un grado centígrado parece muy poco, pero para los científicos representa un punto crítico sin regreso porque muchas especies y ecosistemas podrían verse afectadas irreversiblemente. Además, si la temperatura media sube un grado, las temperaturas extremas (temperatura mínima y máxima) podrían aumentar de 1 a 3°C en la región afectando los ciclos agrícolas y pesqueros, por ejemplo.

El estado de Baja California es particularmente vulnerable al cambio climático porque además del incremento en la temperatura se proyecta una disminución de hasta un 15% en la precipitación pluvial anual en los próximos veinte años, pero con una alta variabilidad, lo que significa que podría haber varios años con sequías seguidos de algunos años con lluvias extremas. La reducción de precipitación sería mayor en invierno y primavera, y con el incremento de temperatura proyectado (más de 1°C en los próximos veinte años) se producirá una mayor evapo-transpiración, secando el suelo y las plantas más rápidamente. Esto posiblemente afectará a los cultivos de primavera-verano que requieren de humedad y horas frío. Además, estos cambios también podrían tener efectos en la salud, en la disponibilidad de agua y energía, en la agricultura, ganadería y en el turismo.

Asimismo, los académicos de las instituciones antes señaladas también han logrado desarrollar el inventario de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) de Baja California, encontrando que en el año 2005 las actividades en el estado generaron la emisión de 16.1 millones de toneladas de bióxido de carbono, una cantidad equivalente al 2.4% de las emisiones totales que nuestro país generó en ese mismo año.

El objetivo general del PEACC-BC es así “evaluar la situación actual y futura de los efectos del cambio climático en diferentes sectores socio-económicos del estado y proponer medidas de mitigación y adaptación”.

Para lograr lo anterior se propusieron los siguientes objetivos específicos: (1) actualizar el inventario de gases de efecto de invernadero (GEI), (2) elaborar proyecciones regionales (12 km) y locales de cambio climático para el siglo XXI bajo dos escenarios de incremento de GEI (SRESB1: bajas emisiones y SRESA2: altas emisiones), y (3) evaluar los posibles impactos que podría tener el cambio climático en el nivel del mar y en 10 sectores socio-económicos: agrícola y ganadero, agua, biodiversidad, desarrollo urbano, ecosistemas marinos, energía, salud, vivienda y transporte. Con toda esta información se propició la generación de medidas y estrategias de mitigación y adaptación a las nuevas condiciones climáticas del siglo XXI para que se puedan traducir en políticas públicas que beneficien a la población bajacaliforniana.

## La situación de México

### Capital natural de México

México es el cuarto país a nivel mundial con la mayor variedad de especies de flora y fauna, la mayoría de ellas endémicas, lo que lo coloca en la lista de países “megadiversos”, que son santuario de cerca de las dos terceras partes de la biodiversidad del planeta. En sus cerca de dos millones de kilómetros cuadrados se registran casi todos los climas del planeta y gracias a sus características topográficas y geológicas existen prácticamente todos los ecosistemas del mundo. Cuenta con poco más de 11000 kilómetros de litorales y mares territoriales calculados en 231 813 km, además de ser el único país en el mundo con un mar propio, el Golfo de California, con una extensa variedad de especies marinas.

Desafortunadamente, el desmesurado crecimiento económico de las últimas décadas ha ocasionado serios daños en el medio ambiente debido a la falta de políticas públicas que prevean el desarrollo sustentable. Para tratar de frenar el deterioro ambiental en nuestro país, el Instituto Nacional de Ecología (INE), a través de la Coordinación del Programa de Cambio Climático (CPCC), asesora técnicamente a las entidades federativas en la elaboración de los Programas Estatales de Acción ante el Cambio Climático (PEACC).

El objetivo del PEACC NACIONAL es sustentar las políticas públicas y acciones relacionadas al cambio climático en el nivel de gobierno estatal y municipal, además de conformar un elemento importante de la ruta crítica para la política de cambio climático en México e identificar acciones y medidas para reducir la vulnerabilidad ante los impactos del cambio climático y las emisiones de GEI. (<http://www2.ine.gob.mx/sistemas/peacc/index.html>)

## Emisiones en México

El uso de combustibles fósiles y tecnologías industriales atrasadas, el cambio de uso del suelo y la destrucción de millones de hectáreas forestales están provocando un aumento en la concentración de los Gases de Efecto Invernadero (GEI) en la atmósfera. De acuerdo al Plan Nacional de Desarrollo 2007-2012, en el año 2002 México generó el equivalente a 643,183 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente, dato que lo coloca entre los 15 principales países emisores, con una contribución de alrededor de 1.5% de las emisiones globales.

Como parte del compromiso adoptado al haber firmado el Protocolo de Kioto, México ha generado proyectos bajo el Mecanismo de Desarrollo Limpio, desarrollando proyectos de plantas de tratamiento de aguas residuales, generación de energía eléctrica a través de fuentes renovables, entre otras. Sin embargo, el objetivo principal es la reducción de emisiones de GEI en sectores estratégicos en los que existen cobeneficios muy importantes como la eficiencia energética, la competitividad industrial, la seguridad y el cuidado al medio ambiente.

Las estrategias eje del Plan Nacional de Desarrollo para reducir la emisión de GEI son impulsar la eficiencia y tecnologías limpias para la generación de energía, promover el uso eficiente de energía en el ámbito doméstico, industrial, agrícola y de transporte, impulsar la adopción de estándares internacionales de emisiones vehiculares y fomentar la recuperación de energía a partir de residuos.



# 1. Inventario de emisiones de gases de efecto invernadero



## 1.1. Introducción

Baja California es uno de los estados situados en la frontera norte de México y colinda con los Estados Unidos de América. Baja California cuenta con una extensión de 71 446 Km<sup>2</sup> que representa el 3.7% de la superficie del país. Las principales actividades económicas son la industria manufacturera, la actividad turística, la producción agrícola, ganadera y pesquera. Es el estado más rico per-cápita de México, y el número uno en bajo nivel de pobreza. Su participación en el PIB nacional fue de 3.44% en 2006, que lo sitúa en el décimo sitio a nivel nacional (Secretaría de Desarrollo Económico del Estado de Baja California 2010 con datos del INEGI).

De acuerdo a resultados obtenidos durante el desarrollo del Programa Estatal de Acción ante el Cambio Climático de Baja California, el Estado es especialmente vulnerable al cambio climático global. La región experimentaría una disminución del 10 al 20% en su precipitación total anual, mientras que la temperatura media anual aumentaría entre 1.5 y 2.5 grados centígrados en los próximos 50 años, lo cual intensificaría el ciclo hidrológico y posiblemente algunos fenómenos como El Niño/La Niña.

Con el propósito de emprender acciones para disminuir impactos asociados a la presencia de eventos meteorológicos extremos, en 2007 dio inicio el Programa Estatal de Acción ante el Cambio Climático de Baja California (PEACC-BC), que tiene como objetivo evaluar el estado actual de los efectos del cambio climático en el estado, a través de la revisión de los posibles cambios en la temperatura y la precipitación de la región bajo diferentes escenarios y a través de un diagnóstico de un posible impacto que tendría el cambio climático sobre diversos sectores socioeconómicos.

Existen antecedentes de actividades realizadas para atender cuestiones relativas al Cambio Climático, así lo representa la elaboración de un primer Inventario de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (IEGEI) al año base 2005, elaborado por el Centro Mario Molina. En este primer inventario se recomienda desagregar y detallar las emisiones, a manera de elevar la categoría del inventario GEI de Baja California a un nivel 2 ó 3. Estas recomendaciones se consideraron cuando se da cumplimiento a uno de los actuales objetivos del PEACC-BC. Es por ello que el presente apartado tiene como finalidad presentar los resultados de actualización del Inventario 1990-2005 de GEI, así como ofrecer proyecciones hasta 2050 para Baja California.

## 1.2. Metodología

La estimación de las emisiones siguió las directrices establecidas por el IPCC para el año 1996 o en su defecto en 2006. En cada una de las secciones se describen las particularidades debido a las condiciones de Baja California. Las principales categorías son:

- Energía
- Procesos Industriales
- Agricultura
- Desechos
- Cambio de Uso de Suelo y Silvicultura

Para cada una de las fuentes fueron elaboradas proyecciones a 2050.

Las bases de datos estatales incluyeron las ventas de combustibles en el Estado, estadísticas y tendencias reportadas por la Secretaría de Energía (SENER), los datos productivos de las propias industrias, las estadísticas de la Secretaría de Agricultura (SAGARPA), las estadísticas de la Secretaría de Medio Ambiente (SEMARNAT), y las estadísticas de la Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL). Las bases fueron revisadas y homogenizadas, y posteriormente se aplicaron los factores de defecto correspondientes. Las fuentes de los factores fueron tanto estudios regionales previos como los sugeridos por el IPCC. El uso de los datos y factores se justifica a través de la literatura citada.

### 1.3. Resultados

La categoría principal de emisión es el sector energético con el 76% de las emisiones, seguido de los procesos industriales que aportan el 15%, la agricultura con 6%, los desechos el 2% y el cambio de uso de suelo el 1%. En la tabla 1.1 se presentan las emisiones provenientes de las principales categorías de emisión.

#### 1.3.1. Energía

En la sección de energía fueron estimadas las emisiones por actividades de consumo de combustibles, éstas últimas incluyeron:

- La industria energética
- La industria manufacturera
- El transporte
- Otros sectores: Residencial, Comercial, Servicios, Agrícola.

Dentro del sector energético, la subcategoría de contribución mayoritaria fue el transporte con 59%, seguida de 29% debido a la generación de electricidad, un 6% se atribuye al sector residencial y el 6% restante está dividido en el uso de combustibles en el sector industrial, el agrícola y el comercial y servicios.

La mayor participación de combustibles proviene de la Geotermia (48%) y del gas natural en Ciclo Combinado (46%). La estimación de las emisiones está basada en los datos de venta de combustibles en el Estado. Los gases estimados fueron CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O. Estos gases en conjunto emitieron en 2005, 3 mil Gg de CO<sub>2</sub>eq de los cuales el 99% proviene directamente del CO<sub>2</sub> y en un pequeño porcentaje de CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O.



La industria manufacturera emite GEIs a partir de su consumo de electricidad, diesel, queroseno, lubricantes, gas LP, gas natural y coque de petróleo. En cuanto a la intensidad energética industrial, el mayor generador es la industria metálica, seguida de la industria química, la fabricación de minerales no metálicos, y por último la maderera. La estimación de las emisiones indica que la industria manufacturera emite 523 Gg anuales de CO<sub>2</sub>, 0.013 Gg de CH<sub>4</sub> y 0.0021 Gg de N<sub>2</sub>O.

Las emisiones del sector transporte se explican por el alto consumo de gasolinas y diesel en el estado, siendo la gasolina la mayor fuente, 8:2 en relación con el diesel. El principal gas emitido es el CO<sub>2</sub>, en un 98%. En 2005, el consumo de combustibles generó 7,116 Gg de dicho gas. En el mismo año fueron emitidos 2.81 Gg de CH<sub>4</sub> y 0.32 Gg de N<sub>2</sub>O por la misma fuente.

Los sectores agrícola, residencial y servicios y comercial dependen de la energía a partir de la electricidad y petrolíferos, entre ellos diesel, gas natural y gas LP. La principal emisión de estos sectores es el CO<sub>2</sub>, de éste el sector agrícola en 2005 emitió 206 Gg, el sector comercio y servicios 186 Gg y el sector residencial 608 Gg.

### 1.3.2. Procesos Industriales

Dentro la emisión debida a los procesos industriales, el mayor emisor son las fugas de gas refrigerante (66%) cuando se abastece al sector residencial, seguidas de la industria del acero (21%) y por último la industria del cemento (13%).

Las industrias incluidas en el análisis son:

- La producción de cemento
- La industria siderúrgica
- La industria electrónica
- Los productos usados como sustitutos de sustancias que dañan la capa de ozono
- La industria de alimentos y bebidas.

La industria de cemento emite CO<sub>2</sub> durante la producción de clínca. La producción el estado tiene una capacidad máxima de 592 mil ton/año. La industria del acero es emisora de CO<sub>2</sub> y NO<sub>x</sub>,

por lo que en 2005, esta industria emitió 617 Gg de CO<sub>2</sub> eq. La industria de bebidas es generadora de compuestos orgánicos volátiles diferentes del metano (COVDM). En 2005 la emisión correspondiente de la industria vinícola en Baja California, fue de 0.013 Gg. La industria cervecera en 2005 emitió 0.65 Gg de COVDM al igual que la industria de la panificación.

En relación a las fugas de gases refrigerantes en el sector industrial, se tiene que en el período 1990 se emitieron 879 Gg de CO<sub>2</sub>eq, y para 2005 se incrementó a 1524 Gg de CO<sub>2</sub>eq.

### 1.3.3. Agricultura

Dentro la categoría Agricultura, se estiman las emisiones provenientes de:

- La ganadería
- Las quemas agrícolas
- El manejo de los suelos agrícolas.

El mayor emisor es la ganadería con el 53%, después las quemas agrícolas con el 26% y por último la gestión de los suelos agrícolas con el 21%.

Las emisiones de la ganadería contemplan las emisiones como resultado de los procesos de fermentación entérica, y por manejo del estiércol. En Baja California la principal actividad pecuaria son los bovinos de carne y de leche, los primeros situados principalmente en el municipio de Mexicali y los segundos en las afueras de la ciudad de Tijuana. Ambos sistemas son altos generadores de metano. El manejo del estiércol es generadora de  $\text{CH}_4$  y  $\text{N}_2\text{O}$ , la emisión es variable en función del tipo del tratamiento. Dentro de las quemas agrícolas se estiman principalmente las quemas de los residuos del cultivo del trigo, principalmente en el Valle de Mexicali. Estas quemas son generadoras de gases los gases:  $\text{CH}_4$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{N}_2\text{O}$  y  $\text{NO}_x$ . La última subcategoría de la Agricultura se refiere al Manejo de los suelos agrícolas, los cuales emiten  $\text{CO}_2$  y  $\text{N}_2\text{O}$  en relación al tipo y frecuencia de fertilizante empleado. En el caso específico de las zonas agrícolas de Baja California, éstas son altamente dependientes de fertilizantes nitrogenados sintéticos, debido a su alta producción.

### 1.3.4. Desechos

Dentro de la categoría de Desechos, el mayor emisor son los desechos sólidos (70%) y el resto las aguas residuales. Los desechos sólidos a partir de su degradación en confinamientos generan  $\text{CO}_2$  y  $\text{CH}_4$ , en este inventario fueron estimadas las emisiones de metano, usando los parámetros por defecto, las estimaciones de la población, y los resultados de las investigaciones que indican la generación de basura en el estado. Las emisiones de metano se incrementan de 8.4 Gg en 1990 a 19.9 Gg en 2005. Las emisiones de  $\text{CH}_4$  provenientes del agua residual, fueron estimadas a partir de la cantidad de materia orgánica en el agua residual urbana y se multiplicó por el factor de emisión. Las emisiones de metano del agua residual se incrementan de 2.7 Gg en 1990 a 4.7 Gg en 2005.

### 1.3.5. Cambio de uso de suelo y silvicultura

Las emisiones debidas al USCUS representan el 95% de las emisiones y el 5% restante los incendios forestales. Las actividades generadoras de cambios en el flujo del carbono en Baja California son el manejo de los bosques y las plantaciones de árboles comerciales, los programas de reforestación, la pérdida de vegetación por la urbanización, el incremento de la agricultura y la pérdida de vegetación del matorral xerófilo. Fueron estimadas también las emisiones de gases no  $\text{CO}_2$  debidas a los incendios forestales. En promedio se han perdido anualmente 52 Gg de C al año, lo que equivale a 190 Gg de emisiones de  $\text{CO}_2$  por año.

SECTOR	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
<b>SECTOR ENERGÉTICO</b>	<b>5758.44</b>	<b>7284.88</b>	<b>7779.88</b>	<b>8057.61</b>	<b>8412.57</b>	<b>8782.40</b>	<b>9194.06</b>	<b>8971.16</b>
Generación de electricidad	1781.26	1782.08	2121.75	2510.60	2558.83	2800.61	2828.91	2396.87
Transporte	3284.39	4791.22	4942.48	4824.79	4955.49	5030.57	5360.14	5524.43
Industria manufacturera	110.49	105.64	99.79	90.72	96.32	102.46	110.94	156.07
Otros sectores								
Agrícola	121.55	127.75	120.68	119.14	117.33	137.62	156.45	198.80
Comercio y Servicios	43.88	45.59	46.85	48.30	63.22	66.17	69.06	129.18
Residencial	416.87	432.60	448.33	464.06	621.37	644.97	668.56	565.81
<b>PROCESOS INDUSTRIALES</b>	<b>1106</b>	<b>1149</b>	<b>1194</b>	<b>1361</b>	<b>1700</b>	<b>1906</b>	<b>1956</b>	<b>2006</b>
Industria del cemento	227	227	227	227	227	227	227	227
Industria del acero	0	0	0	121	413	560	569	579
Fugas de Gases refrigerantes	879	922	967	1013	1059	1118	1158	1199
<b>AGRICULTURA</b>	<b>521.59</b>	<b>556.38</b>	<b>527.43</b>	<b>654.92</b>	<b>677.98</b>	<b>728.83</b>	<b>724.13</b>	<b>832.83</b>
Ganadería	298.81	301.11	280.74	344.30	332.57	386.34	396.50	394.13
Fermentación entérica	188.91	190.93	180.01	219.07	213.26	249.21	257.24	255.60
Manejo del estiércol	109.90	110.18	100.73	125.24	119.31	137.13	139.26	138.53
Quemas agrícolas	102.20	129.16	121.15	170.02	200.34	181.08	163.31	278.72
Suelos agrícolas	120.58	126.12	125.54	140.60	145.07	161.41	164.32	159.98
<b>DESECHOS</b>	<b>171.54</b>	<b>181.06</b>	<b>191.11</b>	<b>201.71</b>	<b>212.91</b>	<b>224.74</b>	<b>236.06</b>	<b>247.99</b>
Desechos sólidos	114.36	121.06	128.15	135.65	143.60	152.01	160.92	170.35
Aguares residuales urbanas	57.18	60.00	62.96	66.06	69.31	72.72	75.14	77.64
<b>CAMBIO DE USO DEL SUELO Y SILVICULTURA</b>	<b>165.35</b>	<b>172.29</b>	<b>184.63</b>	<b>183.36</b>	<b>182.8</b>	<b>193.94</b>	<b>195.24</b>	<b>185.89</b>
Flujo de Carbono	155.22	170.9	182.63	179.16	179.29	182.76	181.52	177.55
Incendios forestales	10.13	1.39	2.00	4.20	3.51	11.18	13.72	8.34

Tabla 1.1. Emisiones de CO<sub>2</sub>eq provenientes de los principales sectores emisores (Gg).

SECTOR	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
<b>SECTOR ENERGÉTICO</b>	<b>8965.60</b>	<b>9889.45</b>	<b>10137.90</b>	<b>10484.25</b>	<b>10138.10</b>	<b>10483.90</b>	<b>11303.92</b>	<b>11844.31</b>
Generación de electricidad	2176.22	2798.52	2923.34	3309.36	3309.36	3013.54	3043.62	3042.76
Transporte	5572.80	5747.51	5971.65	5997.70	5620.17	6191.21	6745.73	7274.70
Industria manufacturera	243.23	333.36	296.86	241.17	303.26	378.68	555.88	524.08
Otros sectores								
Agrícola	171.37	181.47	190.68	178.02	159.84	166.15	182.77	206.79
Comercio y servicios	103.96	127.43	134.76	121.17	128.16	151.05	177.16	186.69
Residencial	698.02	701.16	620.60	636.83	617.31	583.28	598.77	609.29
<b>PROCESOS INDUSTRIALES</b>	<b>2059.00</b>	<b>2134.00</b>	<b>2219.00</b>	<b>2255.00</b>	<b>2315.00</b>	<b>2314.00</b>	<b>2392.00</b>	<b>2351.00</b>
Industria del cemento	227.00	227.00	227.00	227.00	227.00	227.00	225.00	209.00
Industria del acero	588.00	597.00	607.00	616.00	625.00	635.00	635.00	617.00
Fugas de gases refrigerantes	1243.00	1308.00	1384.00	1411.00	1461.00	1451.00	1531.00	1524.00
<b>AGRICULTURA</b>	<b>747.28</b>	<b>754.67</b>	<b>807.74</b>	<b>880.26</b>	<b>892.67</b>	<b>935.20</b>	<b>846.86</b>	<b>924.06</b>
Ganadería	391.05	412.91	440.37	475.14	483.53	494.69	488.11	478.54
Fermentación entérica	254.02	268.38	286.85	310.88	316.80	324.77	320.23	315.21
Manejo del estiércol	137.02	144.53	153.52	164.25	166.72	169.92	167.88	163.33
Quemas agrícolas	199.45	181.77	204.05	236.79	237.00	268.46	186.88	275.43
Suelos agrícolas	156.78	159.99	163.32	168.33	172.14	172.04	171.87	170.09
<b>DESECHOS</b>	<b>260.55</b>	<b>265.08</b>	<b>288.85</b>	<b>300.73</b>	<b>312.25</b>	<b>319.64</b>	<b>355.31</b>	<b>368.89</b>
Desechos sólidos	180.33	182.19	203.21	212.76	221.89	226.82	259.97	270.95
Aguares residuales urbanas	80.22	82.89	85.64	87.97	90.36	92.82	95.34	97.97
<b>CAMBIO DEL USO DEL SUELO Y SILVICULTURA</b>	<b>180.11</b>	<b>180.90</b>	<b>223.24</b>	<b>229.57</b>	<b>228.37</b>	<b>294.64</b>	<b>228.21</b>	<b>180.98</b>
Flujo de Carbono	179.93	176.23	211.75	229.05	213.00	235.89	213.70	178.04
Incendios forestales	0.18	4.67	11.49	0.52	15.37	58.75	14.51	2.94

Tabla 1.1. Emisiones de CO<sub>2</sub>eq provenientes de los principales sectores emisores (Gg). Continuación.

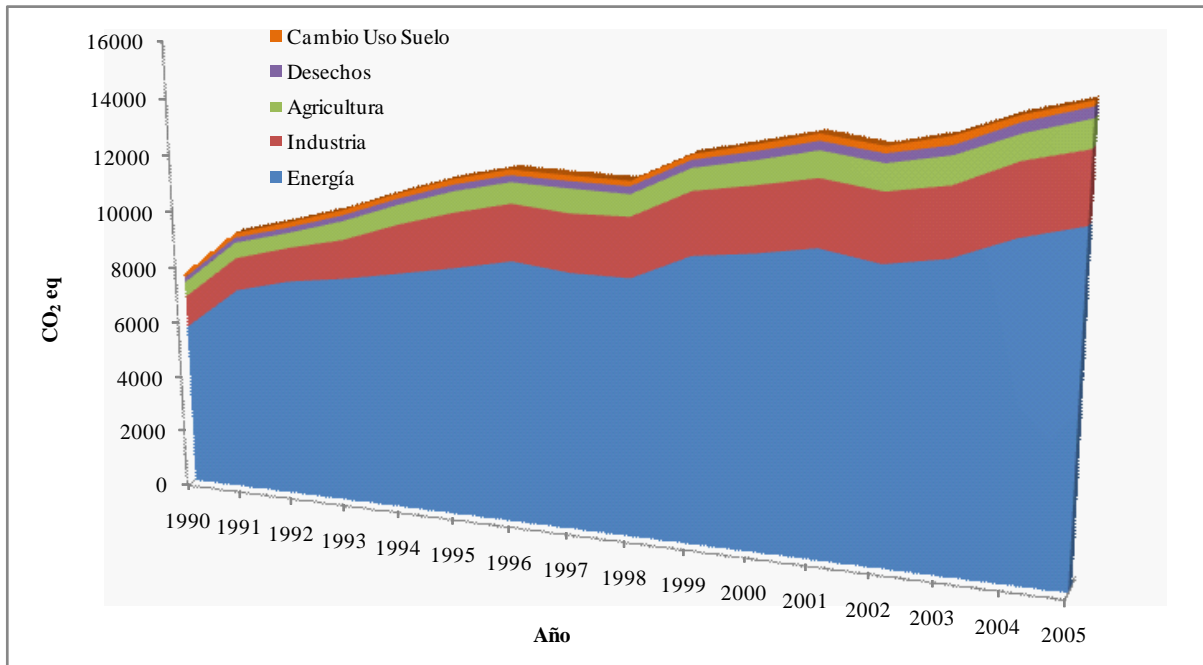


Figura 1.1. Tendencia de la emisión de gases para cada categoría del Inventario. Período 1990-2005. Unidades en Gg

## 1.4. Proyecciones

Las proyecciones de cada fuente fueron elaboradas a partir de la tendencia que tenían las emisiones en el periodo 1990-2005, es decir el escenario de emisión de GEIs es uno inercial o de “Business as usual”. En 2006 las emisiones totales fueron de 16 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>eq, mientras que para 2050, estas se incrementarán a poco más de 45 millones de toneladas. Las emisiones esperadas para cada fuente se presentan en la tabla 1.2. La emisiones totales para el estado de Baja California para el periodo 2006-2050 se grafican en la figura 1.2.

Año	Energía	Procesos industriales	Agricultura	Desechos	Cambio de Uso de Suelo
2006	12415	2477	881	371	185
2007	12155	2321	804	380	218
2008	13184	2414	903	417	226
2009	12658	2440	947	455	230
2010	10877	2561	856	480	224
2015	12337	2833	1066	517	241
2020	14131	3052	931	554	248
2025	16355	3267	1096	591	251
2030	19123	3462	1348	629	268
2035	22514	3671	1136	662	275
2040	26657	3877	1314	698	278
2045	31712	4068	1654	734	295
2050	37884	4324	1468	770	302

Tabla 1.2. Emisiones de CO<sub>2</sub>eq (Gg) esperadas para el período 2006-2050 por categoría.

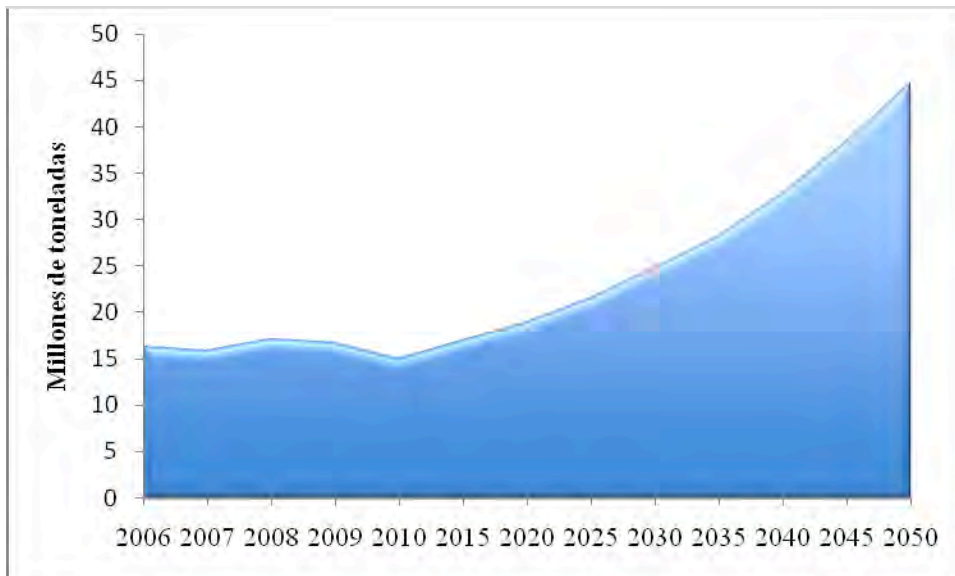


Figura 1.2. Emisiones de CO<sub>2</sub>eq esperadas en el estado de Baja California. Período 2006-2050.

### 1.4.1. Metodología de las proyecciones

Para el cálculo de las proyecciones, se estudió la tendencia y la estacionalidad que presentaron los datos entre 1990 y 2005. Posteriormente se ensayaron diferentes modelos y se eligió el que mejor se ajustara a los datos de años previos.

En el sector energético la base para las emisiones futuras fue la predicción de demanda regional de petrolíferos de 2010 a 2025 fueron realizadas a partir de las tasas medias de crecimiento anual reportadas en la prospectiva de petrolíferos por la SENER.

Las estimaciones de las fugas de gases refrigerantes se hicieron considerando una tendencia inercial a la alza en un modelo lineal, esta elección pretende reflejar el crecimiento poblacional estatal esperado. Los cálculos de la industria del cemento consideraron la tendencia desde 1990, cuando se instala la infraestructura existente, misma que ha mantenido la capacidad de producción a la fecha. Las estimaciones de la industria del acero mostraron una tendencia logarítmica positiva desde 1990, la cual será mantenida. Los cálculos de COVMD provenientes de la industria de bebidas alcohólicas y la industria panificadora se hicieron considerando una tendencia inercial a la alza a partir del 2005, dicha tendencia siguió un comportamiento lineal. Por otro lado, la enorme fluctuación característica de la industria maquiladora de electrónicos, sólo permitió la proyección al 2010.

Para determinar los valores de las emisiones de gases esperados después del 2005, se utilizaron los valores de las poblaciones de ganado hasta 2008 (SIAP, 2010) y se aplicaron diferentes modelos para predecir las existencias de ganado por especie.

En el apartado de Agricultura las proyecciones siguieron modelos diferentes para cada una de las subsecciones. Las emisiones provenientes de la ganadería están basadas en las proyecciones de cada una de las poblaciones animales, y en la metodología del IPCC. Las emisiones de los gases resultantes de las quemadas agrícolas siguieron un patrón estacional con aumentos crecientes de las observaciones, según el comportamiento de los serie de datos, por lo que el modelo para proyectar dichas emisiones corresponde a Winters multiplicativo con suavizamiento doble, debido a la presencia de los componentes de tendencia y estacionalidad. Para las emisiones de los suelos agrícolas se empleó Winters multiplicativo, ello debido a que las series presentan una estacionalidad creciente debido a que están basadas en la producción anual de los cultivos por lo que era necesario darle mayor

peso a los últimos años.

Las emisiones de gas metano y su correspondiente equivalencia en CO<sub>2</sub>, esperadas para los próximos años, se basaron en las proyecciones de la generación de desechos sólidos y de la proyección de población para el estado de Baja California. En el caso de los desechos generados, el modelo describe un comportamiento con características de estacionalidad creciente. Una vez obtenidas las toneladas de desechos generados, se aplicó la metodología del IPCC para estimar las emisiones de metano.

Para estimar las proyecciones de las emisiones de gases generadas por USCUS, se consideraron las estimaciones reportadas de flujo de carbono y se procedió a ajustar el modelo que mejor correspondiera a los datos entre 1990 y 2005. Para los incendios de la arbolada se empleó el Winters aditivo a la superficie afectada por los incendios forestales de los árboles. Para los incendios de los matorrales se empleó la descomposición con método aditivo. Los modelos para incendios mostraron tendencias con incremento.

### 1.4.2. Resultados de las proyecciones

La categoría de Energía continuará siendo el mayor emisor con el 76% de la participación en 2006 y el 85% para 2050. La categoría de Procesos Industriales contribuirá con 15% en 2006 pero disminuirá a 10% en 2050. La categoría de Agricultura aportará el 5% en 2006 y disminuirá 3 puntos porcentuales en 2050. La categoría de los Desechos aporta en 2006 el 2% y disminuye levemente su participación a 1.72% en 2050. Las emisiones por el Uso de Suelo, Cambio de Uso de Suelo y Silvicultura aporta 1% a las emisiones totales en 2006 para reducirse 0.7% en 2050.

Las proyecciones indican un incremento significativo de no aplicar medidas de mitigación. El efecto directo del aumento de gases en la atmósfera será la elevación de la temperatura ambiental promedio. De manera indirecta el aumento de la temperatura modificará los ciclos naturales y genera cambios en el ambiente como un aumento del nivel del mar, cambios en las características del suelo y de la biomasa y modificación en los patrones de fenómenos naturales.

Para Baja California, las implicaciones no sólo son ambientales, sino también tendrán alcances económicos y sociales. Los recursos hídricos ahora escasos podrían disminuir en los siguientes años. Como resultado de este desbalance hídrico, el patrón de precipitación será modificando, tras el cual se espera aumento en la frecuencia de eventos extremos, es decir, habrá menos disponibilidad de agua y esta estará concentrada en algunas lluvias torrenciales, aumentando el riesgo de desastres. Un sector económico sensible a las modificaciones del clima es el sector agropecuario. Cambios en los patrones de evapotranspiración implican mayor demanda de agua. Este sector tendrá que adaptarse a las nuevas condiciones meteorológicas para mantener los indicadores productivos actuales.

La mayor oportunidad de disminución de gases con efecto invernadero está en el sector energético, cuya emisión representa la mayor proporción entre fuentes principales.

## ■ 2. Análisis de escenarios climáticos regionales



## 2.1. Base de datos climáticos para Baja California y el Noroeste de México

### 2.1.1. Página de la Base de datos climáticos del Noroeste de México

Como parte del PEACC-BC se desarrolló una aplicación para el manejo computarizado de datos climáticos para todo el Noreste de México. La página está disponible a través de la página del PEACC-BC (<http://peac-bc.cicese.mx> y <http://peac-bc.cicese.mx/datosclim/index.html>).

En la página de la base de datos, primero se puede hacer una búsqueda de las estaciones climatológicas del Servicio Meteorológico Nacional (SMN-CONA-GUA), o bien directamente escoger una estación en la pantalla para ver un resumen de la estación y sus datos.

La página tiene una sección de datos observados y una sección de escenarios de cambio climático; en ambos casos se incluye una breve documentación de los datos y los análisis. Los datos observados son de la base de ERIC III del SMN-CONAGUA; se incluyen las normales climatológicas (30 años de datos) para 1961-1990 y 1971-2000 y la base de datos completa. También están disponibles los datos de las estaciones automáticas en tiempo real que coordina el CICESE, así como 10 años de datos (2000-2010) de las estaciones automáticas del SMN (EMAS) para Baja California, con información cada 10 minutos. Los productos que se pueden obtener en línea son gráficas de climatologías, ciclos anuales y series de tiempo con tendencia lineal, indicando la significancia estadística al 95%; los datos utilizados en las gráficas se pueden descargar para cada estación en forma individual, o por estado para toda la base de datos.

La sección de escenarios de cambio climático incluye los posibles cambios de la temperatura y la precipitación bajo dos escenarios de emisiones (B1: bajas emisiones y A2: altas emisiones) para las principales localidades de Baja California durante el siglo XXI, y también para todo el Noroeste de México y el Suroeste de Estados Unidos (escenarios espaciales) utilizando un ensamble de 6 modelos globales re-escalados a 12 km. Las gráficas y los escenarios que se pueden descargar incluyen incertidumbre. Para complementar los escenarios de cambio climático, también se muestran los escenarios de ascenso del nivel del mar de firetree.net.

Por último, la página también incluye algunas ligas de pronóstico del tiempo local y regional, que pueden ser de mucha utilidad para diversos usuarios.

### 2.1.2. El clima observado en Baja California

Baja California presenta un clima semiárido con una gran variabilidad interanual debida principalmente a



la influencia de los fenómenos de El Niño/Oscilación del Sur y de la Oscilación Decadal del Pacífico (ODP).

Las características espaciales de la precipitación y temperatura en el estado se muestran en la Figura 2.1. Los datos utilizados para esta figura provienen de la base de datos en malla del Climatic Research Unit (CRU) de la Universidad de East Anglia. [Esta base de datos mensual está disponible en Internet ([http://www.cru.uea.ac.uk/cru/data/hrg/cru\\_ts\\_2.10/data\\_all/](http://www.cru.uea.ac.uk/cru/data/hrg/cru_ts_2.10/data_all/)) y tiene una resolución espacial de medio grado (~50km)].

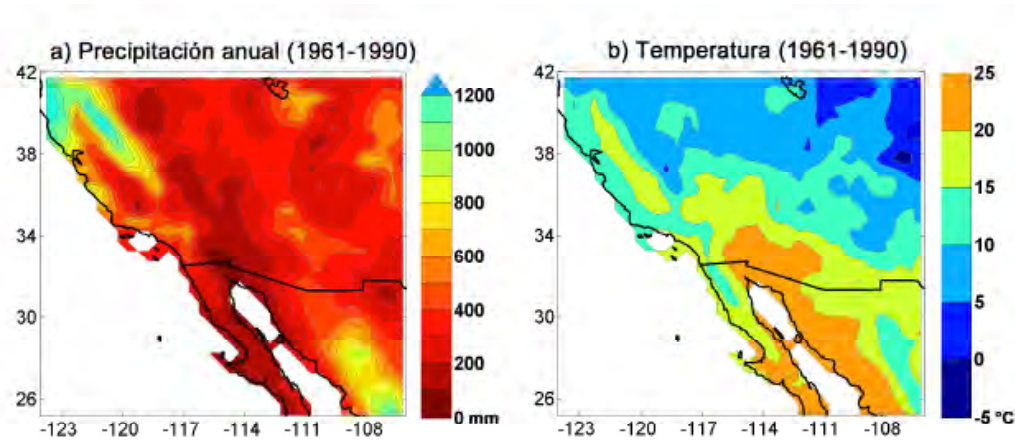


Figura 2.1. Mapas de a) Precipitación (mm) y b) Temperatura anual promedio observadas durante el período 1961-1990. Base de datos del Climatic Research Unit (CRU).

La precipitación en Baja California es escasa; en general la precipitación total anual no sobrepasa los 300 mm (Figura 2.1.a). En el noroeste del estado el máximo de precipitación ocurre en el invierno, en los meses de noviembre a marzo. Sin embargo la precipitación en la región oriental del estado se puede presentar también en los meses de verano principalmente debida a la influencia del monzón, ciclones tropicales y sistemas convectivos de mesoescala.

La temperatura anual promedio (Figura 2.1.b) no sobrepasa los 20°C en la mayor parte del estado, excepto en la región costera del Golfo de California y en la zona de Mexicali donde la temperatura promedio puede ser mayor a 25°C (Fig. 2.1.b). La temperatura máxima mensual promedio en el estado se presenta en los meses de julio y agosto (>27°C), mientras que los meses más fríos son diciembre y enero en los cuales la temperatura promedio oscila alrededor de los 12 °C.

En la climatología de la temperatura y la precipitación de los principales centros urbanos del estado se ve la gran influencia de las lluvias de invierno en la región. Además, utilizando los datos del ERIC III se calcularon las tendencias lineales de la precipitación y la temperatura superficial del aire para Baja California. Los resultados preliminares no muestran un patrón claro en las tendencias calculadas a partir de todos los datos disponibles. Sin embargo las climatologías muestran una clara regionalización, en particular las climatologías de temperatura superficial del aire.

## 2.2. Variabilidad climática de Baja California: análisis estadístico-histórico

Cualquier cambio en el clima tendrá implicaciones para los sistemas climáticos sensibles tales como agricultura, forestación y otros recursos naturales (Southworth, 2000); por ejemplo, la productividad de los cultivos depende en gran parte de las condiciones climáticas, es decir de los regímenes de temperatura y pluviosidad (Stern, 2007). Debido a la gran preocupación que ha surgido ante el cambio climático, se hace necesario que confirmen o no la detección del mismo, analizando la variabilidad y el cambio en las distintas variables meteorológicas a una escala local, con el fin de mejorar la comprensión de los mecanismos de cambio a largo plazo y las implicaciones o impactos futuros en las distintas zonas del planeta (Cruz et. al., 2008).

A diferencia del caso de la temperatura en el que se constata un incremento a nivel global, aunque con diferencias en su magnitud en función de la zona o periodo estudiado, en precipitación las tendencias observadas en los totales anuales o estacionales presentan contrastes aún mayores a nivel global (IPCC, 2001). Esta heterogeneidad de resultados se encuentra también a nivel nacional, debido a la complejidad de la distribución espacial de la lluvia en México. Así se pone de manifiesto en los numerosos trabajos realizados en los últimos años que analizan la variabilidad existente en conjunto de México o en distintas subregiones (Gay, 2000 y Pavia, 2008).

Debido a la situación de la República Mexicana con respecto a la zona subtropical de alta presión y a la orientación general de sus principales sierras, existen en el país algunas zonas áridas con climas muy secos y extremos. Las zonas áridas se caracterizan por una alta variabilidad climática, con años consecutivos de poca lluvia interrumpidos esporádicamente por el paso de alguna tormenta (Cavazos, 2004). En la República Mexicana, los rápidos cambios que sufren las estructuras atmosféricas con la altitud resultantes de la abrupta orografía del país, hacen que se presenten modalidades y variantes muy notables del clima en las distintas regiones del territorio nacional, expuestas lo mismo a los vientos del oeste que a los del este, según la zona geográfica en que se ubican estas, caracterizadas por diversos regímenes pluviométricos según la latitud y altitud sobre el nivel del mar. Los macizos montañosos no solo intervienen como fuentes de calor, generadores de perturbaciones dentro de las capas atmosféricas superiores hasta donde llegan sus montañas más elevadas; sino también como obstáculos represadores y desviadores de las extensas corrientes atmosféricas, haciendo, asimismo, que las perturbaciones que viajan embebidas en estas corrientes se modifiquen fuertemente y sufran grandes deformaciones y, aún la ruptura y bifurcación de su trayectoria. En virtud de una orografía sumamente abrupta, la República muestra una distribución pluvial muy aleatoria e irregular, tanto por lo que respecta a su oportunidad como a su distribución espacial, pues mientras que las regiones del sureste del país recibe lluvias abundantes, otras, al noroeste, las tiene escasas y con un régimen pluviométrico muy variable de un año a otro (Mosiño, 1974).

Por otra parte, el estudio de la variabilidad en los valores medios o totales de temperatura o precipitación no es más que un aspecto del cambio climático (Cruz et. al., 2008). Estos estudios tienen el agravante de trabajar con datos diarios, más difíciles de validar, por lo que son menos frecuentes y más problemáticos los estudios a nivel global. Existen sin embargo numerosos estudios a escala menor que la global, a nivel nacional como es el caso de Estudio: México (Gay, 2000) y a nivel estatal para Baja California (PEACBC, 2009). Los resultados son en cualquier caso, heterogéneos, insistiendo en la necesidad de realizar estudios locales en cada región.

Actualmente, existe consenso en que ha ocurrido un aumento significativo en la temperatura del aire en la mayoría de las regiones del mundo durante décadas recientes (IPCC, 2007). No obstante, este incremento ha marcado diferencias temporales y espaciales. Por ejemplo, las tendencias de la temperatura media en el hemisferio sur (Jones, 1994), y particularmente en Australia (IPCC, 2007), parecen haber sido consistentemente positivas desde los 1950's; considerando que las mismas tendencias sobre Norte América (IPCC, 2007), y particularmente sobre México (Englehart y Douglas, 2004), parecen tener cambio de signo de negativo en el periodo de 1940's a

los 1970's, a positivo en el periodo de 1970's a 2000's. En este último caso otras variables relacionadas parecen mostrar un comportamiento similar; por ejemplo, Englehart y Douglas (2005) reporta que tendencias a escala regional en el rango diurno de temperatura sobre México presenta tendencias negativas en el periodo de 1940-1970 y tendencias positivas para el periodo 1971-2001. Sin embargo para el caso de México, la afirmación de que el país se ha calentado en las últimas décadas (o por lo menos desde 1971) parece ser justificado; a pesar de esto, algunos científicos (Pavia, 2008) se siguen cuestionando sobre la naturaleza de este calentamiento. Por ejemplo: ¿Hay lugares en México con tendencias negativas (en vez de positivas) durante este periodo? ¿Hay tendencias de temperatura estadísticamente significativas? ¿Cuál es el papel, de cualquiera de los fenómenos de El Niño-Oscilación Sur (ENSO) o de la Oscilación Decadal del Pacífico (PDO) sobre las tendencias de temperatura sobre México? Consecuentemente, en este trabajo se revisan todos los datos fiables de temperatura de cada estación climatológica del Estado de Baja California, principalmente porque el calentamiento global podría significar condiciones más secas para México (Liverman y O'Brien, 1991); pero también porque se cree que ocultas con las tendencias positivas-negativa-regionales promedio, hay regiones clave donde las estaciones pueden exhibir tendencias las cuales son cero o estadísticamente significativas diferentes que cero pero negativas (positivas) (Pavia 2008, y Englehart y Douglas, 2005).

En el presente análisis se desciende a nivel regional y se revisan los cambios en la precipitación y temperatura en distintos puntos del estado de Baja California durante el periodo de 1923 a 2003. Las tendencias se analizan a nivel individual y regional para valores de temperatura y precipitación total en la escala anual. Para analizar la coherencia espacial de las tendencias observadas se ha llevado a cabo una regionalización, comparando los resultados obtenidos de un análisis estadístico preliminar.

### 2.2.1. Datos

Se recopiló en forma digital la base de datos climática ERIC III (Extractor Rápido de Información Climatológica) la cual facilita la extracción de la información contenida en la base de datos CLICOM, el banco de datos histórico nacional del Servicio Meteorológico Nacional (SMN) de la Comisión Nacional del Agua (CNA), y se analizaron los datos de las 146 estaciones climatológicas que reportaron para el estado de Baja California en el periodo de 1923 a 2003. La información de temperatura se refiere a datos diarios promedio observados, mínimos y máximos, así como precipitación, en totales mensuales. Para cada estación se realizó el análisis de calidad de la información, y se seleccionó aquellas que cumplieran con el requisito de un periodo mínimo de 20 años, 80% completado, así como homogeneidad, continuidad y congruencia de los datos y se concluyó trabajar con 42 estaciones las cuales se señalan en la tabla 2.1.

### 2.2.2. Metodología

Considerando las características orográficas del estado de Baja California, se decidió para su estudio llevar a cabo una regionalización de las 42 estaciones climatológicas seleccionadas en tres zonas en función de la altitud para observar si esta condicionante muestra alguna tendencia particular:

- Región I: Área costera Pacífico, altitud menor de 400 m.
- Región II: Área montañosa, altitud mayor a 400 m.
- Región III: Área costera Golfo de California, altitud máxima 70 m.

## 2. Análisis de escenarios climáticos regionales

ESTACIONES CLIMATOLÓGICAS			Fecha		Coordenadas		Altitud
Datos de la estación			Inicial	Final	Long. (W)	Latitud	
Total	Clave	Nombre	Mes - año	Mes - año			
1	2001	AGUA CALIENTE, ENSENADA, B.C.	1-1969	12-2003	-116.45	32.1	410
2	2002	BAHIA DE LOS ÁNGELES, B.C.	9-1953	12-2003	-113.55	28.993	4
3	2003	BATAQUES, MEXICALI, B.C.	7-1948	3-2003	-115.07	32.55	70
4	2004	BELEN, MEXICALI, B.C.	12-1964	5-2000	-116.48	32.183	555
5	2005	BOQ. S. ROSA DE LA MISIÓN, B.C.	4-1948	11-2003	-116.75	32.067	40
6	2006	CHAPALA, ENSENADA, B.C.	12-1953	12-2002	-114.47	29.517	823
7	2008	COL. GUERRERO, ENSENADA, B.C.	3-1948	1-1993	-115.98	30.717	40
8	2009	COL. JUÁREZ, K.50, MEXICALI, B.C.	3-1945	12-1990	-115	30.283	7
9	2011	DELTA, MEXICALI, B.C.	7-1948	12-2002	-115.18	32.35	12
10	2012	EJIDO JOSE MA. MORELOS, B.C.	10-1970	3-2002	-114	28.7	20
11	2014	EL ÁLAMO, ENSENADA, B.C.	1-1961	5-1997	-116.5	31.583	1,115
12	2015	EL ARCO, ENSENADA, B.C.	10-1953	11-2002	-113.42	28	300
13	2016	EL BARRIL, ENSENADA, B.C.	1-1961	12-2002	-112.88	28.302	50
14	2021	EL PINAL, ENSENADA, B.C.	1-1969	3-1994	-116.28	32.183	1,350
15	2022	EL ROSARIO, ENSENADA, B.C.	9-1953	7-2002	-115.72	32.033	15
16	2023	EL SOCORRO, ENSENADA, B.C.	8-1956	8-2002	-115.82	30.333	26
17	2031	LA RUMOROSA, TECATE, B.C.	1-1951	8-1989	-116.07	32.517	1,200
18	2032	LAS ESCOBAS, TECATE, B.C.	3-1948	12-2002	-115.93	30.55	27
19	2033	MEXICALI, MEXICALI, B.C.	2-1944	12-2002	-115.45	32.65	45
20	2034	MEXICALI, CMPO. AGR. EXP., B.C.	1-1930	12-1998	-115.47	32.55	3
21	2035	OJOS NEGROS, ENSENADA, B.C.	6-1948	12-1990	-116.27	31.867	720
22	2036	OLIVARES MEXICANOS, B.C.	3-1954	9-2000	-116.67	32.05	351
23	2037	PRESA MORELOS, MEXICALI, B.C.	1-1969	12-2002	-114.73	32.717	35
24	2038	PRESA RODRIGUEZ, TIJUANA, B.C.	1-1929	12-2003	-116.87	32.433	140
25	2040	RANCHO ALEGRE, ENSENADA, B.C.	5-1954	11-2002	-113.88	28.283	300
26	2041	ROSARITO, ENSENADA, B.C.	8-1958	11-2002	-114.05	28.633	125
27	2043	SAN AGUSTIN, ENSENADA, B.C.	8-1956	12-2003	-114.98	29.983	580
28	2044	SAN BORJA, ENSENADA, B.C.	2-1961	11-2002	-113.93	28.783	412
29	2046	SAN FELIPE, MEXICALI, B.C.	5-1948	12-2002	-114.85	31.033	12
30	2055	SAN TELMO, ENSENADA, B.C.	5-1948	8-1988	-116.1	30.95	175
31	2056	SAN VICENTE, ENSENADA, B.C.	4-1948	11-2002	-116.27	31.333	150
32	2057	SANTA CATARINA, NORTE B.C.	1-1961	11-1990	-115.72	31.533	1,150
33	2058	SANTA CATARINA, SUR B.C.	5-1954	11-2002	-115.15	29.717	325
34	2060	SANTA CRUZ, ENSENADA, B.C.	1-1961	11-2002	-115.63	30.917	980
35	2063	SANTA MARÍA DEL MAR, B.C.	7-1957	11-2002	-115.88	30.417	28
36	2065	SANTO TOMÁS, ENSENADA, B.C.	3-1948	11-2002	-116.37	31.55	28
37	2068	TIJUANA, TIJUANA, B.C.	6-1948	12-1984	-117.03	32.517	55
38	2069	VALLE DE PALMAS, TECATE, B.C.	1-1949	12-2002	-116.65	32.383	45
39	2072	ENSENADA, ENSENADA, B.C.	1-1923	12-2002	-116.6	31.883	24
40	2091	EJIDO IGNACIO LÓPEZ R., B.C.	4-1974	3-2002	-116.25	31.283	170
41	2093	EJIDO V. DE LA TRINIDAD, B.C.	8-1974	12-2002	-115.73	30.35	780
42	2096	LA CALENTURA, ENSENADA, B.C.	4-1974	11-2002	-116.12	31.267	210

Tabla 2.1. Listado de las 42 estaciones climatológicas del Estado de Baja California seleccionadas del análisis de calidad de la información climatológica.

Con los datos diarios se construyeron gráficas de cajas y ejes; con promedios anuales gráficas de dispersión para observar la tendencia temporal de la temperatura y la precipitación. Se realizó también un análisis estadístico exploratorio preliminar con el que: 1) se propuso un modelo lineal simple para examinar la asociación cuantitativa de estas dos variables con respecto al tiempo del cual básicamente se analiza el coeficiente de determinación ( $r^2$ ); 2) el análisis del signo de la pendiente que se deriva del modelo lineal obtenido para observar si existe alguna tendencia y si esta es positiva o negativa; y 3) el coeficiente de variabilidad que se utilizó como indicativo para observar si la variabilidad climática es uniforme en Baja California. En la tabla 2.2. se muestra a manera de resumen los parámetros estadísticos obtenidos para cada región y se realiza un comparativo entre cada una de las regiones.

Variable	Temperatura máxima				Temperatura máxima				Temperatura máxima			
	m		$r^2$	C.V.	m		$r^2$	C.V.	m		$r^2$	C.V.
Región	+	-	Rango	Rango	+	-	Rango	Rango	+	-	Rango	Rango
I	12	8	0.0002 - 0.5	0.03 - 0.09	10	10	0.0003 - 0.5	0.09 - 0.3	14	6	0.0003 - 0.2	0.24 - 2.6
II	7	5	0.0007 - 0.4	0.02 - 0.1	7	5	0.004 - 0.8	0.046 - 0.3	8	4	0.002 - 0.3	0.15 - 0.7
III	7	3	0.006 - 0.6	0.03 - 0.1	7	3	0.002 - 0.3	0.03 - 0.2	4	6	0.001 - 0.1	0.77 - 1.2
Total	26	16			24	18			26	16		

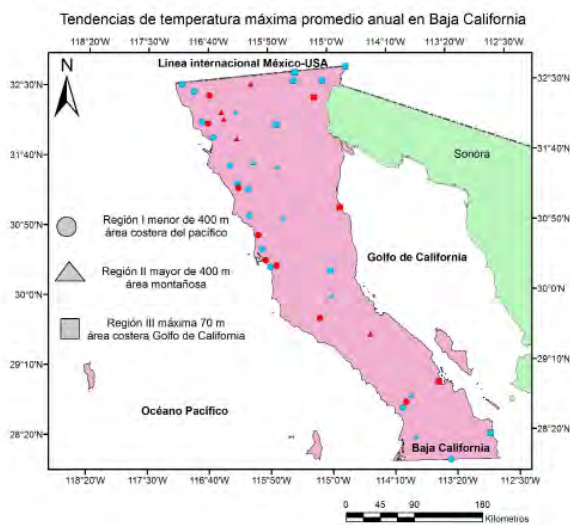
Tabla 2.2. Número de estaciones con tendencias positivas y negativas en términos de pendiente  $m$ , así como rango del coeficiente de determinación  $r^2$  y coeficiente de variación  $c.v.$ , por cada una de las regiones de la península de Baja California.

**Coefficiente de determinación ( $r^2$ ):** respecto al coeficiente de determinación, de forma global para las tres regiones en la temperatura máxima se obtuvo un rango entre 0.0002-0.6, para la temperatura mínima de 0.0003-0.8 y para la precipitación de 0.0003-0.3, lo cual significa que para temperaturas parece que se tiene una mayor explicación de estas variables con el modelo lineal obtenido con respecto al tiempo que para la precipitación.

**Cambio de signo de la pendiente (m)(figura 2.3-2.5):** se hizo evidente mediante el análisis del signo de la pendiente obtenida del modelo de regresión lineal, que es diferente de cero, lo que significa que para el periodo de tiempo analizado (1923-2003) se observa un cambio en cuanto a tendencias de aumento (pendiente positiva) o decremento (pendiente negativa) de las variables analizadas correspondientes a temperatura máxima, temperatura mínima y precipitación, existiendo una gran variabilidad para cada una de las estaciones, aún perteneciendo a la misma región. Sin embargo, podemos observar que para la temperatura máxima, para la región I, II y III, más del 50% muestra una tendencia positiva (región I: +12, -8; región II: +7, -5 y región III: +7, -3). Una situación similar se muestra para la temperatura mínima (región I:+10, -10); región II:+7, -5 y región III:+7, -3). Para la precipitación ocurre lo mismo en relación a la región I y II, pero difiere en la región III, donde predomina la tendencia negativa (región I:+14, -6; región II:+8, -4 y región III: +4, -6). En conjunto se observa que tanto para la temperatura máxima y precipitación el 61% de las 42 estaciones tienen una tendencia de cambio positivo (+26, -16), mientras que para la temperatura mínima el 57.14% es de tendencia positiva (+24, -18).

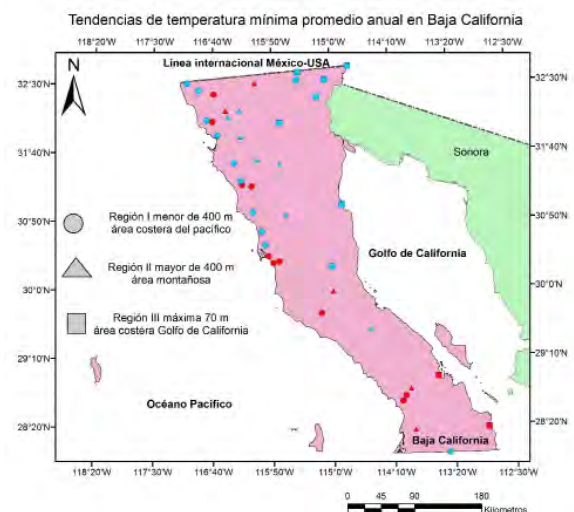
**Coefficiente de variabilidad (c.v.):** En referencia a la temperatura, el coeficiente de variabilidad (c.v.) es el estadístico que permitió observar para las tres regiones que existe una mayor variabilidad para la temperatura mínima (0.03-0.3) que para la máxima (0.02-0.1). El rango del coeficiente de variabilidad para precipitación (0.15-2.6) hace evidente que esta es un parámetro más variable que la temperatura.

La inferencia que se puede realizar de esta discusión es que la variabilidad climática en el estado de Baja California sucede en escalas espaciales pequeñas, por lo que los resultados que se obtienen del cambio climático con modelos de circulación global y regional no necesariamente son válidos a la escala local, así que previo al desarrollo de políticas de adaptación por los impactos del cambio climático en diversos sectores socioeconómicamente importantes, es necesario realizar un análisis estadístico confirmatorio para reducir la incertidumbre, al menos para un escenario climático a corto plazo.



**Figura 2.4.** Distribución de las tendencias de temperaturas mínimas en Baja California. El color rojo muestra pendientes positivas y el azul pendientes negativas.

**Figura 2.3.** Distribución de las tendencias de temperaturas máximas en Baja California. El color rojo muestra pendientes positivas y el azul pendientes negativas.



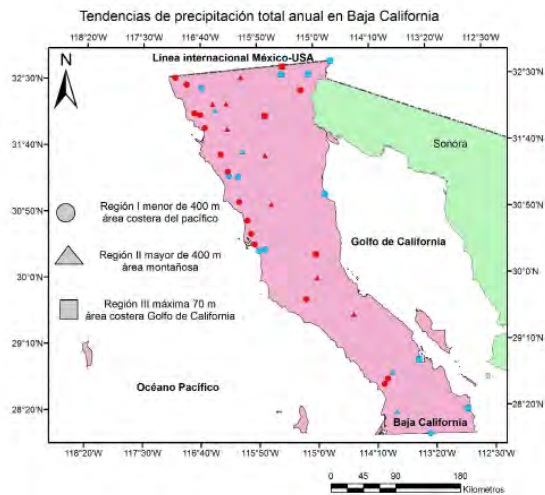


Figura 2.5. Distribución de las tendencias de precipitación en Baja California. El color rojo muestra pendientes positivas y el azul pendientes negativas.

### 2.2.4. Conclusiones

- En base al análisis exploratorio de variabilidad climática mediante un análisis estadístico exploratorio y la postulación de un modelo de regresión lineal a los datos correspondientes a las 42 estaciones climatológicas seleccionadas se concluye que:
- En Baja California se observa que existe variabilidad en los parámetros de temperatura máxima, temperatura mínima y precipitación entre las estaciones climatológicas. Esta variabilidad es diferencial según la zona estudiada.
- Mediante el modelo de regresión lineal, y por los coeficientes de determinación encontrados, no se explica en su totalidad el cambio temporal de las variables temperatura máxima, temperatura mínima y la precipitación; pero sí permite observar las tendencias en términos de cambio de signo de la pendiente.
- Aunque no existe un patrón definido, en base al coeficiente de variabilidad se observa que existe una mayor variación para la temperatura mínima que para la temperatura máxima; y es todavía más importante para la precipitación.
- Incluso con un análisis de variabilidad a nivel regional considerando la altitud, se observa que no hay una tendencia definida para cada región haciendo necesarios estudios detallados a nivel local, previo a la generación de escenarios de cambio climático, con el fin de establecer políticas de adaptación acordes al corto y mediano plazo.

## 2.3. Escenarios espaciales de cambio climático

### 2.3.1. Datos utilizados

Uno de los objetivos del PEACC-BC fue desarrollar y evaluar escenarios regionales de cambio climático para el estado. La importancia de esta información es que, en base a ella, se pueden construir escenarios para los diferentes sectores socio-económicos como agua, agricultura, ganadería, turismo, salud, entre otros.

Para la realización de los escenarios regionales de cambio climático es indispensable contar con datos a una resolución espacial fina; en este caso se analizaron las proyecciones regionalizadas del clima (LLNL-Reclamation-SCU) derivadas a partir de seis modelos climáticos de circulación global que en un análisis previo resultaron ser los que mejor simularon el clima de Baja California y del Noroeste de México. [Estas proyecciones regionalizadas mensuales tienen una resolución de aproximadamente 12 km y están disponibles para el público general en la página [http://gdo-dcp.ucllnl.org/downscaled\\_cmip3\\_projections](http://gdo-dcp.ucllnl.org/downscaled_cmip3_projections).] Las proyecciones se derivaron a partir de los modelos de la tercera fase del Proyecto de Intercomparación de Modelos Acoplados (CMIP3, por sus siglas en inglés) del Programa de Investigación del Clima Mundial (WCRP, por sus siglas en inglés) y fueron utilizadas en el Cuarto Reporte del Panel Intergubernamental de Cambio Climático en el 2007 (IPCC).

Con el fin de obtener diferentes proyecciones de cambio climático, los modelos utilizan diferentes escenarios de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) en el transcurso del siglo XXI; en este trabajo se evaluaron los datos producidos para los escenarios B1 (emisiones bajas, hasta 550 ppm) y A2 (emisiones altas, hasta 850 ppm). En resumen, se analizaron las proyecciones de 6 modelos globales regionalizados con un total de 12 realizaciones y dos escenarios de GEI. Los cambios futuros se calcularon con respecto al periodo base de 1961-1990 y se consideraron cambios significativos en la mediana cuando 2/3 de las 12 realizaciones de los modelos coincidieron en el signo del cambio.

### 2.3.2. Proyecciones espaciales de temperatura

Las Figuras 2.6. y 2.7. muestran las proyecciones de cambios en la temperatura en Baja California hasta el 2100, con respecto al periodo 1961-1990. Se observa que hasta antes del 2050 las proyecciones de los dos escenarios no difieren mucho entre sí (Figura 2.6.). Sin embargo, para finales de siglo el escenario de emisiones altas A2 prevé un cambio de hasta 4.5 °C, mientras que el de emisiones bajas proyecta un cambio menor a los 2.5 °C (Figura 2.7.). Es importante mencionar que este análisis es con base en las temperaturas promedio, lo que significa que aunque los cambios proyectados puedan parecer poco significativos hasta antes del 2050 (<2°C), este resultado no contempla los cambios en las temperaturas máximas o mínimas. Por otro lado, aunque un cambio promedio de 2°C podría parecer imperceptible para los seres humanos, para algunas especies tanto de animales como de plantas puede tener un efecto negativo.

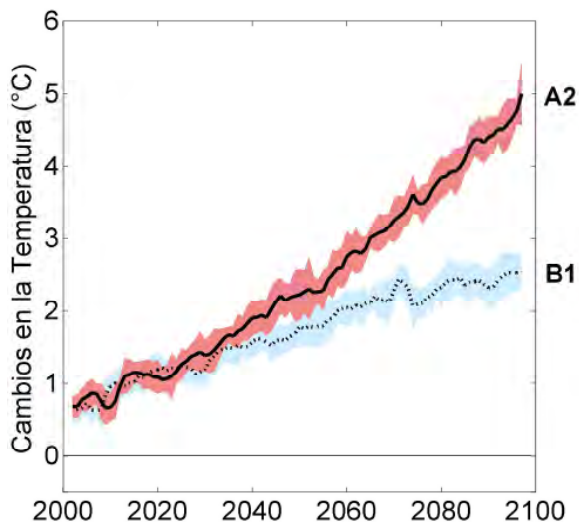


Figura 2.6. Proyecciones de cambio de temperatura anual promedio (°C) en Baja California para escenarios de bajas (B1) y altas (A2) emisiones de gases de efecto de invernadero con respecto a 1961-1990.

La Figura 2.8. muestra el histograma de frecuencias de las temperaturas anuales proyectadas para Baja California para el periodo 2010-2039 en comparación con el periodo 1961-1990. Se observa un marcado cambio

en la distribución de frecuencias de las temperaturas pues las proyecciones indican que para todos los años las temperaturas promedio anuales serán mayores que las que se presentaron en el periodo 1961-1990.

Las diferencias en los cambios de la temperatura para las estaciones del año son más notables en el periodo 2080-2099; en la Figura 2.9. se observa que los mayores cambios en temperatura se proyectan en los meses de Junio-Agosto (JJA) y Septiembre-Noviembre (SON). En las localidades con temperaturas de verano muy altas (como el noreste de Baja California) esto podría repercutir, por ejemplo, en una mayor demanda de agua y de energía en sistemas de aire acondicionado y refrigeración. Un ejemplo de otro sector para el cual las proyecciones estacionales son importantes es el sector agrícola dado que algunos cultivos son especialmente sensibles a cambios en la temperatura durante ciertas etapas de su crecimiento.

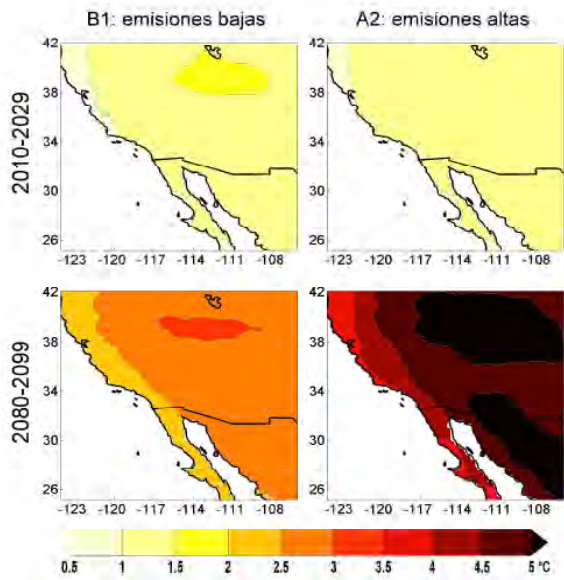


Figura 2.7. Proyecciones de cambios de temperatura anual promedio (°C) para los escenarios de bajas (B1, izq.) y altas (A2, der.) emisiones durante dos periodos del siglo XXI, con respecto a 1961-1990.

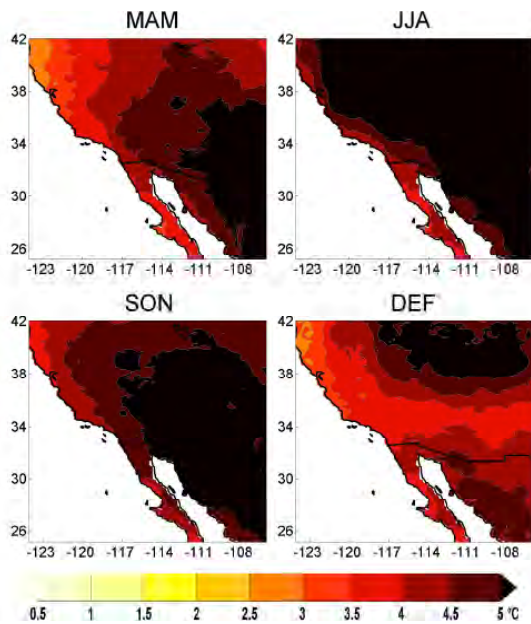


Figura 2.9. Escenarios de cambios estacionales (MAM, JJA, SON, DEF) de temperatura anual promedio (°C) para el escenario de altas emisiones (A2) en el periodo 2080-2099 con respecto a 1961-1990.

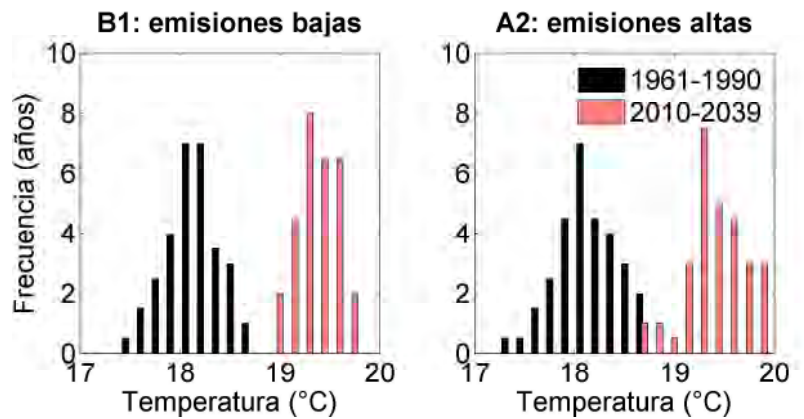


Figura 2.8. Histogramas de frecuencias de proyecciones en la temperatura anual promedio (°C) para los escenarios de bajas (B1, Izq.) y altas (A2, Der.) emisiones para el periodo 2010-2039 en comparación con el periodo 1961-1990.

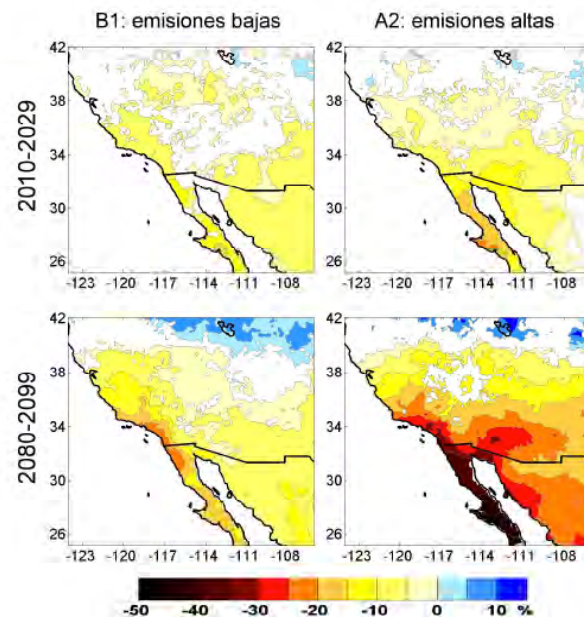


Figura 2.10. Escenarios de cambios porcentuales de precipitación anual promedio para los escenarios de bajas (B1, Izq.) y altas (A2, Der.) emisiones durante el siglo XXI, con respecto a 1961-1990. Las áreas en blanco indican que no hubo acuerdo significativo en el signo del cambio de la precipitación entre el ensamble de las 12 realizaciones de los modelos.



### 2.3.3. Proyecciones espaciales de precipitación

Las zonas áridas y semiáridas, como Baja California, son particularmente vulnerables al cambio climático, porque además del incremento en la temperatura se proyecta una disminución de hasta 15% en la precipitación anual en los próximos 20 años (Figura 2.10.) para el escenario de emisiones altas. En este mismo escenario extremo se proyecta una disminución de 35% de la precipitación para los últimos 20 años del siglo XXI. La característica más notable de las proyecciones es la gran variabilidad interanual de los cambios en precipitación (Figura 2.11.), esto implicaría la ocurrencia de años muy lluviosos seguidos por años con sequías que repercutirían en la disponibilidad de agua tanto para cultivo como para uso humano, por mencionar un ejemplo. Por este motivo, es importante que se formulen proyectos que consideren la generación de infraestructura para aumentar la captación y almacenamiento de agua, así como el reúso y tratamiento de aguas.

Figura 2.11. Cambios proyectados en la precipitación anual de Baja California para los escenarios de bajas (B1, Izq.) y altas (A2, Der.) emisiones, con respecto al periodo 1961-1990. Los puntos azules indican que 2/3 de las realizaciones de los modelos coinciden en el signo del cambio. El sombreado gris indica la desviación absoluta de la mediana (dispersión) de las realizaciones que en un año determinado coinciden en el signo del cambio promedio.

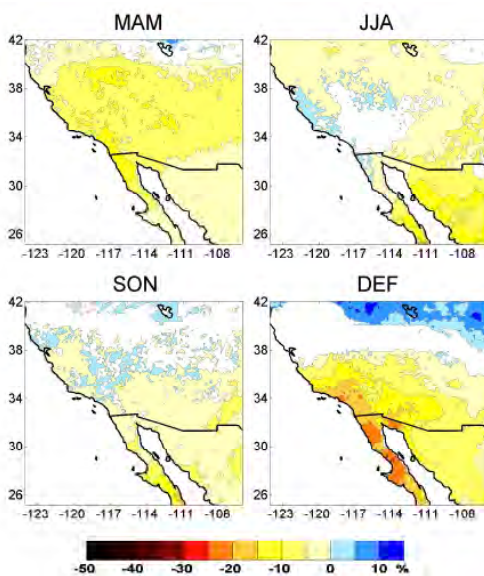
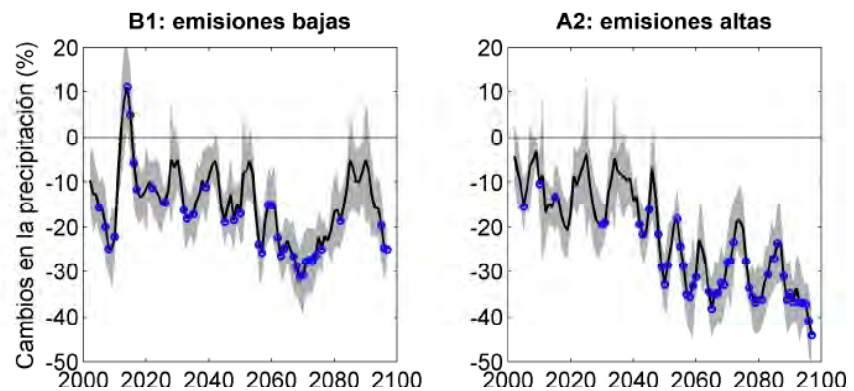


Figura 2.12. Escenarios de cambios porcentuales de la precipitación estacional (MAM, JJA, SON, DEF) para el escenario de altas emisiones (A2) en el periodo 2080-2099 con respecto a 1961-1990. Las áreas en blanco indican que no hubo acuerdo significativo en el signo del cambio de la precipitación entre el ensamble de las 12 realizaciones de los modelos.

Los escenarios de cambio en la precipitación estacional (Figura 2.12.) proyectan una mayor disminución de precipitación en los meses de Diciembre-Febrero (temporada de lluvias en el noroeste de Baja California) tanto en las próximas décadas como a finales del siglo. Para los próximos 20 años se prevé una disminución de hasta 15% en la precipitación invernal y hasta 25% en el periodo 2080-2099 (DEF, Figura 2.12) en el escenario de altas emisiones.

Para el sector agrícola es importante hacer notar que las proyecciones de precipitación para finales de siglo (Figura 2.13.) son tendencias negativas y significativas en primavera (MAM, -15%) e invierno (DEF, -25%). Esto podría tener impactos negativos en los cultivos de primavera-verano que requieren de humedad y horas frío. También, la gran variabilidad interanual de la precipitación que se mencionó anteriormente podría tener repercusiones

tanto en los años lluviosos como en años secos.

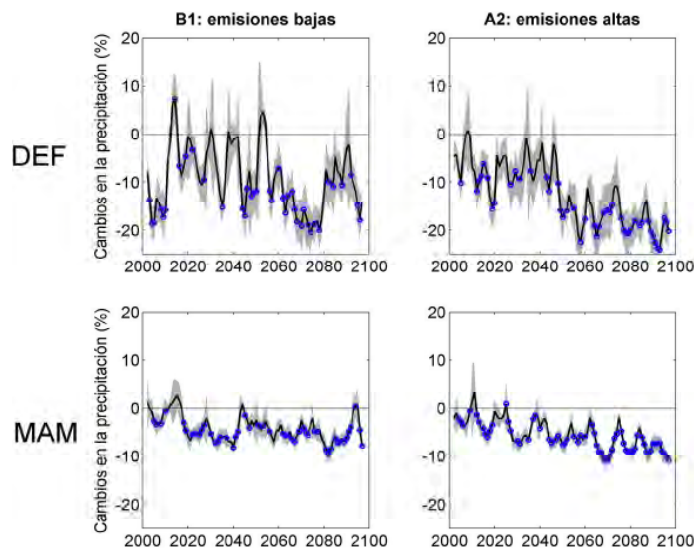


Figura 2.13. Similar a la Figura 2.11, pero para precipitación estacional de invierno (DEF) y primavera (MAM).

### 2.3.4. Comparación de proyecciones de cambio climático para Baja California: ensamble del PEACC-BC y ensamble del INE

A continuación se comparan y discuten las proyecciones obtenidas del ensamble de modelos analizados para el PEACC-BC (12 km) con las del ensamble de modelos analizados por el Instituto Nacional de Ecología (INE) (50 km). Este análisis fue realizado con el fin de verificar la consistencia entre ambos ensambles y así facilitar la integración futura de las proyecciones realizadas por cada estado en el diseño de estrategias regionales ante el cambio climático.

Las proyecciones del ensamble PEACC-BC utilizadas para esta comparación fueron las mismas obtenidas con los datos descritos anteriormente. Los escenarios del INE fueron construidos a partir de la herramienta *Climate Predictability Tool (CPT)* aplicada a 19 y 20 MCG (para los SRES A2 y B1, respectivamente), reportando la mediana del ensamble. Los escenarios regionalizados del INE tienen una resolución de 50 km (Magaña y Caetano, 2007).

#### 2.3.4.1. Comparación en el periodo observado del siglo XX

La primera comparación fue realizada sobre los ciclos anuales de precipitación y temperatura. Dado que no se contaban con datos en el periodo 1961-1970 para el INE, se decidió tomar exclusivamente para la Figura 2.14 el periodo 1971-1990 tanto para PEACC-BC como para el INE. La Figura 2.14a muestra los ciclos anuales de la temperatura promedio mensual ( $^{\circ}\text{C}$ ); los datos observados con los que se comparan los escenarios provienen del promedio de temperatura en las estaciones meteorológicas seleccionadas en el área de estudio. En esta figura se nota que el ensamble del PEACC-BC se acerca más a la temperatura observada que el del INE, subestimando como máximo  $1^{\circ}\text{C}$  la temperatura mensual, mientras que el ensamble del INE sobreestima la temperatura observada hasta en  $4^{\circ}\text{C}$  para algunos meses.

La Figura 2.14.b muestra el ciclo anual de la precipitación de los ensambles del PEACC-BC e INE en comparación con el observado en las estaciones meteorológicas. En esta figura se puede notar cómo los MCG, aunque reproducen de manera aceptable algunas de las características del ciclo anual observado, subestiman la precipi-

tación. Sin embargo, el ensamble del PEACC-BC muestra un comportamiento más parecido al observado que el del INE, posiblemente porque para el PEACC-BC se usaron los modelos que mejor reproducían el clima de la región, mientras que los escenarios del INE incluyen todos los modelos.

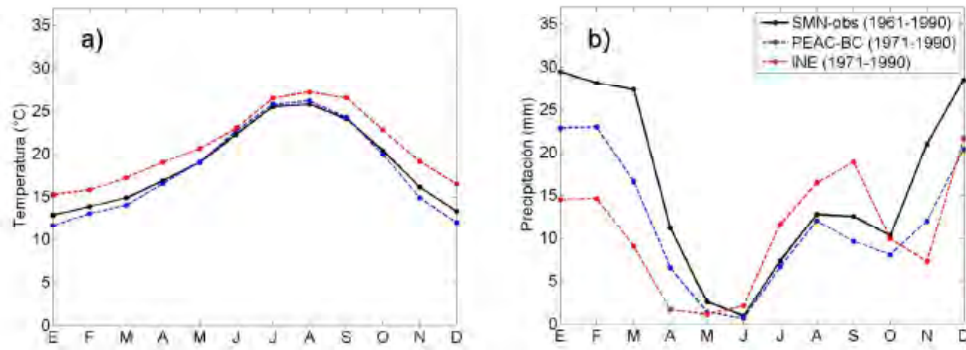


Figura 2.14. Comparación del ciclo anual del periodo observado en el siglo XX de a) Temperatura promedio mensual (°C) y b) Precipitación mensual (mm) en Baja California.

### 2.3.4.2. Comparación de proyecciones para el siglo XXI

Los cambios anuales de temperatura proyectados por los ensambles del PEACC-BC e INE se muestran en la Figura 2.15. Se observa que el cambio proyectado para el escenario de emisiones bajas B1 es aproximadamente 0.5°C menor en el ensamble del INE que en el PEACC-BC, mientras que para el escenario de emisiones altas A2 la diferencia es de casi 1°C. Es decir, que para finales del siglo XXI mientras que el ensamble del PEACC-BC proyecta un cambio de hasta 5°C para el escenario A2, el del INE proyecta hasta 4°C de aumento en la temperatura para BC.

Los cambios anuales porcentuales proyectados en la precipitación se muestran en la Figura 2.16., donde la diferencia más notable entre los dos ensambles es la gran variabilidad interanual mostrada por el ensamble del PEACC-BC en comparación con el del INE. Esta característica es importante ya que la precipitación observada en la región muestra una alta variabilidad, en parte asociada con el fenómeno de El Niño/Oscilación del Sur. Vale la pena mencionar también la diferencia en la magnitud de los cambios proyectados sobre todo para la segunda mitad del siglo XXI, el PEACC-BC proyecta para algunos años disminuciones en la precipitación de hasta 30% para B1 y 40% para A2, mientras que para el INE las disminuciones proyectadas son 10% y 20% respectivamente.

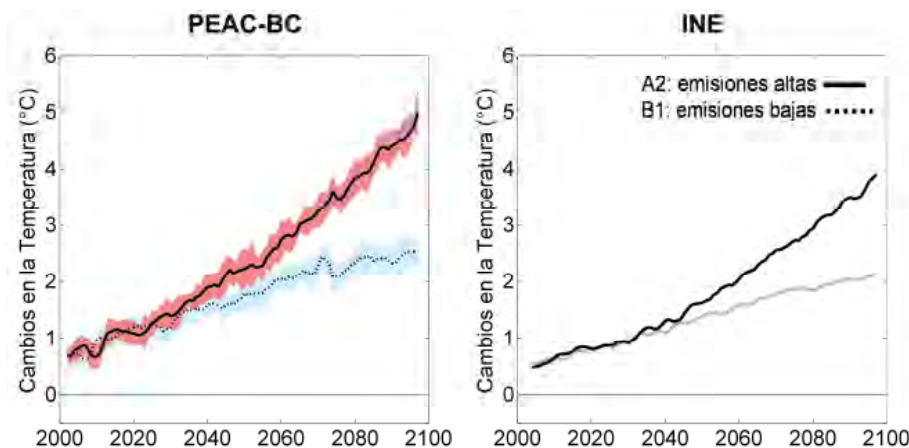


Figura 2.15. Cambio anual de temperatura (°C) en BC bajo dos escenarios de cambio climático: B1 y A2. Cambios proyectados por el ensamble PEACC-BC (izq.) e INE (der.) con respecto a 1961-1990 y 1971-1990, respectivamente (ver Figura 2 para más detalles).

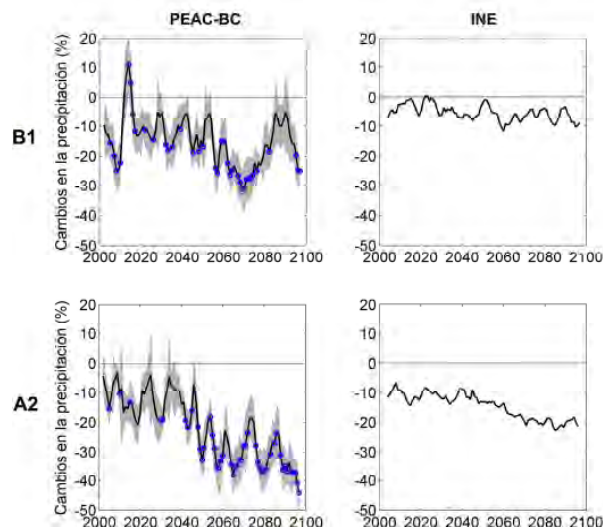


Figura 2.16. Cambio anual de precipitación (%) en BC bajo dos escenarios de cambio climático: B1 y A2. Cambios proyectados por el ensamble PEACC-BC (izq.) e INE (der.) con respecto a 1961-1990 y 1971-1990, respectivamente.

## 2.4. Proyecciones locales de cambio climático para Baja California

### 2.4.1. Descripción del clima para las ciudades

El clima de la ciudad de Mexicali es cálido seco, muy árido con régimen de lluvias de invierno y con una oscilación anual de temperaturas medias mensuales muy extremosa. En el período climatológico base de 1961-1990, su temperatura media anual fue de 22.3°C, con una precipitación promedio anual estimada de 76.9 mm. En Mexicali se han registrado grandes contrastes térmicos, con temperaturas tan altas como 54.3°C, y tan bajas como -7°C.

El clima de la ciudad de Tijuana es de tipo semi-cálido templado con verano cálido y régimen de lluvias de invierno. En el período de 1961-1990, su temperatura media anual fue de 17.6°C, con una precipitación media anual de 231.5 mm. Durante el mes de enero de 1993, ocurrieron lluvias extremas en el estado, siendo Tijuana una de las más afectadas, puesto que registraron inundaciones en casi todas las zonas de la ciudad, ocasionando pérdidas materiales y de vidas humanas.

El clima de la ciudad de Ensenada es seco templado mediterráneo con verano cálido. En el período de 1961-1990 se registró una temperatura media anual de 17.2°C, con una precipitación media anual de 263.3 mm. Tiene un régimen de lluvias de invierno, siendo los meses de diciembre a marzo en los que se registra aproximadamente el 75% de la precipitación total anual. La máxima precipitación mensual ha sido de 217.5 mm, que se registró en enero de 1993.

### 2.4.2. Generación de escenarios climáticos locales

Para las ciudades de Mexicali, Tijuana y Ensenada se generaron escenarios climáticos futuros para las décadas 2020, 2050 y 2080 de los valores de temperatura mínima, temperatura máxima y precipitación. Esto se realizó con el propósito de que tales proyecciones se utilicen en la evaluación integrada de la vulnerabilidad climática en las ciudades seleccionadas. Para realizar lo anterior se utilizó un modelo estadístico de reducción de escala (*Statistical Downscaling Model*, SDSM), con el que se proyectó el clima local a escenarios futuros. Este modelo reducido de escala utiliza el modelo británico denominado HadCM3. Para esta parte del estudio se utilizaron los escenarios A2 y B2. Brevemente, el SDSM se puede describir como un híbrido de técnicas de regresión múltiple y de *downscaling* estocásticas. Los resultados “reducidos de escala” son estadísticamente significativos al 95%. Previo a la generación de escenarios se realizó un análisis local, a nivel diario, de las variables de tempe-

ratura máxima, temperatura mínima y precipitación, mediante técnicas de regresión contra predictores estadísticamente seleccionados usando conjuntos de datos del Centro Nacional de Predicción Ambiental (NCEP, por sus siglas en inglés) y se calibraron las ecuaciones de regresión resultante. Posteriormente se verificó la precisión de las ecuaciones resultantes con el escenario base (1961-1990) reducido de escala y se comparó con valores observados para el mismo período. Con los modelos validados se construyeron series de proyecciones (20 ensambles en total) de temperatura y precipitación pluvial reescalados para los siguientes horizontes de tiempo: 2010-2039 (2020s), 2040-2069 (2050s), y 2070-2099 (2080s).

### 2.4.3. Proyecciones anuales de temperatura máxima (2010-2100)

En términos generales el cambio proyectado de temperatura en este siglo XXI es diferenciado de acuerdo a la ciudad elegida. La figura 2.17. muestra las proyecciones de cambios de temperatura máxima en las ciudades de Mexicali, Tijuana y Ensenada hasta el 2100, con respecto al período de 1961-1990. Se observa que en Mexicali hasta después del 2070 las proyecciones de los dos escenarios empiezan a diferir entre si. El mayor cambio se da a fines de este siglo, donde el escenario A2 prevé un cambio de hasta 5°C, mientras que el escenario B2 de hasta 4°C. Este cambio es realmente alarmante pues actualmente las temperaturas máximas afectan la salud de los habitantes urbanos de manera importante. El otro punto negativo es que cada vez se requerirá más energía para satisfacer las necesidades de confort. Para Tijuana, la mayor diferencia de los escenarios se empieza a ver hasta después de los 2080s; el mayor incremento, que sucede con el A2, es superior a los 2°C, mientras que con el B2, alrededor de 1.5°C. Este incremento, aunque modesto y que para la mayoría de la gente puede parecer poco significativo, sí puede comprometer negativamente la flora y la fauna urbana. El caso de Ensenada es un escenario no previsto en ambos escenarios de emisiones (A2 y B2); la temperatura máxima muestra un decremento en todo lo que resta del siglo XXI, en promedio de 0.6°C, solamente hasta fines de siglo, con el A2, la temperatura máxima se recupera a los valores de 1961-1990.

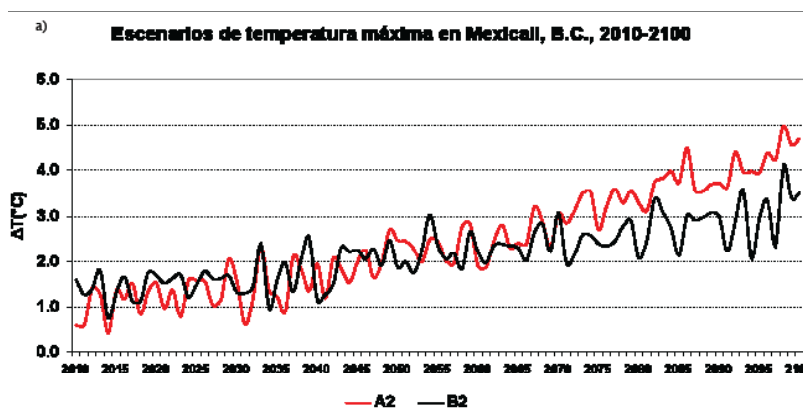


Figura 2.17. Proyecciones de temperatura máxima en Mexicali (a), Tijuana (b) y Ensenada (c) para escenarios de bajas (B2) y altas (A2) emisiones de gases de efecto invernadero con respecto a 1961-1990.

### 2.4.4. Proyecciones anuales de temperatura mínima (2010-2100)

La figura 2.18 muestra las proyecciones de cambios de temperatura mínima en las ciudades de Mexicali, Tijuana y Ensenada hasta el 2100, con respecto al período de 1961-1990. Se observa que en Mexicali, igual que para el caso de la temperatura máxima, las mayores diferencias entre escenarios se empiezan a presentar después de los 2070. El mayor incremento, respecto al período base de 1961-1990, se da con el A2, casi a fines de este siglo, con un valor cercano a los 5°C. Este resultado es positivo para la temporada de invierno, pero muy negativo para el verano. Para los casos de Tijuana y Ensenada, al igual que para Mexicali, las mayores diferencias entre escenarios empiezan a presentarse alrededor de los 2070. Nuevamente el escenario A2 es el que presenta los mayores incrementos, con un valor superior a los 3°C, a fines de este siglo.

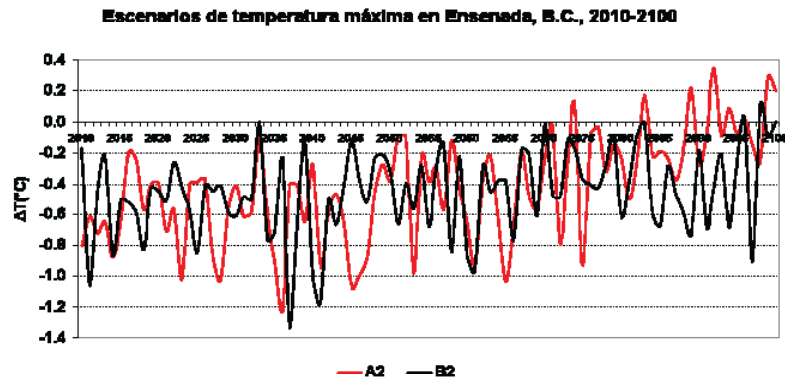
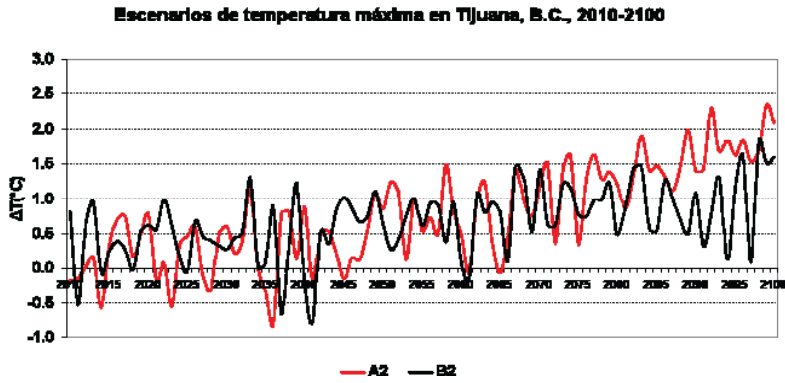
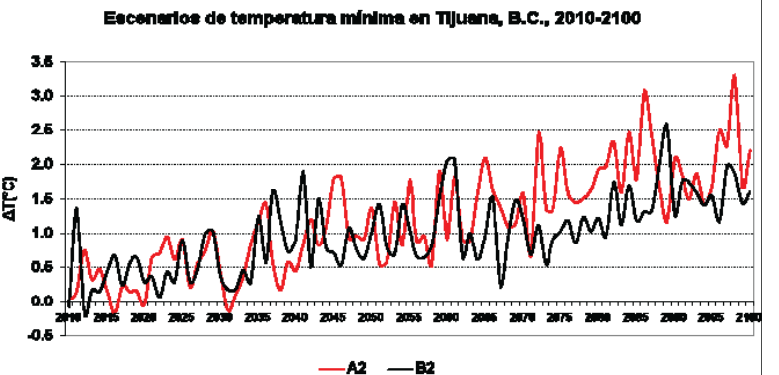
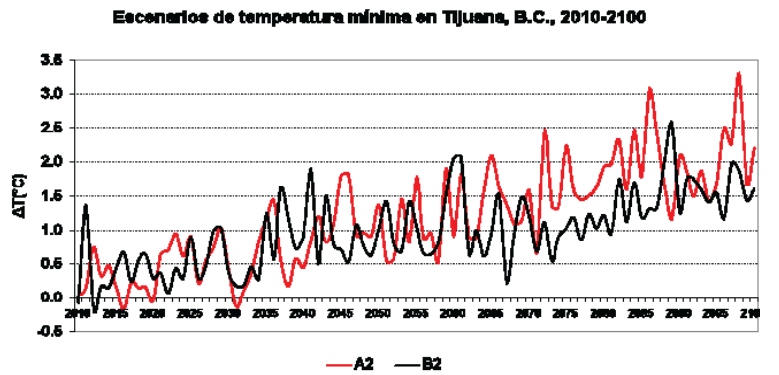
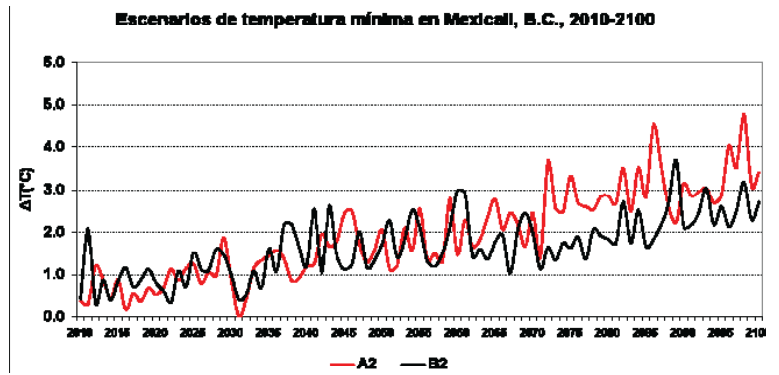


Figura 2.17. Continuación. Proyecciones de temperatura máxima en Mexicali (a), Tijuana (b) y Ensenada (c) para escenarios de bajas (B2) y altas (A2) emisiones de gases de efecto invernadero con respecto a 1961-1990.

Figura 2.18. Proyecciones de temperatura mínima en Mexicali (a), Tijuana (b) y Ensenada (c) para escenarios de bajas (B2) y altas (A2) emisiones de gases de efecto invernadero con respecto a 1961-1990.



## 2.4.5. Proyecciones estacionales de temperatura máxima (2010-2039) y (2070-2099)

En la tabla 2.3. se presentan las proyecciones de cambios estacionales de temperatura máxima en las ciudades de Mexicali, Tijuana y Ensenada, para el período 2010-2039 (también llamado década de los 2020s).

En la tabla 2.4. se presentan las proyecciones de cambios estacionales de temperatura máxima en las ciudades de Mexicali, Tijuana y Ensenada, para el período 2070-2099 (también llamado década de los 2080s).

**Tabla 2.3. Temperatura máxima media estacional y cambios absolutos en escenarios futuros A2 y B2 para los 2020s (2010-2039) en Mexicali, Tijuana y Ensenada, respecto al período base de 1961-1990.**

	Mexicali			Tijuana			Ensenada		
	(1961-1990)	A2	B2	(1961-1990)	A2	B2	(1961-1990)	A2	B2
Primavera	21.0	0.6	0.7	21.9	0.4	0.7	19.6	-0.9	-0.8
Verano	29.7	1.7	1.9	27.8	0.7	1.0	20.5	-0.5	-0.6
Otoño	40.6	1.5	1.9	25.5	0.6	0.5	24.6	-0.6	-0.5
Invierno	31.5	1.7	1.8	19.8	-0.6	-0.6	24.0	-0.2	-0.3
<b>ANUAL</b>	<b>30.7</b>	<b>1.3</b>	<b>1.5</b>	<b>23.8</b>	<b>0.3</b>	<b>0.4</b>	<b>22.2</b>	<b>-0.5</b>	<b>-0.5</b>

**Tabla 2.4. Temperatura máxima media estacional y cambios absolutos en escenarios futuros A2 y B2 para los 2080s (2070-2099) en Mexicali, Tijuana y Ensenada, respecto al período base de 1961-1990.**

	Mexicali			Tijuana			Ensenada		
	(1961-1990)	A2	B2	(1961-1990)	A2	B2	(1961-1990)	A2	B2
Primavera	21.0	2.4	1.6	21.9	1.8	0.8	19.6	-0.3	-0.5
Verano	29.7	4.3	2.8	27.8	2.1	1.6	20.5	-0.2	-0.5
Otoño	40.6	3.9	3.0	25.5	1.4	1.2	24.6	-0.1	-0.3
Invierno	31.5	4.4	3.7	19.8	0.7	0.2	24.0	0.1	0.0
<b>ANUAL</b>	<b>30.7</b>	<b>3.7</b>	<b>2.7</b>	<b>23.8</b>	<b>1.5</b>	<b>1.0</b>	<b>22.2</b>	<b>-0.1</b>	<b>-0.3</b>

## 2.4.6. Proyecciones estacionales de temperatura mínima (2010-2039) y (2070-2099)

En la tabla 2.5. se presentan las proyecciones de cambios estacionales de temperatura mínima en las ciudades de Mexicali, Tijuana y Ensenada, para el período 2010-2039.

En la tabla 2.6. se presentan las proyecciones de cambios estacionales de temperatura mínima en las ciudades de Mexicali, Tijuana y Ensenada, para el período 2070-2099 (también llamado década de los 2080s).

**Tabla 2.5. Temperatura mínima media estacional y cambios absolutos en escenarios futuros A2 y B2 para los 2020s (2010-2039) en Mexicali, Tijuana y Ensenada, respecto al período base de 1961-1990.**

	Mexicali			Tijuana			Ensenada		
	(1961-1990)	A2	B2	(1961-1990)	A2	B2	(1961-1990)	A2	B2
Primavera	12.7	0.7	0.7	9.9	1.2	1.1	10.8	1.0	0.9
Verano	22.9	1.0	1.5	15.8	-0.3	-0.1	16.4	-0.1	0.2
Otoño	13.6	1.5	1.6	12.7	0.1	0.2	13.4	0.1	0.2
Invierno	5.9	0.6	0.6	7.1	1.0	1.1	7.8	0.8	0.5
<b>ANUAL</b>	<b>13.8</b>	<b>0.9</b>	<b>1.1</b>	<b>11.4</b>	<b>0.5</b>	<b>0.6</b>	<b>12.1</b>	<b>0.4</b>	<b>0.8</b>

Tabla 2.6. Temperatura mínima media estacional y cambios absolutos en escenarios futuros A2 y B2 para los 2080s (2070-2099) en Mexicali, Tijuana y Ensenada, respecto al período base de 1961-1990.

	Mexicali			Tijuana			Ensenada		
	(1961-1990)	A2	B2	(1961-1990)	A2	B2	(1961-1990)	A2	B2
Primavera	12.7	2.3	1.7	9.9	2.1	2.0	10.8	1.8	1.7
Verano	22.9	4.0	2.8	15.8	1.6	0.9	16.4	1.9	1.1
Otoño	13.6	4.2	3.1	12.7	1.9	1.3	13.4	1.9	1.2
Invierno	5.9	1.7	1.0	7.1	2.1	1.5	7.8	1.5	1.0
ANUAL	13.8	3.0	2.1	11.4	1.9	1.4	12.1	1.8	1.3

## 2.4.7. Comentarios de las proyecciones de cambio climático para algunas ciudades de Baja California con el SDSM

### 2.4.7.1. Mexicali

- Los datos de los modelos de reanálisis NCEP y el de reducción de escala utilizada, el SDSM, para los escenarios A2 y B2, a partir de la información del modelo de circulación general HadCM3, reproducen en términos generales el patrón observado de la temperatura mínima media y máxima media. En el caso de la precipitación media mensual hay una subestimación en los meses lluviosos por lo que se decidió evaluar el cambio en el escenario generado para las condiciones actuales y los escenarios futuros.
- Las temperaturas mínimas medias se incrementarían hasta 2.6°C para los 2020s, con el escenario B2, en el mes de septiembre, respecto de la climatología base de 1961-1990. Estacionalmente, los mayores incrementos de temperatura mínima para los 2020s serían en el otoño, y los menores aumentos en el invierno. Para los 2050s el mayor incremento, de 2.5°C, se tendría en el verano con el escenario A2, mientras que con el escenario B2 se tendría en el otoño con un valor de 2.8°. Finalmente para los 2080s el incremento con el escenario A2 es muy significativo ya que en septiembre se tiene el valor máximo de 6.1°C, mientras que con el escenario B2, para el mismo mes, de 4.6°C. En las estaciones de verano y otoño se proyectan los mayores incrementos, de 4.0 y 4.2, respectivamente con el escenario A2.
- Con respecto a las temperaturas mínimas absolutas el escenario A2 proyecta que a fines del siglo XXI, es decir de los 2080s, se podrían incrementar hasta 5°C en los meses de julio a septiembre, respecto del escenario base de 1961-1990.
- Para los 2020s, los escenarios A2 y B2 indican que las temperaturas máximas medias experimentarían los incrementos más grandes en el mes de mayo, con 3.0°C. Las temperaturas máximas absolutas experimentarían aumentos de hasta 3.5°C en el mes de abril con el escenario A2. Para los 2050s seguirían con los mayores incrementos el mes de mayo, con 3.9°C, y después septiembre (3.6°C) y octubre (3.5°C). Para los 2080s se intensifica la diferencia comentada del período anterior (2050s), sobre todo con el escenario A2 en los meses de mayo (6.3°C), agosto (4.6°C), septiembre (5.5°C) y octubre (5.0°C).
- A nivel anual, a fines del siglo XXI, es decir para los 2080s, con el escenario A2, se tendría un incremento de 3.7°C, mientras que a nivel estacional, el verano, otoño e invierno, reportarían incrementos de 4.3°C, 3.9°C y 4.4°C, respectivamente.
- Las ondas cálidas (temperaturas superiores 44°C) aparecerían con más frecuencia, y tendrían un inicio más



temprano y retirada más tardía, es decir el período caluroso en Mexicali sería más severo y más prolongado.

■ En cuanto a la precipitación, la modelación con los escenarios A2 y B2 reproducen el patrón de lluvia observado, pero se observan diferencias sustanciales sobre todo en enero, febrero y agosto.

No se prevén cambios en el patrón mensual de lluvia sin embargo los acumulados mensuales para los 2020s aumentarían en algunos meses como julio, agosto, septiembre y octubre en un 53.9%, 43.3%, 95.3% y 63.3%, respectivamente, con el escenario B2.

■ Para mediados y fines del siglo XXI, escenarios 2050s y 2080s, los totales de lluvia mensuales se incrementarían aún más, particularmente en agosto, septiembre y octubre. Resalta el mes de septiembre con un poco más del 200%, sin embargo este mes fue sobrestimado desde la modelación. Actualmente llueven 9 mm en este mes, por lo que se estaría hablando de 27 mm en promedio.

#### 2.4.7.2. Tijuana

■ La climatología mensual modelada de temperatura mínima media y temperatura máxima media con datos de reanálisis NCEP, y escenarios A2 y B2, reproduce bastante bien el patrón observado. De igual manera el modelo estadístico de reducción de escala, el SDSM, describe bien lo observado, bajo ambos escenarios.

■ Las temperaturas mínimas medias para los 2020s, en el escenario A2, se incrementaría, respecto del escenario base, en los meses de febrero y marzo, 1.6°C y 1.5°C, respectivamente. Para fines de siglo, escenario 2080s, continuaría el aumento para estos mismos meses, destacándose febrero; estacionalmente, el invierno y la primavera serían los más sensibles al incremento térmico, sobre todo con el escenario A2.

■ Para los 2080s las temperaturas mínimas absolutas se podrían incrementar de 2°C a 3°C en los meses de mayo a agosto, respecto al período 1961-1990.

■ Para los 2020s, los escenarios A2 y B2 indican que las temperaturas máximas medias aumentarían entre 0.3°C y 0.4°C, en promedio anual. El mayor incremento, respecto a la climatología base de 1961-1990, sería en el mes de mayo con el escenario B2. Se presentarían decrementos en los meses fríos, siendo enero el más sensible.

■ Para los 2050s y 2080s los mayores incrementos se tendrían en los meses de mayo a agosto; el valor más alto, de 2.8°C, se presentaría en el mes de mayo con el escenario A2. Estacionalmente, la primavera y el verano serían las más sensibles al incremento térmico, sobre todo con el escenario A2 a mediados (2050s) y fines del siglo XXI (2080s).

■ En lo que respecta a la precipitación, tanto el modelo de reanálisis NCEP, como el SDSM, escenarios A2 y B2, reproducen bien la distribución anual de la lluvia (época lluviosa y seca). Sin embargo las mejores correlaciones fueron bajas y se reflejan en la sobrestimación que hizo en enero, abril, agosto y diciembre, y subestimación en febrero y octubre. En cuanto al porcentaje de días húmedos se realizó una excelente modelación. Debido a la sobrestimación cuantitativa de las lluvias por los escenarios A2 y B2, respecto a lo observado en la climatología de 1961-1990, se decidió evaluar la relación entre los escenarios futuros y los escenarios generados.

■ Se destaca que para los 2020s no habría cambios en el patrón de lluvia mensual, sin embargo, los acumulados totales disminuirían en algunos meses como enero, febrero y marzo, en ambos escenarios, A2 y B2.

- Para mediados del siglo XXI se tendría un pequeño cambio en el patrón mensual, ya que en meses como julio y agosto que son secos, se tendrían incrementos de más del 100% con ambos escenarios A2 y B2; sin embargo estos incrementos con porcentajes altos no necesariamente significa que se tendrán lluvias extraordinarias, sobre todo porque corresponden a meses con muy baja precipitación.
- Para lo 2080s, a pesar de continuar observándose un incremento en los meses de julio y agosto, en el total anual se tendría un decremento con el escenario B2 del 18%, respecto al período base de 1961-1990. Los meses que presentan mayor disminución son abril, hasta un 49%, y febrero, marzo y noviembre, en menor porcentaje.
- Las tendencias estacionales de precipitación indican que para fines de siglo habría decrementos en las estaciones de invierno y primavera, que es justamente la estación lluviosa; para los 2020s, a pesar de que presenta un decremento en la estación de otoño se recupera en las siguientes décadas.

### 2.4.7.3. Ensenada

- La climatología mensual de temperatura mínima observada y modelada con datos de reanálisis NCEP, el modelo HadCM3, y escenarios A2 y B2, fue reproducido bastante bien; sin embargo, se realizaron sobrestimaciones en los meses de febrero y septiembre. Respecto a las temperaturas mínimas absolutas, la modelación reproduce el patrón observado; las mayores diferencias se presentaron en los meses de marzo y noviembre, en el primero con una sobrestimación de 2.1°C, y el segundo con una subestimación de 3.0°C.
- La temperatura mínima media, en ambos escenarios de emisión, A2 y B2, para los 2020s, tendría los mayores incrementos, respecto del escenario base de 1961-1990, en el invierno y primavera, y los menores en el verano y el otoño. En los meses de febrero y mayo se presentarían incrementos entre 1.1°C y 1.3°C. Para los 2050s, el incremento máximo en la temperatura mínima media sería de 1.8°C con el escenario A2 en el mes de febrero, mientras que estacionalmente, los mayores incrementos se tendrían en la primavera con ambos escenarios, con valores promedio entre 1.6°C y 1.2°C. Finalmente, para los 2080s, las estaciones de primavera, verano y otoño serían las más sensibles al incremento térmico, sobre todo con el escenario A2; el valor máximo de incremento se tendría en el mes de agosto con 2.7°C.
- Las temperaturas mínimas absolutas, con el escenario A2, proyecta un incremento en todas las décadas, y los valores a fines del siglo XXI (2080s) podrían tener valores 2°C a 3°C más altos, respecto a los valores extremos del período 1961-1990.
- La temperatura máxima media para los 2020s, 2050s y 2080s, tanto en el escenario A2, como en el B2, indican que, contrario a lo modelado para Mexicali y Tijuana, se presentaría un decremento, respecto de la climatología base de 1961-1990, aunque no parece ser significativo pues todos los valores están dentro de la variabilidad normal.
- El patrón observado de precipitación promedio mensual es modelado bien por ambos escenarios, sin embargo se tiene una sobrestimación significativa en el período lluvioso en ambos escenarios A2 y B2, comparado con lo observado en la climatología de 1961-1990, por lo que se decidió evaluar la relación entre los escenarios generados para el período base y los escenarios futuros.
- Para ninguno de los escenarios generados, 2020s, 2050s y 2080s se observan cambios en el patrón de lluvia mensual, es decir, las lluvias seguirían presentándose en los meses de noviembre a abril principalmente, y el período seco de mayo a octubre.

Para los 2020s, los acumulados totales de lluvia mensual disminuirían en algunos meses, hasta un 15.6% como valor máximo para el mes de febrero con el escenario B2; con esta misma línea evolutiva la precipitación promedio anual disminuiría un 5%.

Para los 2050s, las diferencias de precipitación total mensual, con respecto al escenario generado de 1961-1990, son más grandes con B2 que con A2; los mayores decrementos con el escenario B2 sucedería en los meses de febrero (16.9%), marzo (20.4%) y abril (36.0%). En el período anual el decremento de precipitación con el escenario B2 se estima en un 14.1%.

Para fines del siglo XXI (2080s) se tendrían reducciones significativas en la lluvia mensual acumulada, sobre todo con el escenario A2, así que en febrero se presentaría un decremento del 25.4%, en marzo de un 31.0% y en abril de un 37.4%; en noviembre y diciembre también se presentarían reducciones significativas, pero ahora con el B2, de un 27.6% y un 21.8%, respectivamente. En el total anual, con A2 se tendría una reducción de 19.3%, mientras que con el B2 de un 9.4%. Como se puede observar, las estaciones de invierno y primavera serían las que a fines del siglo XXI tendrían una mayor reducción en la cantidad anual de lluvia, respecto del período base.

A fines del siglo XXI, la reducción en las cantidades de lluvia mayores que 20 mm presenta una reducción, la cual es más notoria con el escenario A2, sobre todo en los meses de febrero, marzo, noviembre y diciembre.

#### 2.4.8. Comparación de proyecciones de cambio climático para Mexicali, Tijuana y Ensenada: SDSM y ensamble del INE

La diferencia en los cambios de temperatura media proyectados por el SDSM, que solamente utiliza el modelo acoplado del centro Hadley (HadCM3), e INE, que utiliza un ensamble de 13 modelos, para Mexicali, Tijuana y Ensenada se muestran en las tablas 2.8., 2.9. y 2.10. Esta comparación se realizó solamente con el escenario de altas emisiones (A2) para mostrar la diferencia de utilizar el modelo de reducción de escala para los estudios de impacto en los sectores involucrados en el PEACC-BC.

Los cambios de temperatura media y precipitación anual mostrados se refieren a diferentes escenarios base (tabla 2.7.). Para el INE, estos escenarios base se estimaron con información de 1971 a 1999, mientras que para el SDSM es con información de 1961 a 1990.

	T escenario base (°C)		P escenario base (mm)	
	SDSM	INE	SDSM	INE
	1961-1999	1971-1999	1961-1990	1971-1999
Mexicali	22.3	21.2	76.9	99.5
Tijuana	17.6	16.1	231.5	377.1
Ensenada	17.2	14.9	263.3	342.4

Tabla 2.7. Escenarios base de temperatura (°C) y precipitación (mm) obtenidos con el SDSM y el INE.

Con respecto a la temperatura, se observa que las mayores diferencias se presentan, en orden creciente, para Ensenada, Tijuana y Mexicali. Para Ensenada y Tijuana, el INE proyecta cambios de temperatura de alrededor 3°C, mientras que el SDSM es más conservador, con el mayor cambio en Tijuana de 1.7°C. Para la ciudad de Mexicali la proyección es muy parecida y se puede decir que está en el rango de incertidumbre asociada.

Para la precipitación los escenarios proyectados difieren de manera importante en la ciudad de Mexicali:

mientras que con el ensamble del INE apunta hacia un decremento en lo que resta del siglo, con el SDSM indica un incremento sostenido. Se observa en la tabla 2.8. que la diferencia en la modelación para el período de los 2080s es de un 87%. Esto se puede deber a que el SDSM utiliza solamente un modelo, el HadCM3, mientras que el INE usa el ensamble de 13 modelos. Este resultado solamente sucede para la ciudad de Mexicali ubicada en la zona semiárida del estado de Baja California. Lo que demuestra este resultado no es la certidumbre del modelo SDSM (que finalmente no será verificable hasta cuando se den los tiempos para los que hizo la modelación), sino solo su contraposición de la tendencia general al grupo de modelos. Para las ciudades de Tijuana y Ensenada se observa un decremento en la precipitación con ambas modelaciones hasta fines de este siglo XXI, sin embargo esa disminución es mayor para el ensamble del INE que para el SDSM.

**Tabla 2.8. Incremento de temperatura (°C) y cambio porcentual de lluvia respecto al escenario base para Mexicali, B.C., con el escenario de emisiones A2.**

	2010-2039		2040-2069		2070-2099	
	_T	_P	_T	_P	_T	_P
<b>ENSAMBLE INE</b>	1.0	-11.2	1.8	-14.5	3.1	-20.4
<b>SDSM</b>	1.1	20.7	2.1	41.9	3.4	67.4

**Tabla 2.9. Incremento de temperatura (°C) y cambio porcentual de lluvia respecto al escenario base para Tijuana, B.C., con el escenario de emisiones A2.**

	2010-2039		2040-2069		2070-2099	
	_T	_P	_T	_P	_T	_P
<b>ENSAMBLE INE</b>	1.0	-15.1	1.8	-20.7	3.1	-25.2
<b>SDSM</b>	0.4	-5.7	1.0	-0.4	1.7	-18.3

**Tabla 2.10. Incremento de temperatura (°C) y cambio porcentual de lluvia respecto al escenario base para Ensenada, B.C., con el escenario de emisiones A2.**

	2010-2039		2040-2069		2070-2099	
	_T	_P	_T	_P	_T	_P
<b>ENSAMBLE INE</b>	1.0	-11.2	1.7	-19.2	3.0	-20.8
<b>SDSM</b>	-0.05	-2.8	0.3	-2.3	0.9	-19.3

## 2.5. El ascenso del nivel del mar

Existe una sólida evidencia de la subida gradual del nivel del mar durante el siglo XX en contraste con los últimos 2000 años (IPCC, 2007). De acuerdo a este informe:

- Existe una alta confianza de que el nivel del mar ascendió gradualmente entre mediados del siglo XIX al siglo XX.
- La velocidad media de la subida del nivel del mar a escala global para el período entre 1905-2005 medida en una red global de estaciones mareográficas ha sido de  $1.5 \pm 0.01$  mm por año (Ortiz y González, 2008).
- Esta velocidad media de la subida del nivel del mar se ha acelerado durante los últimos 10 años de estas mediciones, cuando se han observado valores de  $3.1 \pm 0.7$  mm, a partir de las mediciones realizadas por altimetría satelital a escala global, valor que es significativamente más elevado que el obtenido para el resto del siglo XX.

Se han identificado dos procesos como los principales responsables del ascenso del nivel del mar para escalas decadales a centenarias:

- La expansión térmica de las aguas oceánicas, ha contribuido con un 40% del ascenso.
- El aporte de agua por deshielo de glaciares y casquetes polares que contribuye con 50%.

Durante el período entre 1961-2003, las temperaturas del océano global para los primeros 700 m de la columna de agua ascendieron  $0.1^{\circ}\text{C}$ , lo que contribuye con  $0.4\pm 0.1$  mm por año a la subida del nivel del mar. Mientras que para el período comprendido entre 1993 al 2003, la expansión térmica contribuyó con  $1.6\pm 0.5$  mm por año, reflejando la mayor tasa de calentamiento observado durante esa última década.

Por otro lado durante el período entre 1961-2003, el deshielo de los glaciares sobre los continentes aportó un ascenso de  $0.7\pm 0.5$  mm por año, mientras que para la última década 1993-2003 la contribución total por el deshielo fue de  $1.2\pm 0.4$  mm por año. Este aumento en la velocidad se debe fundamentalmente a un aumento en las pérdidas de hielo de los glaciares de altas montañas y casquetes polares, un incremento en el deshielo superficial de los hielos de Groenlandia, y un flujo más rápido de partes de los casquetes polares de Groenlandia y la Antártida (IPCC, 2007).

Esta subida del nivel del mar no es uniforme para todo el planeta. En muchas regiones esta subida ha sido mayor que la global, mientras que en algunas regiones se ha registrado un descenso. Esta falta de uniformidad es debida (1) a la expansión térmica como al aporte del deshielo de los glaciares sobre los continentes, (2) cambios en la circulación oceánica, (3) procesos geológicos en las plataformas continentales que bordean los océanos, (4) procesos antrópicos que no están relacionados con el clima como son la subsidencia o hundimientos locales debidos a la extracción de hidrocarburos y aguas subterráneas, una reducción en el aporte de sedimentos por ríos y deltas por la construcción de presas hidroeléctricas que contribuyen a amplificar la vulnerabilidad local a regional por el ascenso del nivel del mar. Razones que aumentan la incertidumbre sobre las consecuencias del futuro ascenso nivel del mar y de la vulnerabilidad de las regiones costeras y de los procesos de adaptación de la sociedad ante este avance del mar.

De acuerdo al informe del IPCC 2007, las mediciones por altimetría satelital proporcionan una evidencia sin ambigüedades sobre la variabilidad regional en los cambios del nivel del mar. Estas evidencias a escala global fundamentan las siguientes afirmaciones:

- El nivel del mar está subiendo con más de un 99% de probabilidad y como resultado de esta subida se van a inundar zonas costeras. Es importante tomar a tiempo las medidas adecuadas para mitigar el inminente aumento del nivel del mar.
- Es muy posible que se incremente la erosión costera como respuesta a esta subida del nivel del mar, especialmente en aquellas regiones que se encuentren entre 0 a 2 m sobre el nivel del mar y es altamente probable (más del 99% de probabilidad) que playas, islas barrera y partes frontales de deltas desaparezcan por procesos erosivos asociados a este ascenso del nivel del mar.
- Es muy posible (99% probabilidad) que humedales y esteros actuales se sumerjan por la subida del nivel del mar debido a la pérdida de áreas continentales a consecuencia de cambios ambientales y climáticos.
- Es muy posible que dependiendo de las condiciones locales se pierdan o migren tierra adentro los hábitats costeros actuales, humedales y esteros, como respuesta a la subida del nivel del mar. Estas pérdidas suponen una amenaza para los ecosistemas costeros por un descenso en su productividad, bien porque actualmente sustentan una cuna o refugio de muchas especies de valor comercial, bien por emigración de peces y aves a otros lugares.

### 2.5.1. Proyecciones de la subida del nivel del mar

Las proyecciones en la subida del nivel del mar discurren en paralelo con las temperaturas del océano por el deshielo y expansión térmica, sin embargo la velocidad de su ascenso es objeto de una gran discusión en estos momentos por las altas incertidumbres asociadas con el deshielo del casquete de hielo de Groenlandia, Atlántico Norte, como la dinámica del deshielo del casquete polar de la Antártida.

La proyección más optimista y conservadora, asumiendo se mantenga la presente velocidad del ascenso del nivel del mar de  $3.1 \pm 0.7$  mm por año, predice que los niveles de carbono atmosférico se podrían estabilizar en 550 ppm a finales de este siglo. supondría un aumento de 0.3 m para finales de este siglo. Sin embargo a comienzos de este año 2011 nos encontramos en 392 ppm, incrementándose anualmente a una tasa de 2.45 ppm por año desde comienzos de este siglo, tendencia que de no modificarse, predice unos niveles más cercanos a las 615 ppm para finales de siglo, lo que modificaría a la alta las proyecciones en la subida del nivel del mar hasta los 1-2 m, fundamentalmente debido al deshielo de Groenlandia y en segundo lugar a la expansión térmica de las aguas oceánicas. La falta de acuerdos a escala internacional sobre las emisiones de gases invernadero en estos momentos hace que este último escenario sea más factible.

Los modelos climáticos proyectan una mayor precipitación de nieve sobre la Antártida sin que llegue a experimentar un deshielo importante. Sin embargo esta proyección es objeto de una importante discusión y revisión actual debido a observaciones recientes sobre procesos dinámicos relacionados con el flujo del hielo en la Antártida que no estaban incluidos en los modelos de clima con los que se realizaron estas proyecciones. Ante la incertidumbre generada por la aún incompleta comprensión y modelación de estos procesos dinámicos de deshielo de los casquetes polares, desconocemos con certeza cuál sería la velocidad máxima del ascenso del nivel del mar para el próximo siglo, razón por la que en este estudio vamos a asumir dos velocidades distintas que proyectan una subida de 1 y de 2 m en el nivel del mar para finales del siglo XXI. Sin embargo, en este punto hay que enfatizar cómo este ascenso del nivel del mar va a mostrar diferencias a escalas regionales bien sea por circulación oceánica como por efectos tectónicos locales y regionales, de ahí la importancia de conocer el papel de estos efectos para cualquier proyección a escala regional que vayamos a realizar. En la página del PEACC-BC se pueden ver los mapas de impacto en las zonas costeras del Estado de Baja California y otros lugares, de acuerdo a diferentes escenarios de ascenso del mar (0 m, 1m, 2 m, etc.) ([http://peac-bc.cicese.mx/Nivel\\_del\\_mar.htm](http://peac-bc.cicese.mx/Nivel_del_mar.htm)).

Cabe resaltar la relevancia del valor real del ascenso del nivel medio del mar, que aún pareciendo de escasa magnitud en términos medios, cobra importancia al recordar cómo éste puede variar hasta 1.5 m diariamente con las mareas y cómo éste puede aumentar por efecto de eventos climáticos como tormentas y huracanes que pueden llegar a doblar esta cantidad. Cabe también resaltar cómo puede variar por eventos asociados a rupturas sísmicas especialmente en el Pacífico y la consiguiente generación de tsunamis, lo que puede multiplicar el número anterior en varios números más dependiendo de la intensidad, localización y alcance vertical de la dislocación de bloques como respuesta tectónica a procesos de compresión y distensión de las márgenes continentales. Previsión que habría que incorporar en los estudios detallados de vulnerabilidad de las regiones costeras a la subida del nivel del mar.

### 2.5.2. Consecuencias e impactos por la subida del nivel del mar en playas, esteros y humedales costeros

El cambio climático junto con la subida del nivel del mar afecta el transporte de sedimentos por vías complejas. La erosión y consiguiente pérdida de ecosistemas son procesos que alteran nuestro litoral costero, pero hasta la fecha carecemos de estudios sistemáticos que evalúen cuánto y cuáles de estas pérdidas son resultado del

ascenso del nivel del mar por cambio climático o de la presión antropogénica. Este tipo de estudios son críticos para poder establecer planes y políticas claras sobre el uso sustentable de las zonas litorales del estado.

La pérdida de los humedales costeros sucede cuando estos ecosistemas se encuentran comprimidos entre las fronteras costeras naturales y artificiales por el ascenso del nivel del mar, un proceso que se conoce como la “compresión costera” (“*coastal squeeze*” estudiado en otras regiones del continente Norteamericano y Eurasia (Field et al., 2007). La degradación de estos ecosistemas costeros, en nuestro caso humedales y esteros, tienen serias consecuencias para el bienestar social, sobre todo por la dependencia de parte de las actividades económicas y de los bienes y servicios que éstas proveen como cuna de pesquerías y maricultura.

Las estructuras de ingeniería tanto en la red fluvial como en las zonas de costas, presas de agua, canales, como las prácticas de explotación de recursos de los ríos como son sus fondos arenosos y de grava, limitan el aporte de sedimento a las zonas costeras. Toda la zona litoral costera, playas, humedales, esteros y ecosistemas asociados, son el resultado de un balance dinámico entre el aporte y la pérdida de sedimentos. En el primer caso debido tanto al aporte de sedimentos por la red fluvial como por la erosión de cantiles arenosos, en el segundo por los procesos de erosión por efecto del oleaje, tormentas y transporte por la circulación costera que removilizan estos sedimentos hacia los cañones submarinos por donde éstos se pierden al mar profundo. Los humedales se encuentran especialmente amenazados por la subida del nivel del mar al dejar de recibir sedimentos de la cuenca fluvial que en el pasado mantenían el aporte necesario de este balance dinámico. Si el nivel del mar ascendiera lentamente, el balance natural entre el aporte de sedimentos y el ajuste morfológico por efectos del oleaje se podrían mantener en equilibrio solo si las lagunas costeras, playas o humedales crecieran en la vertical a la misma velocidad por acumulación de sedimentos y otros materiales. Sin embargo, una aceleración en la tasa del ascenso del nivel del mar podría suponer que los humedales y lagunas costeras no pudieran construirse a la misma velocidad, especialmente en aquellos lugares en los que el aporte de sedimento se ha limitado artificialmente.

A pesar que la mayor parte de los estudios se han enfocado en procesos erosivos y en su estabilización en zonas de mar abierto, hay una serie de estudios que muestran cómo incluso en zonas más protegidas del mar abierto éstas siguen siendo vulnerables a efectos secundarios de la subida del nivel del mar, como se ha observado cuando la erosión de islas barrera de regiones protegidas en mar abierto han aumentado la altura de las olas que se propagan por las bahías costeras. Esto ha aumentado los procesos de erosión de playas, llanuras mareales y humedales adyacentes. Sabemos también del impacto de la subida del nivel del mar sobre playas de cantos y gravas y de su probable pérdida, aunque mucho menos estudiado que en las playas arenosas, y de la influencia que las tormentas pueden ejercer sobre éstas.

En todos estos casos y hasta la fecha desconocemos qué cambios en magnitud y dirección han alterado nuestras líneas de costa desde comienzos de siglo por la subida del nivel del mar. Sin embargo, a pesar de la escasez de los estudios realizados al respecto en nuestro estado, comenzamos a apreciar los cambios introducidos por la transformación económica social y consecuentemente de ingeniería de caminos, canales y puertos durante las últimas décadas en las ciudades situadas en línea de costa. A ello se debe que resulten prioritarios los estudios para hacer un uso racional y sustentable de nuestras costas, de las que depende parte del bienestar de nuestra sociedad.

### **2.5.3. Tendencias regionales en Baja California del nivel del mar: necesidad de establecer el nivel de referencia o Datum del Nivel del Mar**

Para poder establecer cuál es la velocidad de ascenso del nivel del mar en nuestras costas necesitamos establecer precisamente el nivel de referencia o Datum del nivel del mar.

El Datum del Nivel del Mar o nivel de referencia con respecto al nivel medio del mar es el punto de partida para todo levantamiento geodésico y en particular es el punto de partida para delimitar las áreas más vulnerables

ante las variaciones del nivel del mar. En el estado de Baja California no se conoce con exactitud el Datum del Nivel del Mar y de ahí que una de las recomendaciones de esta comisión sea el “establecimiento del datum o Nivel del Mar en el Estado de Baja California”.

Para el establecimiento del Datum Primario del Nivel del Mar se requieren al menos 19 años de observaciones sistemáticas del nivel del mar en cada estación mareográfica. Este lapso de tiempo corresponde al periodo de variación del ángulo entre la eclíptica de la Luna y el ecuador terrestre. Además del Datum del Nivel del Mar es importante conocer los niveles de Pleamar Media Superior y de Bajamar Media Inferior en cada una de las estaciones mareográficas. En particular, la delimitación de la zona federal marítimo-terrestre se basa en el nivel de Pleamar Media Superior estimado palmo a palmo a lo largo de toda la costa.

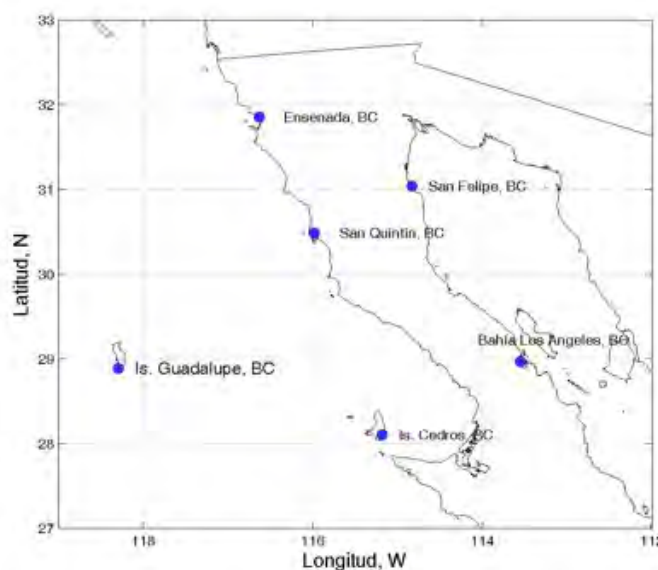


Figura 2.19. Localización de las estaciones mareográficas en el Estado de Baja California, México (Ortiz Figueroa y González Navarro, 2008).

En México se logró establecer el Datum del Nivel del Mar en las estaciones mareográficas que conformaron la Red Mareográfica Nacional a partir del año 1950. Son 5 las estaciones mareográficas ubicadas en el estado de Baja California, en adelante estaciones de referencia, a saber: Ensenada, San Quintín, Isla de Cedros, Isla de Guadalupe, Bahía de los Ángeles y San Felipe. En la figura 2.19. se indica la localización de las estaciones mareográficas en Baja California y en la Figura 2.20. se muestran las observaciones del nivel del mar correspondientes a cada una de las estaciones.

La distancia entre dos estaciones de referencia consecutivas es mayor a 100 kilómetros. Trasladar el Datum a lo largo de las costas del Estado a distancias de decenas de kilómetros a partir de las estaciones de referencia es una tarea ardua y costosa cuando se emplean métodos geodésicos o topográficos. Además, con estos métodos no se pueden trasladar los niveles promedio de pleamares y bajamares porque estos niveles son propios de cada región. Por ejemplo, la diferencia de nivel entre la pleamar y la bajamar es de 3.5 metros Bahía de los Ángeles y es de 7 metros en San Felipe.

### 2.5.3.1. Establecimiento del Datum del Nivel del Mar a lo largo de la costa

En contraste con los métodos geodésicos y topográficos tradicionales, es posible trasladar el Datum del Nivel del Mar a una localidad particular y a la vez establecer los niveles promedio de pleamares y bajamares empleando observaciones del nivel del mar en esa localidad que sean simultáneas a las observaciones en una estación mareográfica de referencia.



La metodología para trasladar el Datum del Nivel del Mar a partir de estaciones mareográficas de referencia permite establecer el Datum en localidades particulares dentro de niveles de confianza de hasta 20 milímetros. Esta metodología se ha venido desarrollando en el CICESE y se ha presentado en diferentes congresos y talleres de trabajo, a saber, en la Reunión del Comité Rector GEBCO/IOC/UNESCO para la Carta Batimétrica General de los Océanos, y en el Congreso Anual de la Unión Geofísica Mexicana (Ortiz y González, 2005).

Para establecer el Datum del Nivel del Mar en localidades específicas del estado de Baja California se plantean los siguientes objetivos:

- Identificar bancos de nivel o monumentos preexistentes y confiables en localidades a lo largo de la costa. En caso necesario se debe contemplar la construcción de estos monumentos; identificar o instalar al menos tres bancos de nivel adicionales al monumento principal.
- Instalar equipos portátiles para observar o monitorear el nivel del mar durante un lapso de tiempo de al menos un mes en cada localidad.

#### 2.5.4. Observaciones sobre la variabilidad del nivel del mar en el estado de Baja California

En la mayoría de las estaciones mareográficas ubicadas en la costa Pacífico de Baja California y en el Golfo de California se cuenta con muy pocas observaciones continuas del nivel del mar (Figura 2.20.), a ello obedece que la tendencia observada en el nivel del mar no sea estadísticamente significativa. Sin embargo, en la costa occidental de la Península de Baja California y en el Golfo de California no se han observado movimientos significativos de las márgenes continentales en comparación con las variaciones de largo plazo del nivel del mar, y en general las tendencias del nivel del mar son positivas. En las pocas localidades con mayor número de observaciones la tendencia del nivel del mar es de  $\sim 2$  mm/año, misma que coincide con lo observado en el litoral del condado de San Diego, California, EEUU en la margen del Pacífico para el último siglo XX, lo que indica la validez de las tendencias registradas.

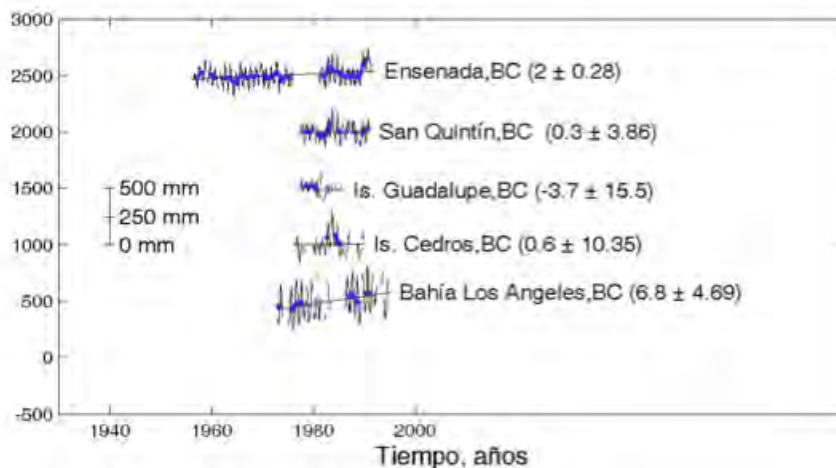


Figura 2. 20. Promedios mensuales y anuales de nivel del mar en la Baja California. La línea recta indica la tendencia lineal obtenida a partir de los promedios mensuales. Los números al lado del nombre de cada localidad indican respectivamente la tendencia lineal en milímetros por año y su intervalo de confianza al 95% (Ortiz y González, 2008).

## 2.5.5. Vulnerabilidad de la zona litoral en Baja California

Con la finalidad de estimar la vulnerabilidad de la zona litoral de Baja California ante el inminente aumento del nivel del mar se han tomado en cuenta dos escenarios, en el primer escenario hemos asumido una subida del nivel del mar de 1 m para finales del siglo y en el segundo escenario un aumento de 2 m para este mismo período. Las cartografías realizadas no son de detalle y no incluyen pérdidas económicas, ecológicas o de servicios ecosistémicos, tarea que deberá de ser objeto de otros estudios más detallados en los que se tomen en cuenta un mayor número de variables económicas que afectan e incluyan a vivienda y urbanismo, carreteras, infraestructuras portuarias y de comunicación y transportes, industriales, variables sociológicas, agrícolas, servicios ecosistémicos, en las que no incluimos los valores de los hábitats costeros que son cuna de las pesquerías costeras y cultivos de maricultura, como pérdida de playas y su impacto sobre el turismo nacional e internacional con importantes implicaciones en la salud y bienestar de la población. Cabe mencionar también que por la cartografía y aproximación utilizada los estimados que a continuación se ofrecen están sujetos a errores (10-15%) y que constituyen solo una identificación de las áreas vulnerables y solo son una primera aproximación con la recomendación en todos los casos de un levantamiento de cartografías con respecto al Datum del Nivel del Mar, de alta resolución y detalle para evaluar la extensión y alcance de las pérdidas. En la página del PEACC-BC se pueden ver los mapas de impacto en las zonas costeras del Estado de Baja California y otros lugares, de acuerdo a diferentes escenarios de ascenso del mar (0 m, 1m, 2 m, etc., [http://peac-bc.cicese.mx/Nivel\\_del\\_mar.htm](http://peac-bc.cicese.mx/Nivel_del_mar.htm)).

### 2.5.5.1. Escenario 1

**Subida del nivel del mar de 1 m; Áreas afectadas:**

#### 2.5.5.1.1. Margen del Pacífico

Playas de Tijuana, esta playa aun contando con un gradiente importante en la pendiente se verá sujeta a procesos de avance del nivel del mar y consiguiente erosión que pueden sumergir entre 1/4 a 1/3 de la playa actual y durante eventos de tormenta puede afectar a viviendas y calles vecinas.

Playas de Rosarito, esta playa con un gradiente similar en la pendiente se verá sujeta a procesos de avance del nivel del mar y consiguiente erosión que pueden sumergir entre 1/5 a 1/3 de la playa actual y durante eventos de tormenta puede afectar a viviendas y calles vecinas.

Playas de la Misión, esta es una playa de gran extensión y de baja pendiente que podría verse afectada por inundación y erosión entre 1/3 a 2/3 de la playa.

Puerto de Ensenada, un aumento de 1 m del nivel del mar supone la pérdida por inundación de entre 145,000-162,000 m<sup>2</sup>.

Playa de Ensenada, desde el puerto hasta el estero, la pérdida por inundación y erosión de entre 155,000-175,000 m<sup>2</sup>. Procesos erosivos de las dunas frontales que puede llevar a que durante eventos de tormenta pueda afectar a viviendas y calles vecinas.

Barra de arena de Punta Banda y Estero, la barra de arena que cierra al Estero va a perder parte de su extensión N y su línea de costa occidental va a retroceder con una pérdida aproximada de 1.268.475 m<sup>2</sup>, la parte

occidental del estero limítrofe con los campos de cultivo de Maneadero van a verse inundados semipermanentemente con una pérdida aproximada de 10.540.000 m<sup>2</sup> y la posible intrusión de agua salina en el acuífero de Maneadero. En la Figura 4 se aprecia con mayor detalle el área de la Bahía de Todos Santos. En esta figura se ilustra cómo la estimación de áreas inundables puede ser diferente cuando se emplean dos diferentes modelos digitales de elevación.

Laguna al oeste de Punta Colonet, probable inundación de una superficie de 956.000 m<sup>2</sup>.

Zona Norte de San Quintín, probable inundación de 34.715.100 m<sup>2</sup>. Esta llanura que está prácticamente al nivel del mar actual se encuentra protegida por una barra de arena longitudinal y paralela a la línea de costa, su posible erosión por eventos de tormentas puede facilitar la inundación de la llanura costera adyacente. Alta vulnerabilidad de intrusión de aguas salinas a los mantos acuíferos de esta llanura, se desconoce su utilización actual y en el caso de uso agrícola, puede verse comprometido por inundaciones esporádicas de aguas salinas.

Laguna de San Quintín, probable extensión de la laguna actual en casi un 50% por encima de su extensión actual llegando a tener un área sumergida cercana a los 42 Km<sup>2</sup>, este es un caso en el que las actividades económicas centradas en la explotación de recursos de cultivos de mejillón y ostiones se vean favorecidas así como su valor como reserva ecológica en uno de los mayores complejos lagunares del estado.

Al N y S de cabo Blanco es probable se generen varias llanuras de inundación restringidas con una extensión acumulada de 3.587.227 m<sup>2</sup>.

Punta Prieta, posible inundación de llanura mareal de unos 760,000 m<sup>2</sup>.

Zona N de Guerrero Negro, altamente probable extensión de cuerpos de agua actuales en aproximadamente un 60% por encima de la extensión actual; para cubrir una extensión total de unos 46,000.000 m<sup>2</sup>. Ecológicamente significa una extensión de las lagunas actuales cuna de pesquerías costeras y de la residencia invernal de grandes cetáceos.

Laguna de Guerrero Negro, altamente probable extensión de la extensión del complejo de Guerrero Negro-Laguna Ojo de Liebre entre un factor de 3 a 4 de su extensión actual, lo que puede tener repercusiones positivas desde el punto de vista ecológico al aumentar la extensión de hábitats para la flora y fauna marina y económico por una mayor extensión del área de las salinas, otro aspecto que debería de estudiarse en detalle para evaluar sus repercusiones ecológicas y económicas a escala regional.

### 2.5.5.1.2. Golfo de California

En un transecto de Sur a Norte:

Angostura, es probable la inundación de un zona del litoral y la formación de una nueva laguna costera de 2,165,000 m<sup>2</sup>.

Golfo al Sur de Puntas El Soldado y El Pescador, formación de una nueva laguna costera con una extensión aproximada de 3,471,510 m<sup>2</sup>.

Bahía de Los Ángeles, las playas de esta bahía van a perder una extensión importante y se van a inundar de una forma permanente, la laguna costera en su extremo sur con una extensión inundada de 2,165,000 m<sup>2</sup>.

Gonzaga, se observa algo similar a Bahía de Los Ángeles con una pérdida de extensión de playa al tiempo que se va a inundar permanentemente una llanura costera adyacente a la Isla Willard en el N aislándola del continente.

Zona del Delta del Río Colorado, inundación importante de amplias extensiones del delta e isla Montague y posible pérdida por procesos erosivos asociados, es muy probable que se produzca inundación de un área aproximada de 700 Km<sup>2</sup> con muy probable intrusión de aguas salinas en los acuíferos subterráneos del área deltáica. Esta es una de las zonas de mayor impacto por la subida del nivel del mar y debería de ser objeto de estudios más dirigidos y exhaustivos ecológicos, agrícolas, hidrogeológicos y sedimentológicos para evaluar de una forma más precisa la vulnerabilidad e impacto por el retroceso de la línea de costa y procesos de erosión asociados en esta zona, posiblemente de las de mayor impacto en el estado.

Laguna Salada, una subida de esta magnitud del nivel del mar probablemente no tenga consecuencias aunque no se puede descartar la existencia de eventos climatológicos y mareales extraordinarios que podrían inundar eventualmente la laguna a través de su conexión con los canales del Río Colorado en su extremo S y la consecuente contaminación de los acuíferos de Laguna Salada con aguas salinas.

### 2.5.5.2. Escenario 2

**Subida del nivel del mar de 2 m; Áreas afectadas:**

#### 2.5.5.2.1. Margen del Pacífico

Playas de Tijuana, esta playa aun contando con un gradiente importante en la pendiente se verá sujeta a procesos de avance del nivel del mar y consiguiente erosión que pueden sumergir entre 1/3 a 2/3 de la playa actual y durante eventos de tormenta puede afectar a viviendas y calles vecinas.

Playas de Rosarito, esta playa con un gradiente similar en la pendiente se verá sujeta a procesos de avance del nivel del mar y consiguiente erosión que pueden sumergir entre 1/3 a 2/3 de la playa actual y durante eventos de tormenta puede afectar a viviendas y calles vecinas.

Playas de la Misión, esta es una playa de gran extensión y de baja pendiente que podría verse afectada por inundación y erosión entre 2/3 a la mayor parte de la playa.

Puerto de Ensenada, un aumento de 2 m del nivel del mar supone la pérdida por inundación de entre 231,000-282,000 m<sup>2</sup>. El impacto de la subida del nivel del mar en este importante recinto portuario, por sus altos volúmenes de descarga comercial, pesquera, labores del astillero, marinas, turístico, andador urbano, mercado negro y actividades económicas asociadas, bajo los dos escenarios resaltan la necesidad de estudios de mayor detalle y precisión para evaluar impactos, vulnerabilidad y medidas de mitigación a tomar para minimizar las pérdidas económicas que se puedan derivar.

Playa de Ensenada, desde el puerto hasta el estero, la pérdida por inundación y erosión de entre 255,000-305,000 m<sup>2</sup> lo que muy probablemente acelere los procesos erosivos de las dunas frontales que puede llevar a que durante eventos de tormenta pueda afectar a viviendas y calles vecinas.

Barra de arena de Punta Banda y Estero, pérdida de prácticamente la mitad de la barra de arena que cierra al Estero y posible apertura de nuevos canales de comunicación entre el estero y la bahía en su extremo S. La línea de costa occidental que limita al estero de la bahía va a retroceder con una pérdida aproximada de 1.268.475 m<sup>2</sup>, la parte occidental del estero limítrofe con los campos de cultivo de Maneadero van a verse inundados semipermanentemente con una pérdida aproximada de 10.540.000 m<sup>2</sup> y la posible intrusión de agua salina en el acuífero de Maneadero.

Laguna al oeste de Punta Colonet, probable inundación de una superficie de 956.000 m<sup>2</sup>.

Zona Norte de San Quintín, probable inundación de 34.715.100 m<sup>2</sup>. Esta llanura que está prácticamente

al nivel del mar actual se encuentra protegida por una barra de arena longitudinal y paralela a la línea de costa. Su posible erosión por eventos de tormentas puede facilitar la inundación de la llanura costera adyacente. Alta vulnerabilidad de intrusión de aguas salinas a los mantos acuíferos de esta llanura, se desconoce su utilización actual y en el caso de uso agrícola, puede verse comprometido por inundaciones esporádicas de aguas salinas.

Laguna de San Quintín, probable extensión de la laguna actual en casi un 50% por encima de su extensión actual llegando a tener un área sumergida cercana a los 42 Km<sup>2</sup>, este es un caso en el que las actividades económicas centradas en la explotación de recursos de cultivos de mejillón y ostiones se vean favorecidas así como su valor como reserva ecológica en una de las mayores complejos lagunares del estado.

Al N y S de cabo Blanco es probable que se generen varias llanuras de inundación restringidas con una extensión acumulada de 3.587.227 m<sup>2</sup>.

Punta Prieta, posible inundación de llanura mareal de unos 760,000 m<sup>2</sup>.

Zona N de Guerrero Negro, altamente probable extensión de cuerpos de agua actuales en aproximadamente un 60% por encima de la extensión actual; para cubrir una extensión total de unos 46,000.000 m<sup>2</sup>. Ecológicamente significa una extensión de las lagunas actuales cuna de pesquerías costeras y de la residencia invernal de grandes cetáceos.

Laguna de Guerrero Negro altamente probable extensión de la extensión del complejo de Guerrero Negro-Laguna Ojo de Liebre entre un factor de 3 a 4 de su extensión actual lo que puede tener repercusiones positivas desde el punto de vista ecológico, al aumentar la extensión de hábitats para la flora y fauna marina y económico por una mayor extensión del área de las salinas, otro aspecto que debería de estudiarse en detalle para evaluar sus repercusiones ecológicas y económicas a escala regional.

### 2.5.5.2.2. Golfo de California

En un transecto de Sur a Norte:

Angostura, es probable la inundación de un zona del litoral y la formación de una nueva laguna costera de 2,165,000 m<sup>2</sup>.

Golfo al Sur de Puntas El Soldado y El Pescador, formación de una nueva laguna costera con una extensión aproximada de 3,471,510 m<sup>2</sup>.

Bahía de Los Ángeles las playas de esta bahía van a perder una extensión importante y se van a inundar de una forma permanente la laguna costera en su extremo sur con una extensión inundada de 2,165,000 m<sup>2</sup>.

Gonzaga se observa algo similar a Bahía de Los Ángeles con una pérdida de extensión de playa al tiempo que se va a inundar permanentemente una llanura costera adyacente a la Isla Willard en el N aislandola del continente.

Zona del Delta del Río Colorado inundación importante de amplias extensiones del delta e isla Montagu y posible pérdida por procesos erosivos asociados, es muy probable se produzca ininundación de un área aproximada de 700 Km<sup>2</sup> con muy probable intrusión de aguas salinas en los acuíferos subterráneos del area deltaica. Esta es una de los zonas de mayor impacto por la subida del nivel del mar y debería de ser objeto de estudios mas dirigidos y exhaustivos ecológicos, agrícolas, hidrogeológicos y sedimentológicos para evaluar de una forma más precisa la vulnerabilidad e impacto por el retroceso de la línea de costa y procesos de erosión asociados en esta zona, posiblemente de las de mayor impacto en el estado.


Laguna Salada una subida de esta magnitud del nivel del mar probablemente no tenga consecuencias aunque no se puede descartar la existencia de eventos climatológicos y mareales extraordinarios que podrían inundar eventualmente la laguna a través de su conexión con los canales del Río Colorado en su extremo S y la consecuente contaminación de los acuíferos de Laguna Salada con aguas salinas.

### 2.5.6. Recomendaciones

La historia de las sociedades humanas muestran su extraordinaria capacidad adaptativa ante situaciones y procesos adversos en las zonas costeras, ejemplo de esto son la generalización de obras de ingeniería civil y de costas durante el último siglo. Las ciudades situadas en regiones costeras de hundimiento-subsistencia activa han diseñado estrategias que hasta el momento las han defendido del ascenso del nivel del mar durante el último siglo en los países más desarrollados económicamente. Análisis basados en el método de costo beneficio muestran que las medidas de protección pueden ser muy rentables en aquellas zonas costeras de alta densidad humana y consistentemente de alto valor económico al minimizar el costo potencial de los desastres que pudieran ocasionarse por el ascenso del nivel del mar, incluso asumiendo escenarios de hasta 1 m en la subida del nivel del mar para finales de este siglo.

Las opciones adaptativas que tienen las concentraciones urbanas a la altura del nivel del mar actual son de tres tipos de protección, de acomodación o de retroceso planificado. Estas opciones que deberán evaluar lo deseable, lo asequible económicamente y lo sustentable a largo plazo tienen caracteres técnicos y sociopolíticos que son necesarios abordar y cada vez con mayor urgencia. Los procesos de adaptación siguen siendo una importante incertidumbre para establecer la magnitud de los impactos del ascenso del nivel del mar. Esto es especialmente cierto para los países en vías de desarrollo, para los que los límites en su capacidad adaptativa pueden resultar en un obstáculo insuperable. De ahí la necesidad que en los planes de desarrollo a escala nacional se consideren los riesgos de la ocupación social de la zona costera para que se identifiquen los mecanismos y procesos más apropiados para su administración.

El futuro e imparable ascenso del nivel del mar es aún más incierto que cuando se redactó el último informe ART4 del PICC. A partir de ahora se nos abren al menos dos caminos en los que seguir trabajando, por un lado la comunidad científica debe generar un conocimiento más profundo y preciso sobre el presente y futuro ascenso del nivel del mar y por otro debe colaborar con los actores públicos políticos y económicos para desarrollar escenarios de adaptación pragmáticos y sustentables ante impactos más realistas a escalas globales y regionales. Estos impactos de la subida del nivel del mar se pueden a su vez agrupar en dos aspectos. Los debidos a las políticas sobre el clima con un enfoque en los efectos del clima sobre el nivel del mar y sus implicaciones en políticas de mitigación, y por otro los impactos sobre la administración de política costera la que deberá de considerar tanto las causas climáticas como las antropogénicas y locales. En ambos casos el tiempo juega a la contra y encarece considerablemente las opciones a futuro, lo que fundamenta la necesidad de identificar riesgos y vulnerabilidades a escalas regionales y de diseñar e implementar los mecanismos de mitigación y adaptación necesarios a esta situación impuesta por el imparable ascenso del nivel del mar.



# 3. Diagnóstico y evaluación de la vulnerabilidad e impactos del cambio climático



# ■ 3.1 Recursos hídricos





### 3.1.1 Diagnóstico

Aproximadamente las dos terceras partes de la superficie del planeta están cubiertas por agua. Del total del agua en el mundo, poco más del 97% del volumen es agua salada y está contenida en océanos y mares; mientras que menos del 3% es agua dulce o de baja salinidad. Del volumen total de agua dulce, estimado en unos 38 millones de kilómetros cúbicos, aproximadamente el 75% está concentrado en casquetes polares, nieves eternas y glaciares; el 21% está almacenado en el subsuelo, y el 4% restante corresponde a los cuerpos y cursos de agua superficial (lagos y ríos).

En Baja California tenemos tres tipos de usuarios: urbanos, rurales y de medio ambiente, a quienes por ley se les debe dar prioridad en ese orden estrictamente. En este panorama el medio ambiente sería el último en la lista de prioridades y por lo tanto el que podría llegar a sufrir mayores consecuencias por un mal manejo.

### 3.1.2 Fuentes de abastecimiento de agua

#### 3.1.2.1 Precipitación pluvial

La precipitación registrada por la Subdirección Técnica de CONAGUA para el estado, ha sido del orden de 203.7 mm por año, en el período comprendido entre los años 1941–2005, el segundo más bajo del país después de Baja California Sur con 176.2 mm. Esta situación contrasta radicalmente con estados como Tabasco, el más alto del país, con 2,405.8 mm, Chiapas con 1,968.9 y Oaxaca con 1,518.8. En resumen, la precipitación pluvial de Baja California es 3.8 veces menor que la media nacional (773.5 mm) y 11.8 veces menor que Tabasco, estado que registra la mayor precipitación en el país en el mismo período.

No es por lo tanto extraño que Baja California no cuente con ríos, más allá del Colorado, cuyo origen se ubica a más de 2,000 Km al norte y su caudal no recibe contribución significativa dentro del territorio del estado. Los bajos niveles de precipitación pluvial del estado son especialmente graves a la luz de la recarga de los acuíferos, cuyo caudal depende de las filtraciones de las lluvias, como se apreciará más adelante en este análisis.

A nivel península de Baja California (Región Hidrológico-Administrativa I), la presión sobre el recurso hídrico es del 86 %, donde, de acuerdo a los estándares internacionales más del 40 % se considera fuerte. Este indicador se calcula dividiendo el “Volumen Total de Agua Concesionada” entre la “Disponibilidad natural media de Agua”. En  $\text{hms}^3$  por año (  $1 \text{ hm}^3 = 1,000,000$  de  $\text{mts}^3$ ), la disponibilidad media total de agua para la península en su conjunto fue de  $4,423 \text{ hms}^3$  en el año 2005, integrado por un escurrimiento natural superficial medio de  $3,012 \text{ hms}^3$  y una recarga de acuíferos del orden de  $1,411 \text{ hms}^3$ . Con una población de más de 3.3 millones de habitantes,

la disponibilidad natural media total de agua por habitante, en ese mismo año, fue de 1,318 mts<sup>3</sup>/habitante, nivel muy cercano al considerado en la clasificación de las Naciones Unidas como extremadamente bajo.

La gravedad de estos bajos niveles de disponibilidad se hace más apremiante si consideramos que la población crece día a día y la disponibilidad de agua, en el mejor de los casos, permanece invariable. La capacidad de almacenamiento de la región es de 220 hm<sup>3</sup>, distribuida en siete presas principales: tres de almacenamiento en el estado de Baja California y cuatro para el control de avenidas y recarga de acuíferos en el estado de Baja California. La presa Abelardo L. Rodríguez sobre el Río Tijuana, con una capacidad de 138 hm<sup>3</sup>, solo se llena en promedio una vez cada diez años.

#### 3.1.2.2 Aguas subterráneas

El Programa Nacional Hidráulico 2001-2006 dice textualmente, al respecto, lo siguiente; “La región, se refiere a la península en su conjunto, depende en gran medida de sus recursos de aguas subterráneas. La recarga de los acuíferos es de unos 1,400 hm<sup>3</sup> por año, cuando las extracciones ya superan esa cantidad. De los 84 acuíferos de la región, los del Valle de Mexicali, Mesa Arenosa, Santo Domingo y Vizcaíno aportan 63% del volumen total de agua de la región, el volumen restante se distribuye en 84 acuíferos pequeños dispersos en toda la península”. La segunda fuente más importante de agua en Baja California, después del Río Colorado, son los acuíferos locales de los cuales depende principalmente la ciudad de Ensenada en la costa. Estos acuíferos representan, a nivel estatal, el 35% aproximadamente del total del agua, sin embargo hay que notar que uno de los acuíferos más importantes es el de la Mesa Arenosa de San Luis Río Colorado, Sonora, el cual depende de los caudales del Río Colorado. Las cifras por acuífero, especialmente aquellos que juegan un papel determinante en el abasto de agua de las ciudades costeras, presentan un panorama aun más serio, dado que la mayor concentración de acuíferos sobreexplotados se da precisamente en aquellos de los cuales depende parcialmente el suministro de agua de las ciudades fronterizas del estado, Ensenada, Rosarito y otros poblados pequeños como La Rumorosa, El Hongo, etcétera.

#### 3.1.2.3 Río Colorado

Baja California es particularmente dependiente de lo que ocurre fuera de nuestra frontera, ya que la principal fuente de suministro de agua, por no decir la única confiable, es la cuenca binacional del Río Colorado, que compartimos con siete estados de la Unión Americana. Lo que pase en esta cuenca repercutirá inevitablemente en mayor o menor grado en nuestro destino como estado. No se puede, por lo tanto, hablar del agua en Baja California sin entender por lo menos someramente la cuenca del Río Colorado desde su origen hasta su descarga al Golfo de California. El Río Colorado, cuyo origen es en los Estados Unidos, fue motivo de un Tratado Internacional entre los dos países firmado en 1944, en el cual se garantiza para México un volumen mínimo de 1 850.234 Mm<sup>3</sup> anual que puede llegar hasta 2 096.931 Mm<sup>3</sup> en caso de presentarse excedentes en la cuenca alta del Río Colorado.

Históricamente, desde 1922, la cuenca del Colorado se ha dividido en la llamada “Cuenca Alta”, que comprende los estados de Wyoming, Utah, Colorado y Nuevo México, en la Unión Americana, y la “Cuenca Baja” que incluye California, Arizona y Nevada también, en la Unión Americana y Baja California en México. Con base en acuerdos interestatales y el Tratado Internacional de Límites y Aguas celebrado con México en 1944, la Suprema Corte de los Estados Unidos decretó que 16.5 millones de acres-pie anuales (20,361 millones de metros cúbicos), de las aguas presentes y futuras del río se destinarían para su uso en las Cuencas Alta y Baja de ese país y 1.5 millones de acres-pie (1,850 millones de metros cúbicos) corresponderían a México. En este contexto se asignaron 33 al Estado de California (USA), 4.4 millones anuales de acres-pie (5,429.6 millones de metros cúbicos).

ACUÍFEROS SOBREENPLOTTADOS EN BAJA CALIFORNIA				
Municipio	Acuífero	Recarga (hm <sup>3</sup> /año)	Extracción (hm <sup>3</sup> /año)	Sobreeplotación (hm <sup>3</sup> /año)
Ensenada	Ojos Negros	19.00	25.52	6.5
Mexicali	Valle de Mexicali	700.00	719.00	19.0
Ensenada	Manadero	20.80	25.76	5.0
Ensenada	La Trinidad	24.35	30.17	5.8
Ensenada	Camalú	3.90	3.90	0.0
Ensenada	Colonia Vicente Guerrero	19.52	21.42	1.9
Ensenada	San Quintín	19.10	24.40	5.3
Ensenada	San Simón	13.50	19.00	5.5
San Luís Río Colorado, Sonora	Mesa Arenosa de San Luís Río Colorado, Sonora	100.00	197.30	97.3
<b>Suma</b>		<b>920.17</b>	<b>1,066.47</b>	<b>146.30</b>
<b>Porcentajes</b>		<b>100</b>	<b>115.90</b>	<b>15.90</b>

Tabla 3.1. Acuíferos sobreexplotados en Baja California

### 3.1.3 Usuarios por tipo de actividad

#### 3.1.3.1 Urbano

La infraestructura del sector hidráulico en materia de agua para uso urbano en el estado está cubierta la mayor parte en las ciudades de Mexicali y Ensenada y los municipios de Tecate, Tijuana y Playas de Rosarito. Existen aún comunidades rurales en Ensenada y Mexicali que no son operados por los organismos encargados del servicio, y además pequeñas comunidades aisladas que no tienen ni siquiera el servicio de agua entubada.

Se espera que la demanda para uso doméstico en el sector urbano se incrementará de 7,313 litros por segundo del año 2007 a 13,357 litros por segundo en el año 2030. La oferta y/o asignaciones de agua, en las cabeceras municipales de Playas de Rosarito, Tijuana y Ensenada son insuficientes.

#### 3.1.3.2 Rural

La demanda de agua para usos agrícolas es de 2.796 Hm<sup>3</sup>, lo que representa un 83.81% del total mientras que para el uso urbano se usan 273 hm<sup>3</sup>, que representa un 8.18% del total, mientras que para el uso industrial se utilizan 267 hm<sup>3</sup>, un 8% del total (ver tabla 3.3). Los volúmenes de agua utilizados para agricultura pueden verse seriamente afectados de producirse una disminución de los volúmenes entregados por Estados Unidos al Río Colorado, dado que la prioridad siempre va a ser los centros urbanos, y en consecuencia, los primeros perjudicados serán las explotaciones agrícolas. Por la importancia de este sector, tanto económico como en los volúmenes utilizados, la eficiencia de políticas destinadas a promover una mayor eficiencia del uso de la agua por este sector será la estrategia más eficiente para absorber cualquier modificación de los volúmenes de agua disponibles actualmente.

### 3.1.3.3 Industrial

La industria en Baja California tiene un consumo relativamente bajo de agua, siendo aproximadamente el 8% del total. Utilizando agua reciclada es posible reducir al menos en parte el consumo de agua de este sector, aunque se debe recordar que en esta categoría se incluye toda la industria hotelera, la cual por cuestiones de mercado y de percepción de sus clientes tienen muy limitado el uso de aguas recicladas para sus operaciones.

Usos del agua demandada en el estado de Baja California		
Uso	Volumen (hm <sup>3</sup> )	%
Agrícola	2,796	83.81
Público urbano	273	8.18
Industria	267	8.00
<b>Total</b>	<b>3,336</b>	<b>100</b>

Tabla 3.2. Usos del agua demandada en el estado de Baja California

## 3.1.4 Infraestructura

### 3.1.4.1 Infraestructura urbana

Las obras de infraestructura urbana se construyeron para dar servicio de abastecimiento, captación, conducción, potabilización, distribución, recolección y tratamiento de aguas residuales, aguas para reuso y disposición final de aguas negras. Las obras de captación son las presas Abelardo Rodríguez en Tijuana, con una capacidad útil de 90.33 millones de metros cúbicos, la planta el Carrizo en Tecate con 34.46 millones de metros cúbicos de capacidad, la presa Ing. Emilio López Zamora en Ensenada con 2.61 millones de metros cúbicos, y la presa Morelos en Mexicali con una capacidad 9900 m<sup>3</sup> por segundo en el vertedero, para un total de 127.40 millones de metros cúbicos en el estado.

Existen 12 acueductos en el estado, entre los cuales destaca el acueducto Río Colorado Tijuana con 126 km de longitud y 4000 litros por segundo de capacidad. Como parte de este sistema existen plantas potabilizadoras en las zonas urbanas y rurales del estado, entre las que destacan la Ingeniero López Zamora en Ensenada, con 150 litros por segundo de capacidad instalada, en Mexicali, las plantas uno, dos y tres para un total de 5,550 litros por segundo, en Tecate las plantas del Cuchumá y la Nopalera, con 325 litros por segundo, y las plantas El Florido, Abelardo L. Rodríguez y El Monte de los Olivos, para un total 4730 litros por segundo. A nivel de cabecera municipal, Mexicali y Tecate tienen cubierto el servicio en la ciudad, mientras que Ensenada, Tijuana, y Playas de Rosarito presentan coberturas del 98, 96 y 94 % respectivamente.

La cobertura del alcantarillado sanitario no es tan completa como la cobertura de agua potable. Rosarito cuenta con el 57 % de su población cubierta por este servicio, Tecate el 77%, Tijuana el 86%, Ensenada 64%, Mexicali el 75%, y el promedio en el estado es del 78%.

En cuanto al volumen de aguas residuales tratadas en las distintas plantas de tratamiento de aguas residuales del estado, las ciudades de Ensenada, Playas de Rosarito y Tecate dan tratamiento al total del volumen generado. Mexicali trata el 87 % y Tijuana el 82%, el promedio estatal de las cabeceras municipales es el 86%.

### 3.1.4.2 Infraestructura agrícola

La Presa Morelos es la principal infraestructura del estado. Está situada en el Valle de Mexicali y construida sobre el cauce del Río Colorado, a 1.8 km al sur del poblado Los Algodones y tiene como propósito derivar las aguas del Río Colorado a la red de canales del distrito de riego 014. En la zona costera la actividad agrícola opera con Unidades de Riego para el Desarrollo Rural (URDERALES). La infraestructura se compone principalmente de pozos profundos.

En la actividad hidroagrícola se presenta el problema de la salinidad del agua; conforme al acta 242 firmada por Estados Unidos y México el 30 de agosto de 1973, México recibe por el Río Colorado un volumen anual de 1 677.545 Mm<sup>3</sup> con una salinidad promedio anual del orden de 1051 ppm, y aproximadamente 800 Mm<sup>3</sup>, son aguas de drenaje agrícola.

De la misma forma, en el Lindero Sur, por el canal Sánchez Mejorada, México recibe 172.689 Mm<sup>3</sup> con una salinidad no apta para el riego agrícola, por lo que se tienen que realizar mezclas con aguas del acuífero de la Mesa Arenosa y del Río Colorado para mejorar su calidad. En época de menor demanda se recibe mayor salinidad en las aguas que afectan tanto a los cultivos como a los suelos del Distrito de Riego 014. Para mejorar la calidad de las aguas, tanto en concentración de sales como en sólidos en suspensión, México ha solicitado la entrega de volúmenes directamente del Canal Todo Americano, por lo que la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) llevó a cabo el proyecto de rehabilitación del Canal Álamo en el lado americano y la construcción de un canal revestido en el tramo mexicano. Al efecto, se presentó una segunda opción para construir una obra de toma de aguas abajo del sistema de generación de energía eléctrica de “Pilot Knob” en E.U.A. y del lado mexicano se construiría un tramo nuevo para conectarlo con el canal Álamo.

Otras obras de infraestructura son las de protección a las zonas de población, así como áreas de producción agrícola frente a fenómenos meteorológicos extremos que causan escurrimientos extraordinarios.

### 3.1.5 Evaluación de los impactos asociados al cambio climático

El cambio climático ha provocado un considerable aumento al nivel del mar y esto ha afectado a los ecosistemas y comunidades de las zonas costeras. El mayor impacto se va a presentar en la región de Mexicali, principalmente en el delta del Río Colorado y la Laguna Salada. Los modelos advierten un incremento de temperatura en todo el estado al igual que una mayor variación en los patrones de precipitación. Lo que afectará tanto la agricultura como a los patrones de uso de suelo y principalmente al crecimiento de las ciudades.

El principal impacto potencial en la administración de los recursos hídricos del estado va a provenir de una posible disminución en la cantidad de agua del Río Colorado, y dado que el desarrollo de Baja California depende en gran medida de los caudales de ese río, lo que ocurre ahí va a determinar los patrones de crecimiento del estado. Sin embargo, de presentarse variaciones en los patrones de lluvia, se afectarán primordialmente a los sistemas naturales y en menor medida a la provisión de agua a las ciudades, y esto a su vez ocasionará variaciones en la recarga de los acuíferos, aunque estos solo aportan aproximadamente el 35% del total del agua consumida en el estado. Por otra parte hay que destacar que la mayoría de los acuíferos se encuentran actualmente sobreexplotados.

El incremento desmedido en las temperaturas va a significar mayor evaporación de las plantas, tanto cultivadas como las silvestres, por lo que será necesario variar la selección de cosechas y mejorar los sistemas de irrigación para reducir las pérdidas y de esta manera favorecer a las especies con baja evapotranspiración. Lamentablemente muchas especies de la vegetación natural no podrán adaptarse y corren el riesgo de desaparecer de los

sistemas naturales.

La infraestructura hídrica de Baja California en este momento se encuentra al límite de su capacidad, y de continuar las tendencias actuales de crecimiento poblacional en las zonas costeras, será necesario construir nuevas obras de infraestructura que permitan abastecer la demanda.

Los estudios que se han realizado sobre el incremento poblacional en el estado infieren que la población se va a duplicar para el año 2030, por lo tanto se duplicará el consumo de agua en las ciudades. Si a esto se le agrega que los modelos del cambio climático global pronostican una disminución en los caudales del Río Colorado, se van a generar importantes impactos en la distribución actual del agua, lo que provocará una redistribución de los recursos debido a que se tendrá que reducir el uso de agua a la agricultura para poder abastecer las necesidades de la población.

En el Programa Estatal Hídrico del estado de Baja California 2008-2013 dice textualmente:

“La ampliación de la cobertura y calidad de los servicios de agua potable, alcantarillado sanitario y tratamiento subsana los rezagos, mejora la gestión del agua y se elevan los niveles de bienestar de los bajacalifornianos y se reducen las desigualdades de acceso a estos servicios básicos.

La ampliación del tratamiento permite evitar la contaminación del agua, así como proteger y conservar los ecosistemas, tanto marítimos como terrestres. La conciliación de los intereses de todos los usuarios del agua, con su disponibilidad y la conservación de los ecosistemas que hacen posible el ciclo hidrológico, permite su gestión integral.

El desarrollo técnico, administrativo y financiero del sector hidráulico contribuirá a impulsar la mejora de la calidad en la gestión pública. Asimismo, el fortalecimiento de la investigación científica y la innovación tecnológica apoyará el desarrollo sustentable del estado, impulsando la adopción de procesos productivos y tecnológicos limpios.

Para lograr un desarrollo social y humano en armonía con la naturaleza será necesario fortalecer la cultura de cuidado al medio ambiente para no comprometer el futuro de las nuevas generaciones. Esto se logrará fomentando una cultura que considere el cuidado del agua y del medio ambiente en la toma de decisiones de todos los niveles y sectores.”

## ■ 3.2 Biodiversidad



### 3.2.1 Introducción

#### 3.2.1.1 Riqueza biológica y biodiversidad

El término biodiversidad se refiere al número de especies presentes en determinado sitio o región; un concepto que puede estar acotado por criterios geopolíticos (país, estado, municipio, etc.), por criterios geográficos (continentes, islas, serranías, regiones marinas, etc.), o a algún otro que resulte conveniente. El término biodiversidad lo distinguimos del concepto estrictamente ecológico de diversidad biológica, donde este último se refiere a la abundancia relativa de cada especie en determinada región y para cuantificarlo se han desarrollado diversas fórmulas. El concepto de diversidad desde la disciplina ecológica no se aplica a la totalidad de los organismos y suele restringirse por áreas de especialidad a grupos particulares (plantas, aves, mamíferos, hongos, etc.).

#### 3.2.1.2 Especies endémicas, raras, amenazadas o en peligro

Es un hecho conocido que muy pocas especies, las llamadas especies cosmopolitas, tienen una distribución amplia a lo largo de hemisferios, continentes o escala planetaria. Por el contrario la mayoría de las especies tienen un ámbito de distribución limitado a escalas que pueden ir de miles de km<sup>2</sup> a casos extremos de sólo decenas de m<sup>2</sup>. La extensión de la distribución de cada especie está determinada tanto por factores históricos como biológicos. Por un lado las especies pueden tener limitada su distribución tanto por barreras geográficas, como por la acción directa o indirecta de los grupos humanos que provoca que estas especies alcancen otras regiones y puedan establecerse en ellas. Estas nuevas especies invasoras son llamadas exóticas al no tener una historia evolutiva común con el resto de la comunidad y pueden convertirse en plagas, dando ocasión a desequilibrios en la dinámica de las comunidades que invaden al desplazar a las especies nativas. Por otro lado, las especies pueden estar limitadas en su distribución debido a sus características intrínsecas (morfología, fisiología, anatomía, etc.) que son el resultado de una historia evolutiva común y paralela con su entorno físico y biológico. Estas especies pueden tener su rango de distribución limitado a cierta región –las llamadas especies endémicas–, o estar presentes con muy pocos individuos –las llamadas especies raras–; pero no son categorías excluyentes, siendo frecuente que una especie pueda ser endémica y rara.

Las especies raras pueden presentarse de manera natural debido a su limitada capacidad de dispersión y/o reproducción, o por efecto de la alteración del medio o el uso no racional de las mismas.

La evolución geológica de la península le ha conferido a ésta un grado de aislamiento que ha favorecido procesos biológicos que han dado lugar al surgimiento de una biota con numerosas especies que únicamente se localizan en esta parte del planeta, los llamados neoendemismos. A estas se suma la presencia de especies que por el grado de aislamiento en que se encuentra esta región han permanecido aquí en zonas de refugio cuando en



el resto del continente ya desaparecieron, los paleoendemismos. En el caso de Baja California, estas especies se localizan con mayor abundancia en las partes altas de las sierras que representan zonas de refugio de vegetación del Pleistoceno.

Las especies endémicas se distribuyen en todo el territorio del estado, sin embargo en algunas regiones se presentan en mayor número. Destacan en este sentido las islas, las partes altas de las sierras de Juárez, San Pedro Mártir, La Asamblea, la Sierra de Columbia y La Libertad y a lo largo de las zonas costeras (Riemann y Ezcurra, 2005, 2007).

La condición de endémica o rara le confiere a una especie características particulares. Representa un capital biológico propio y único de determinada región con capacidad real o potencial para generar bienes y servicios, que pueden ir desde los ecológicos como conservación de suelos, agua o captura de carbono, hasta la industria de transformación como la farmacológica o alimentaria por mencionar sólo algunas. Al estar restringidas a cierta parte del territorio las poblaciones de especies endémicas son muy vulnerables a los cambios antropogénicos del medioambiente. De ahí que la transformación en el uso del suelo y el cambio climático son las dos principales amenazas que ponen en riesgo la existencia de este importante componente de los recursos bióticos de la nación.

### 3.2.1.2.1 Categorías de riesgo

La Norma Oficial Mexicana NOM-059, (DOF 2002), establece cuatro categorías de riesgo para las especies mexicanas:

#### ■ Probablemente extinta en el medio silvestre

Aquella especie nativa de México cuyos ejemplares en vida libre dentro del territorio nacional han desaparecido, hasta donde la documentación y los estudios realizados lo prueban, y de la cual se conoce la existencia de ejemplares vivos, en confinamiento o fuera del territorio mexicano.

#### ■ En peligro de extinción

Aquellas especies cuyas áreas de distribución o tamaño de sus poblaciones en el territorio nacional han disminuido drásticamente poniendo en riesgo su viabilidad biológica en todo su hábitat natural, debido a factores tales como la destrucción o modificación drástica del hábitat, aprovechamiento no sustentable, enfermedades o depredación, entre otros.

#### ■ Amenazadas

Aquellas especies, o poblaciones de las mismas, que podrían llegar a encontrarse en peligro de desaparecer a corto o mediano plazos, si siguen operando los factores que inciden negativamente en su viabilidad, al ocasionar el deterioro o modificación de su hábitat o disminuir directamente el tamaño de sus poblaciones.

#### ■ Sujetas a protección especial

Aquellas especies o poblaciones que podrían llegar a encontrarse amenazadas por factores que inciden negativamente en su viabilidad, por lo que se determina la necesidad de propiciar su recuperación y conservación o la recuperación y conservación de poblaciones de especies asociadas.

### 3.2.1.3 Importancia de la biodiversidad

#### 3.2.1.3.1 La biodiversidad como patrimonio nacional y de la humanidad

La Ley General de Vida Silvestre (LGVS) (DOF 2000a), establece en su artículo 61 que la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) es la encargada de elaborar el listado de especies y poblaciones prioritarias para la conservación. Este listado se asienta en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010 (DOF 2002).

La inclusión de especies y poblaciones en la NOM-059, procede en tanto se cumpla con al menos uno de los siguientes supuestos:

- Su importancia estratégica para la conservación de hábitats y de otras especies.
- La importancia de la especie o población para el mantenimiento de la biodiversidad, la estructura y el funcionamiento de un ecosistema o parte de él.
- Su carácter endémico, cuando se trate de especies o poblaciones en riesgo.
- El alto grado de interés social, cultural, científico o económico.

Aun cuando la NOM-059 incluye un número importante de especies en riesgo, el gran desconocimiento que todavía se tiene de los recursos bióticos de la entidad implica necesariamente que esta lista está incompleta ya que muchas especies siguen siendo desconocidas para la ciencia.

#### 3.2.1.3.2 Regiones de alta riqueza biológica en riesgo, hotspots

El término hotspots de biodiversidad se refiere a aquellas regiones del planeta con un elevado número de especies endémicas y raras en riesgo de desaparición a consecuencia del cambio en el uso del suelo, el aprovechamiento no sustentable de los recursos y el efecto sinérgico de estos factores con el cambio climático (Conservation International 2010).

De los 34 hotspots reconocidos en todo el mundo, dos se extienden parcialmente hacia el estado de Baja California; la Provincia Florística Californiana y la Región Madreana (Conservation International 2010).

La porción de la Provincia Florística Californiana (PFC) en la entidad abarca la vertiente Pacífico desde la frontera internacional con los Estados Unidos hasta aproximadamente el paralelo 30° 00' en la región de El Rosario y se distribuye desde el nivel del mar hasta una altitud media de 1, 200 m. Esta provincia florística se caracteriza por su diversidad de comunidades entre las que se encuentran pastizales, humedales, matorrales costeros, chaparrales y lagunas estacionales, entre otras. Aún cuando existen varias iniciativas para la creación de áreas protegidas en la PFC de la entidad, a la fecha en esta porción del territorio no existe ninguna.

La riqueza vegetal de la PFC en Baja California se estima en más de 3, 000 especies, de las cuales un 20% tiene su distribución circunscrita a esta parte del planeta. Algunos de estas especies endémicas se presentan en más de un tipo de comunidad y son de distribución amplia dentro de la provincia florística. Sin embargo, una importante proporción presenta áreas de distribución restringida a cientos o inclusive decenas de kilómetros cuadrados que las pone en riesgo de desaparición por las alteraciones del medio.

La Región Madreana (RM) se extiende principalmente a lo largo de las cordilleras de las Sierras Madre Oriental, Occidental y el eje Neovolcánico. En la península de Baja California ocupa las partes más elevadas de

las Sierras de Juárez, San Pedro Mártir, La Asamblea y La Libertad. Las comunidades más conspicuas en estas cumbres son los bosques de pino y de pino-encino. Esta región representa un corredor natural para especies migratorias del norte de Estados Unidos o Canadá (aves, murciélagos o mariposas) que se reproducen en México. En la RM se localizan el 40% de las especies de pinos y más del 30% de las especies de encinos del mundo y un número estimado de 525 especies de aves.

### 3.2.1.3.3 Áreas protegidas en el estado de Baja California

Las Áreas Naturales Protegidas (ANP) en sus distintas modalidades se han constituido como áreas para la protección y conservación de recursos naturales, en particular de flora y fauna en riesgo de desaparición. El cambio climático en estas regiones dará lugar a que numerosas especies que actualmente se localizan en su interior y que son la razón fundamental para su creación, se desplacen fuera de sus fronteras siguiendo las condiciones climáticas a las que están adaptadas.

Este proceso de emigración las expondrá al riesgo de desaparición al quedar fuera del alcance de la reglamentación del área protegida. La disyuntiva que deberán enfrentar los tomadores de decisiones es si los polígonos de las ANP se deberán desplazar siguiendo la emigración de las especies originalmente dentro de ellas, o si las fronteras de las mismas se deberán ampliar y cubrir de esta manera un territorio mayor. Cualquiera de los dos escenarios representará motivo de conflicto con los dueños de las áreas periféricas que demandarán su legítimo derecho al usufructo de sus propiedades. Por otro lado, esos terrenos en la mayoría de los casos con un intenso uso del suelo y un significativo deterioro ambiental difícilmente representarán áreas propicias para el establecimiento de especies protegidas. Este escenario se dará preferentemente en la porción peninsular del estado. En el territorio insular sólo aquellas especies con capacidad de desplazamiento hacia islas más norteñas, cuando estas existan, podrán escapar de las condiciones cambiantes del clima. Este no es el caso de Isla Guadalupe, una isla de carácter

Tabla 3.3. Áreas naturales protegidas en Baja California

Área natural protegida	Hectáreas
Reserva de la Biósfera Isla de Guadalupe	476,971
Parque Nacional Sierra de San Pedro Mártir	72,911
Parque Nacional Constitución de 1857	5,009
Área de Protección de Flores y Fauna Valle de Los Cirios	2,521,776
Reserva de la Biósfera Alto Golfo de California y Delta del Río Colorado	934,756
Parque Nacional Archipiélago de San Lorenzo	58,442
Reserva de la Biósfera, Bahía de Los Ángeles, canales de Ballenas y de Salsipuedes	387,957
Área de Protección de Flores y Fauna Islas del Golfo de California	103,674
<b>Superficie total</b>	<b>4,561,496</b>

<sup>1</sup> Área compartida con Sonora. <sup>2</sup> Área terrestre y marina. <sup>3</sup> Área marina. <sup>4</sup>

Sólo se considera la superficie de las islas localizadas dentro de las latitudes extremas de la entidad.

Fuente: Comisión nacional de áreas naturales protegidas, SEMARNAT.

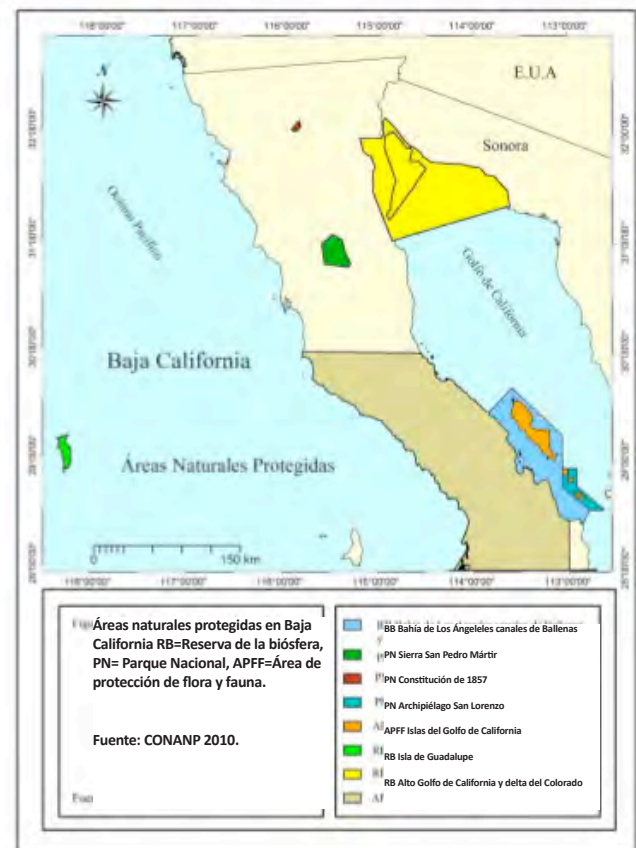


Figura 3.1. Áreas naturales protegidas en Baja California

oceánico muy distante del resto del territorio estatal donde un sensible cambio climático llevará a la extinción de especies que sólo allí se localizan. En la actualidad en el estado se tienen ocho áreas protegidas (tabla 3.3 y figura 3.1).

### 3.2.1.3.4 Regiones terrestres prioritarias para la conservación en Baja California

El enorme capital biológico de México que se refleja tanto en la riqueza de especies como en la diversidad de comunidades biológicas ha impulsado a la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) a delimitar Regiones y Sitios Prioritarios para la Conservación de carácter marino, terrestre y de importancia para la conservación de aves (Arriaga et al. 2000, Benítez et al. 1999).

A la fecha la CONABIO tiene identificadas y delimitadas nueve Regiones Terrestres Prioritarias (RTP) en la entidad (tabla 3.4. y figura 3.2.), (CONABIO 2010). Tres de estas áreas se localizan en las Sierras de Juárez, San Pedro Mártir y la Sierra de la Asamblea y representan zonas de refugio de comunidades de bosques de coníferas del Pleistoceno tardío, un importante reservorio de especies endémicas.

A lo largo de la Costa del Pacífico dentro de la Provincia Florística Californiana se localizan las regiones de Santa María-El Descanso, Punta Banda-Eréndira y San Telmo-San Quintín. En estas regiones se localizan comunidades en riesgo como los humedales, lagunas estacionales (Vernal Pools), matorrales costeros y chaparrales.

Tabla 3.4. Regiones prioritarias para la conservación en Baja California.

Tipo de región	Número	km <sup>2</sup>
Terrestre	9	23,200.05
Conservación de aves	14	13,903.03
<b>Total</b>	<b>23</b>	<b>37,103.08</b>

Fuentes: CONABIO 2010, Benítez, *et al.* 1999.

### 3.2.1.3.4 Áreas de importancia para la conservación de aves

Por lo que respecta al grupo de las aves, en la entidad se tienen a la fecha identificadas y delimitadas 14 Áreas de Importancia para la Conservación de Aves (AICAS) (Benítez et al. 1999). En la vertiente Pacífico se localizan las regiones costeras de Bahía de Todos Santos, San Quintín, el complejo lagunar de Ojo de Liebre y las islas de Guadalupe, Cedros, San Benito y San Gerónimo. En la vertiente del Golfo de California se localizan las regiones del delta del Colorado, de Bahía de Los Ángeles, el sistema de San Luis Gonzaga, el archipiélago de San Lorenzo e Isla Ángel de la Guarda (Tabla 3.5 y Figura 3.3).

### 3.2.1.3.5 Riqueza biológica del estado de Baja California

Baja California cuenta con un importante capital biológico, destaca en particular la flora que con más de 3,000 especies es equiparable a la existente en regiones tan grandes como el territorio canadiense (tabla 3.6). Esta riqueza biótica está asociada a usos históricos, actuales y posibles en el futuro, su desaparición representaría una pérdida de valores culturales y posibles opciones de generación de bienes y servicios, entre los más importantes estaría la captura orgánica de carbono.

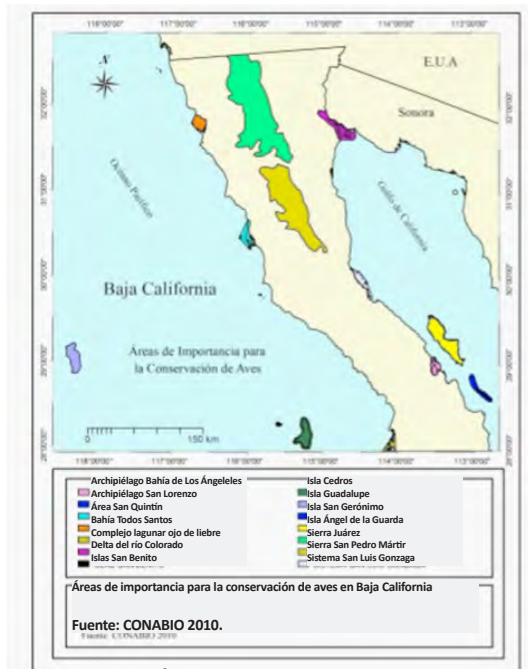


Figura 3.2. Áreas prioritarias para la conservación de aves en Baja California

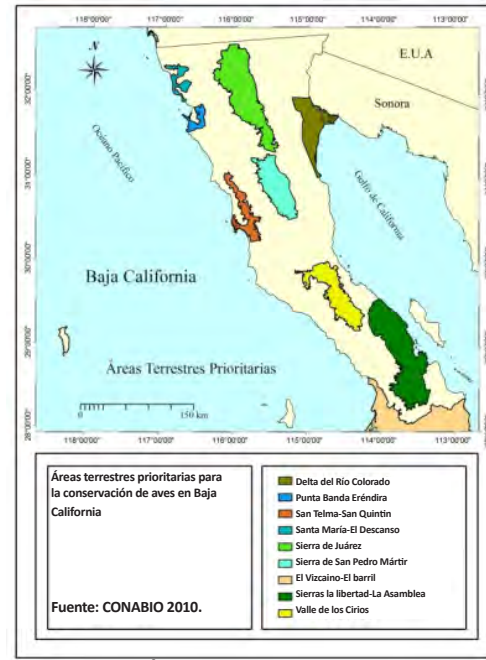


Figura 3.3. Áreas prioritarias para la conservación en Baja California

### 3.2.1.3.6 Escenarios de cambio climático

Para poder predecir los cambios climáticos a largo plazo y sus consecuencias sobre la biodiversidad, necesitamos considerar distintos escenarios de emisiones y cambios en el uso del suelo y con estos alimentar los distintos modelos desarrollados para el clima terrestre. Los Modelos de Circulación General (GCM por sus siglas en inglés) y los Modelos Acoplados Océano Atmósfera de Circulación General (AOGCM, por sus siglas en inglés), son dos de los grupos de modelos más usados a la fecha (Raper y Giorgi 2005). Una de las limitantes más severas de estos modelos es su amplia variabilidad en la capacidad de predicción de condiciones futuras no sólo a nivel planetario sino a escala regional. A medida que las predicciones se hacen a tiempos más largos estas discrepancias se magnifican aún más.

Tabla 3.5. Riqueza de especies en Baja California<sup>1</sup>

Grupo	No. de especies
PLANTAS	~ 3400
VERTEBRADOS	434
Mamíferos terrestres	95
Aves	245
Reptiles	78
Anfibios	16

<sup>1</sup> Sólo se hace una relación de los grupos con los que se cuenta con información suficiente y confiable. Fuentes: CONABIO 2008, Museo de historia natural de San Diego, Grismer 2002, Wiggins 1980.

Tabla 3.6. Especies vegetales nativas de importancia económica en Baja California<sup>1</sup>

Uso	No. de especies
Comestibles	297
Medicinales	228
Forrajeras	224
Madereables	40
Apícolas	92
Ornamentales	183
Textiles	5
Biocidas	14
Artesanales	58
Postes	17
<b>Total</b>	<b>1,158</b>

<sup>1</sup> Se incluyen especies con usos conocidos en la entidad o en el resto del país. Fuentes diversas.

El parámetro más usado en la predicción de cambio climático es la temperatura media, sin embargo, este parámetro enmascara importantes efectos para la biodiversidad. Por ejemplo, existe concordancia entre los distintos modelos respecto a que la temperatura nocturna se elevará en mayor medida que la temperatura diurna. Como las temperaturas más bajas se presentan durante la noche y muchas plantas están limitadas en su distribución por las bajas temperaturas, el aumento en las temperaturas nocturnas deberá tener importantes implicaciones sobre la distribución de numerosas las especies vegetales (Root y Huges, 2005).

El impacto del cambio climático en la biodiversidad depende de factores como precipitación o condiciones extremas (Minnich et al., 2000). A escala regional estas variaciones pueden ser mayores, aumentando la discrepancia de los modelos entre regiones. Una alternativa para salvar esta incertidumbre son los Modelos Regionales de Circulación (RCM), derivados de los CGM y que al tener celdas de menor tamaño representan mejor la relación entre clima y cobertura del suelo (Raper y Giorgi, 2005). La respuesta de las especies a los cambios climáticos dependerá de la capacidad de cada una de estas para adaptarse a nuevas condiciones ambientales. La evidencia apunta a que son las temperaturas extremas y no la temperatura media lo que determinará la capacidad de respuesta de las especies para adaptarse a las nuevas condiciones o desaparecer (Easterling et al., 2000).

### 3.2.2 Modelos de cambio climático

Para generar el escenario de cambio climático se utilizó el modelo HADCM3 (Hadley Centre Coupled Model version 3), (Collins et al. 2001, Worldclim 2010) con dos escenarios de emisiones A2a y B2a a dos fechas, 2020 y 2050, con una resolución espacial de 30 segundos (Hijmans et al., 2005).

Los modelos de emisiones de gases A2a y B2a, generan escenarios muy contrastantes de cambio climático, donde el A2a presenta condiciones más dramáticas respecto al B2a.

Para el año 2020 se optó por un modelo de emisiones A2a que describe un escenario de economías regionales muy heterogéneas, con una alta tasa de incremento poblacional, un aumento en el uso de la energía, cambios en el uso del suelo, y poco cambio tecnológico. Se optó por este modelo de emisiones menos optimista para describir el escenario del año 2020 con base en las condiciones actuales y bajo la consideración que una década no representa un periodo suficientemente largo para mitigar la tendencia actual de aumento en el uso de energía, la rápida transformación en el uso del suelo, en particular en las áreas periurbanas y la escasa capacidad para desarrollar y comercializar nuevas tecnologías en el corto plazo.

El modelo B2a, también con enfoque regional describe un escenario de cambio hacia condiciones de mayor protección ambiental y de mayor igualdad social. En contraste con el modelo A2a, éste considera un menor incremento de la población, un menor incremento en el PIB, pero mayores cambios tecnológicos y un menor incremento en el cambio en el uso del suelo. Para el año 2050 se optó por este modelo más optimista.

### 3.2.3 Escenarios de vulnerabilidad ante el cambio climático

#### 3.2.3.1 Comunidades y especies en riesgo

Uno de los mayores riesgos ante el cambio climático es la desaparición de aquellas comunidades que tienen de manera natural un área de distribución muy restringida. Tal es el caso de las lagunas estacionales, ecosis-

temas que están entre los más amenazados de la entidad. Estas comunidades que aparecen en ciclos anuales como resultado de las lluvias invernales, están formadas por lagunas de muy baja profundidad, en las que año con año rebrota una vegetación característica que pasa desapercibida durante el periodo de secas y representan zonas de anidación, refugio y pernocta para aves migratorias y de reproducción para anfibios y otros organismos. Un aumento en la evapotranspiración y evaporación resultado del aumento de temperatura llevará a una reducción en el número y extensión de estas comunidades, poniendo en riesgo de desaparición a las especies vegetales y animales asociadas a estas, tanto nativas como migratorias.

### 3.2.3.2 Desplazamiento de especies, comunidades

Los ecosistemas forman un ensamblaje de especies con una historia evolutiva compartida que da como resultado una compleja red de interacciones entre sus componentes. Este ensamblaje no implica que todas las especies que los integran estén presentes por compartir su rango óptimo de condiciones climáticas, por lo que ante el aumento de temperatura las comunidades no se desplazarán con el total de especies que las componen. Esto último dará lugar a una recomposición de las comunidades naturales en escalas de tiempo muy corto en las que se perderán numerosas interacciones producto de los procesos evolutivos de largo plazo, resultando en una disminución en la biodiversidad.

## 3.2.4 Regiones con mayor riesgo ante el cambio climático

### 3.2.4.1 Regiones costeras e insulares

La relevancia de estas áreas no está necesariamente relacionada con su superficie. Un patente ejemplo de esto es Isla Rasa, una pequeña isla de menos de 60 hectáreas dentro del archipiélago San Lorenzo y perteneciente al Área de Protección de Flora y Fauna Islas del Golfo de California. En esta isla anida el 95% de la población de la gaviota ploma (*Larus hermannii*), y el charrán elegante (*Sterna elegans*). El relieve plano que le da nombre, permite afirmar que esta es una región de alto riesgo ante la inminente elevación del nivel del mar. Un escenario optimista que contempla una elevación en el nivel del mar en un metro hacia fines de siglo, permite suponer que esta isla desaparecerá casi en su totalidad, y con ella las especies que allí anidan. Las islas Los Coronados, San Gerónimo, San Martín y San Benito en el Pacífico y los complejos de islas de San Luis Gonzaga y de Bahía de Los Ángeles en el Golfo de California son territorios que por su reducida extensión no tendrán capacidad de amortiguamiento para mantener su biota en zonas de refugio natural como podrían ser cañones, lagunas o cumbres.

La migración y establecimiento de especies a las regiones costeras cercanas estará limitada por la capacidad de desplazamiento de las propias especies y por el intenso uso del suelo que ya en el presente se tiene y que indefectiblemente aumentará en el futuro cercano, con lo que se reducirá la superficie de vegetación natural, haciendo aún menos probable que esas especies puedan colonizar nuevos territorios.

### 3.2.4.2. Región costera mediterránea

Entre los ecosistemas costeros más amenazados están los humedales. En la región mediterránea del estado se localizan doce humedales de tamaño variable. Como resultado de la menor escorrentía y de la elevación en el nivel del mar estas comunidades estarán sujetas a un estrés de agua dulce que reducirá la extensión de los humedales más grandes y dará lugar a la posible desaparición de los de menor tamaño.

### **3.2.4.3. Regiones interiores**

El cambio climático desplazará las comunidades terrestres hacia los polos, siguiendo las condiciones ambientales a las que están adaptadas. Las comunidades serranas de coníferas y encinos de la entidad podrán colonizar nuevos territorios al norte en tanto las especies que las componen tengan capacidad para hacerlo. Tradicionalmente se asocia a las especies arborescentes como aquellas apropiadas para captura de orgánica de carbono. Si bien esto no está restringido a las especies que forman tejido leñoso, un eficaz programa de reforestación y manejo sustentable de estas especies ayudaría a mitigar los efectos del cambio climático en la entidad.

### **3.2.4.4. Zonas áridas**

El efecto del cambio climático en las regiones áridas se reflejará de manera notable en la desaparición de los oasis y humedales interiores. Las consecuencias de ello se manifestarán no sólo en la disminución en la riqueza de especies vegetales asociadas a estos reducidos cuerpos de agua y a los animales que dependen de este recurso para su supervivencia, impactará también los patrones de migración a escala continental de aves, murciélagos e insectos polinizadores.



# 3.3. Ecosistemas marinos



### 3.3.1. Impactos del cambio climático a los ecosistemas marinos del océano Pacífico costero adyacente a Baja California

#### 3.3.1.1. Introducción

Las concentraciones de CO<sub>2</sub> y otros gases invernaderos en la atmósfera se han incrementado debido a las actividades del hombre como la quema de combustibles fósiles, deforestación e industrialización. Actualmente la concentración de CO<sub>2</sub> en la atmósfera es de 387  $\mu$ atm y se espera que continúe incrementándose hasta alcanzar 800  $\mu$ atm para finales del siglo XXI. El aumento en el contenido de calor atrapado por la atmósfera global asociado con el incremento en las concentraciones de dichos gases ha resultado también en el aumento en la transferencia de calor a los océanos del mundo que penetra hasta profundidades mayores a 500m según los análisis de Levitus et al. (2005). El objetivo de este informe es describir los efectos regionales observados en el Océano Pacífico frente al estado de Baja California que se identifique con el calentamiento global y utilizar dicha información para identificar los impactos a los ecosistemas marinos.

El ecosistema pelágico frente a la península de Baja California es parte del sistema de la Corriente de California, uno de los grandes corrientes limítrofes orientales en las cuencas oceánicas que forma un brazo en la circulación anticiclónica del Océano Pacífico Norte. El ecosistema pelágico es único sistema en las aguas y costas de Baja California en donde existe un programa de monitoreo regular y sostenido denominado IMECOCAL (Investigaciones Mexicanas de la Corriente de California, <http://imecocal.cicese.mx/>), un esfuerzo que se inició en 1997 y consiste en observaciones oceanográficas trimestrales a bordo de un buque oceanográfico. El diseño del muestreo IMECOCAL incorpora la red de estaciones del plan original del programa CalCOFI (*California Cooperative Oceanic Fisheries Investigations*; <http://www.calcofi.org>) que se inició en 1949 en la región (Baumgartner et al., 2008). Por lo tanto recurrimos a los resultados del monitoreo del ecosistema pelágico para identificar e diagnosticar los cambios a los ecosistemas marinos.

#### 3.3.1.2. Diagnóstico sobre los efectos del cambio climático en el ecosistema pelágico

Se presentan evidencias de cambios graduales y a largo plazo en el Océano Pacífico y del ecosistema pelágico frente a la península de Baja California que se identifican como respuesta a los cambios climáticos de gran escala. Están principalmente relacionados con el calentamiento general de la atmósfera y la superficie del océano que identificamos como efecto invernadero. Igualmente se ponen de manifiesto los efectos del clima al ecosistema en las escalas interanual y decadal, que son mejor descritos como respuesta a la variabilidad natural

(no antropogénica) del sistema climático.

### 3.3.1.2.1. Evidencia de cambios físicos

El calentamiento a largo plazo del océano costero regional frente a Baja California se muestra en las series de temperatura superficial del mar (TSM) frente a Isla Cedros cubriendo un periodo de 1924 a 2007 (figura 3.4.). Las dos curvas en esta figura muestran los promedios anuales durante los meses fríos (de febrero a abril) y los meses cálidos (de agosto a octubre). En ambos casos la tendencia es ascendente, pero se puede distinguir una diferencia estacional, con un calentamiento mayor en los meses cálidos que en los fríos ( $0.011$  y  $0.007^{\circ}\text{C/año}$  respectivamente). Para 2014 habrá aumentado  $1^{\circ}\text{C}$  la temperatura de verano.

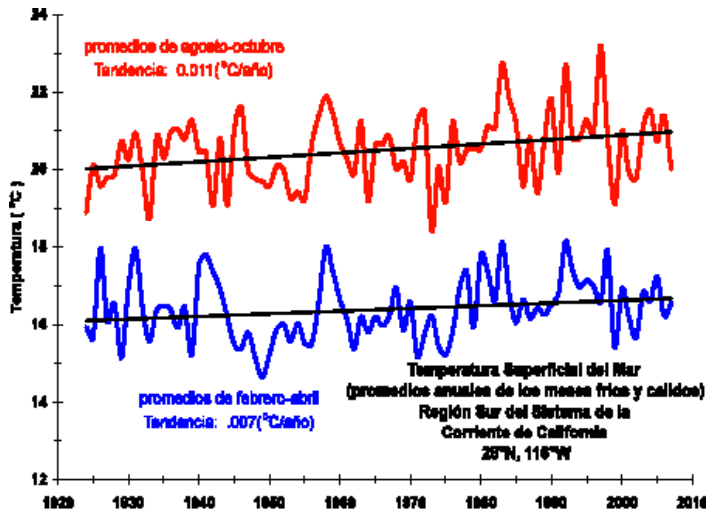


Figura 3.4. Series anuales de temperatura superficial del mar (TSM) en la región central de la península de Baja California con promedios de los meses fríos (febrero-abril) y de los meses cálidos (agosto-octubre). Se indican las tendencias a largo plazo. Las series de tiempo (1924-2007) se calcularon con datos mensuales tomados con dimensiones de  $2^{\circ}$  centrada en las coordenadas  $28^{\circ}\text{N}$ ,  $116^{\circ}\text{W}$  de ERSST.v3 de ICOADS (<http://www.ncdc.noaa.gov/oa/climate/research/sst/ersstv3.php#ersst>)

La tendencia a largo plazo está superpuesta a una alta variabilidad natural en las escalas interanual a interdecadal. El efecto de “El Niño” opera a una escala interanual a toda la cuenca del Pacífico y es bastante conocido. Otro fenómeno menos conocido es la Oscilación Decadal del Pacífico (el “PDO” por sus siglas en inglés) y opera en periodos más largos. Tanto los efectos de El Niño como del PDO están presentes en la figura 3.5., los cuales explican la mayor parte de la variabilidad en las curvas de la TSM regional en la figura 3.4.

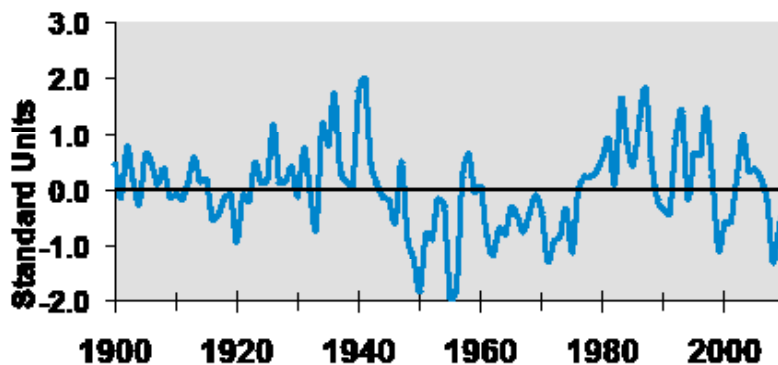


Figura 3.5. Variabilidad temporal de la TSM en el Océano Pacífico nororiental representada por el PDO. Este índice no incluye la tendencia positiva de largo plazo y es el resultado de un análisis estadístico para extraer los modos principales de variabilidad interanual y decadal en el Pacífico Norte.

El aumento gradual en la TSM frente a Baja California es consistente con los estudios que identifican la señal del calentamiento de los océanos en los últimos 50 años inducida calentamiento atmosférico por los gases

invernaderos (Barnett et al., 2005; Levitus et al., 2005). Estudios con modelos regionales (DiLorenzo et al., 2005) identifican cambios significantes a partir de la segunda mitad del siglo 20 en la Corriente de California mientras que el estudio paleoceanográfico de Field et al. (2006) presenta evidencia de que el calentamiento regional empezó afectar poblaciones del ecosistema pelágico a partir de la década de 1920-30.

Al comparar los promedios anuales de la TSM global con las proyecciones de tres informes previos del IPCC (figura 3.6.), se observa un buen ajuste pero es necesario filtrar la variabilidad interanual asociada con los procesos naturales del sistema climático para llegar a una curva suave. Por lo tanto es de esperar encontrar mucha variabilidad alrededor de la tendencia central en la TSM precisamente como se observa en la figura 3.4. para la región costera frente a Baja California.

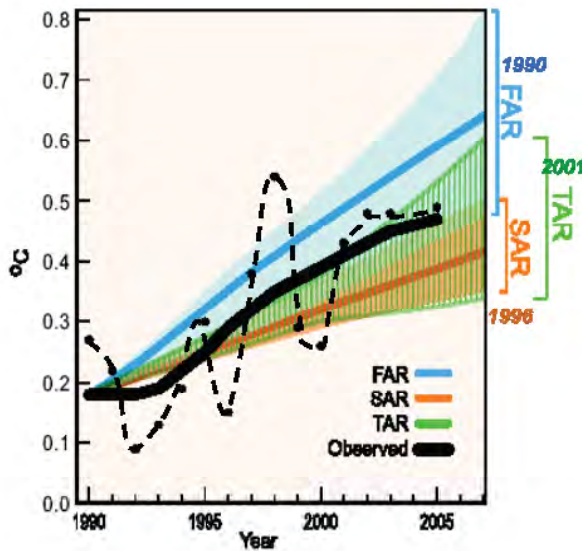


Figura 3.6. Comparación entre el calentamiento global promedio observado y proyecciones de modelo durante 1990-2005. Los promedios anuales están unidos por una línea quebrada y la línea negra gruesa muestra la tendencia suavizada por un filtro de 13 años. Las proyecciones fueron extraídas los reportes de evaluación del cambio climático publicados por el IPCC en 1990 (FAR), 1996 (SAR) y 2001 (TAR). (modificada de Solomon et al., 2007)

### 3.3.1.2.2. Evidencia de cambios biológicos

Los cambios biológicos ocurridos en los últimos años en el ecosistema pelágico están documentados por el esfuerzo de monitoreo del programa IMECOCAL en el sector mexicano de la Corriente de California. Se han recolectado suficientes observaciones de biomasa de zooplancton, las cuales permiten evaluar la relación entre los cambios regionales en el ecosistema pelágico y el forzamiento del clima de las escalas interanual y decadal. Adicionalmente, es posible efectuar comparaciones multidecadales usando datos históricos para la región, provenientes de un programa de monitoreo previo (CALCOFI). El programa IMECOCAL ha trabajado ininterrumpidamente desde 1997 hasta la fecha mientras que el programa CALCOFI proporciona una cobertura relativamente completa del periodo 1950-1984. Por lo tanto es posible buscar evidencias de tendencias a largo plazo (figura 3.7). Este figura presenta un comparativo regional con dos áreas en el sector estadounidense y dos en el sector mexicano. La tendencia se observa más claramente cuando se consideran las anomalías de biomasa calculadas por la remoción de los promedios trimestrales de largo plazo para cada serie.

La característica que más destaca en la comparación interregional de la figura 3.7. en las series de biomasa de zooplancton es la diferencia tan dramática en las tendencias de las anomalías de biomasa en los últimos 10 años entre la zona de IMECOCAL (las dos gráficas inferiores) y la zona del muestreo actual de CalCOFI (las dos series superiores). Observamos que los niveles de biomasa en el norte (especialmente frente a California Central) han bajado en forma significativa desde la década de las 1980s, mientras que en el sur la biomasa del zooplancton ha aumentado en forma significativa. Otra característica que nos interesa es la disminución hacia el norte en la respuesta en el zooplancton al evento de El Niño de 1957-58 que se puede apreciar en las series de anomalías

desde sur hacia norte.

Aparentemente uno de los efectos biológicos asociados con el cambio de régimen climático en 1976-77 fue un cambio en la respuesta de la biomasa en la región sur de la Corriente de California a los eventos intensos de El Niño. Así, mientras el evento 1957-58 dejó una señal más profunda de decaimiento de biomasa frente a Baja California, el de El Niño de 1997-98 afectó más en regiones norteñas de la Corriente de California. Por ejemplo, la biomasa del zooplancton en la Cuenca del Sur de California (35- 32°N), dominada por especies “subárticas-transicionales” de zooplancton, llegó a su valor mínimo en el registro histórico. En contraste, la respuesta de la biomasa en la región de IMECOCAL (32-25°N) no bajó de sus niveles históricos sino que experimentó un aumento (Lavaniegos *et al.*, 2002). Sin embargo, esta respuesta de la biomasa de zooplancton en la región IMECOCAL al efecto de El Niño 1997-98 fue lo opuesto a la registrada en esta misma zona durante El Niño intenso de 1957-58, que resultó en una baja prolongada de varios años.

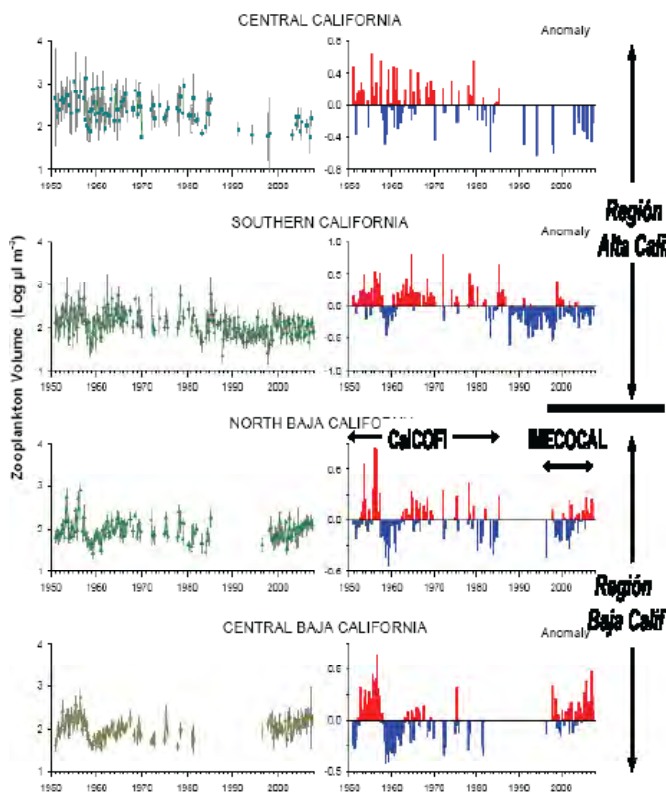


Figura 3.7. Series de biomasa de zooplancton en la Corriente de California desde 1950. Las cuatro regiones representadas son: California Central (38-36°N) , California Sur (35-32°N) , Baja California Norte (32-30°N) y Baja California Central (30-25°N) . Las gráficas al lado izquierda muestran el logaritmo de los valores trimestrales de las biomazas (con su intervalo de confianza al 95%). Las gráficas a la derecha muestra las series correspondientes de las anomalías de biomasa calculadas por la remoción de los promedios trimestrales de largo plazo para cada serie. (tomada de Baumgartner *et al.*, 2008)

Estas observaciones sugieren que el trasfondo climático del régimen frío resultó en la extensión y dominancia de las formas subárticas-transicionales del zooplancton en la región sur de la CC en el periodo de 1950-1976. Después del cambio del régimen climático (en 1976-77) es probable que la región sureña de la CC (zona de muestreo de IMECOCAL) pueda estar dominada mas por formas subtropicales y tropicales que responden en forma opuesta a la aparición de las condiciones de El Niño. Este cambio en la comunidad de zooplancton tal vez indica un proceso de “tropicalización” del ecosistema en la región sur de la CC (mencionada por Lavaniegos *et al.*, 2003), especialmente desde Punta Eugenia hacia el sur. Esta proceso probablemente no se debe solo al cambio de régimen en el sistema natural del clima sino también por la contribución del calentamiento global a largo plazo inducido por el efecto antropogénico en la región de la Corriente de California (*cf.* Barnett *et al.*, 2005; Field *et al.*, 2006).

Una comparación de las curvas del ciclo anual de TSM en dos regiones de la Corriente de California (figura 3.8.) muestra las diferencias regionales del calentamiento del mar cerca de la costa. Hay tres curvas para cada región que corresponden a tres épocas: 1924-1945, 1946-1976 y 1977-2005. En primer lugar se reconoce

el efecto de la variabilidad multidecadal por el enfriamiento registrado durante la época intermedia de 1946-76 cuyo efecto ocurrió principalmente en invierno-primavera. En segundo lugar es notoria la diferencia regional en el calentamiento de la época de 1977-2005, que fue mayor para la región sureña frente a Baja California ( $28^{\circ}\text{N}$ ) comparado a la región norte ( $35^{\circ}\text{N}$ ). Es probable que esta diferencia se explique por el efecto de las surgencias, cuya intensidad es mayor al norte de Punta Concepción ( $34^{\circ}\text{N}$ ) y producen un mayor enfriamiento de las aguas costeras. También, influye el efecto de una menor advección de agua fría por la Corriente de California en las latitudes sureñas y la influencia por el transporte hacia el norte de la contracorriente de agua subtropical y tropical en estas latitudes.

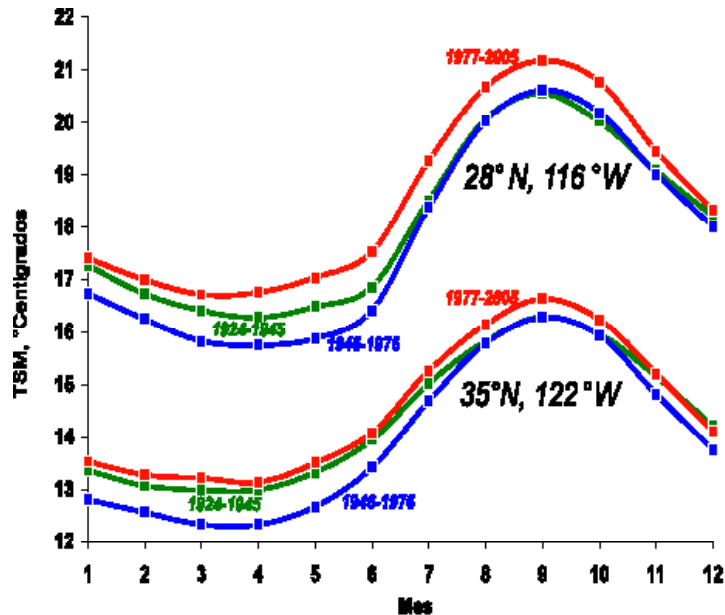


Figura 3.8. Diferencias en los ciclos anuales de la TSM en la región central frente a la península de Baja California ( $28^{\circ}\text{N}$ ) y la región frente a la costa de California central, EEUU ( $35^{\circ}\text{N}$ ) para tres épocas: 1924-1945, 1946-1976 y 1977-2005.

### 3.3.1.2.3. Evidencia de cambios químicos: acidificación

La concentración de  $\text{CO}_2$  en la atmósfera se ha incrementado debido a la quema de combustibles fósiles, deforestación e industrialización. Actualmente el  $\text{CO}_2$  atmosférico asciende a  $387 \mu\text{atm}$  y se espera que continúe incrementándose hasta alcanzar  $800 \mu\text{atm}$  para finales de este siglo. Se ha calculado que aproximadamente el 30% de todo el  $\text{CO}_2$  antropogénico liberado hacia la atmósfera está siendo absorbido por el océano. En consecuencia, el exceso de  $\text{CO}_2$  en el océano ha causado una disminución en el pH del agua de mar de aproximadamente 0.1 unidades, y se predice que disminuirá hasta 0.4 unidades para finales de este siglo.

Al proceso de la disminución del pH del agua de mar debido a la disolución de  $\text{CO}_2$  antropogénico se le llama acidificación. Cuando esto ocurre, la concentración de las especies de carbono que conforman el carbono inorgánico disuelto (CID) cambian, aumentando la concentración del ión bicarbonato ( $\text{HCO}_3^-$ ) y disminuyendo la concentración del ión carbonato ( $\text{CO}_3^{2-}$ ). Se considera que una disminución de  $\text{CO}_3^{2-}$  no es favorable en el proceso de calcificación de un gran número de organismos marinos, tales como el plancton calcáreo, corales, moluscos, bivalvos y equinodermos los cuales necesitan incorporar el  $\text{CO}_3^{2-}$  para formar sus esqueletos y conchas en la forma de aragonita o calcita.

En México, los estudios del sistema de los carbonatos son escasos. Un esfuerzo importante para evaluar el proceso de acidificación en la Corriente de California fue estudio internacional que abarcó desde Canadá hasta Baja California Sur (Feeley *et al.*, 2008). En dicho estudio se detectó la intrusión de agua subsaturada con respecto a aragonita promovida por el efecto de surgencias a profundidades menores a 75 m (figura 3.9.). Para la costa de Ensenada la profundidad de subsaturación se observó a  $\sim 65\text{m}$ . Cabe señalar que aunque este muestreo llegó

únicamente hasta la altura de San Gregorio, BCS (26°N), la profundidad de subsaturación de aragonita mostró una clara tendencia a hacerse menos profunda hacia el sur de la península de Baja California. En general la profundidad somera de estas aguas corrosivas para el carbonato de calcio se detectó en toda la plataforma de Norte América pero se esperaba que esto ocurriera hasta dentro de 50 años. Las causas se atribuyen al incremento en la absorción del CO<sub>2</sub> antropogénico por el océano, lo que ha dado como resultado que la profundidad de subsaturación sea cada vez menos profunda.

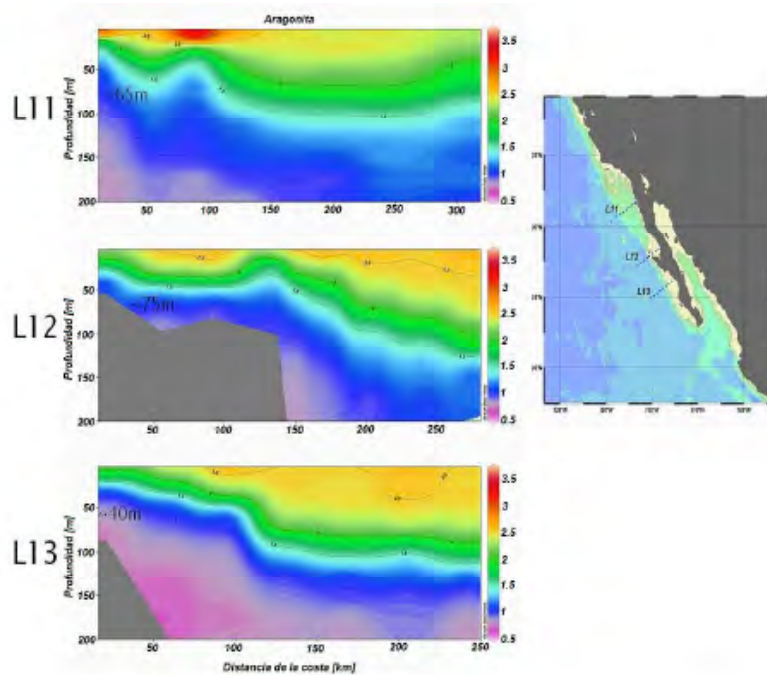


Figura 3.9. Tres secciones verticales perpendiculares a la costa de Baja California mostrando el grado de saturación de aragonita (una forma de carbonato de calcio). Se indican las profundidades donde se presentó subsaturación a profundidades de 65, 75 y 40 m cerca de la costa en las tres secciones respectivas (L11 - L13).

### 3.3.1.2. Impactos del cambio climático a los ecosistemas marinos

Los efectos del cambio climático en los ecosistemas marinos y pesquerías ya han podido ser identificados por monitoreos de largo plazo (tabla 3.7). Rosenzweig et al. (2007) presentaron un resumen para los diversos océanos y algunos grandes ecosistemas marinos como la Corriente de California. En la tabla 3.7 se muestran algunos ejemplos relevante del Pacífico Norte pero la mayoría de los estudios han sido realizados en el sector norte de la Corriente de California. Hay referencias a especies altamente migratorias como el atún aleta azul cuya población ha fluctuado en concordancia con el PDO aparentemente por la disponibilidad de presas (sardina) modulada por los cambios climáticos decadales (Polovina, 1996). Las poblaciones de algunas especies han sido analizadas con modelos bajo escenarios de calentamiento global, como es el caso del atún patudo (Lehodey *et al.*, 2010). En este caso se trata de una especie de distribución tropical-subtropical en el Pacífico y el modelo predice un incremento en desove hacia latitudes subtropicales.

En la zona costera hay estudios que llaman la atención sobre la merma que han sufrido los bosques de macroalgas conocidos como “kelp” (Tegner *et al.*, 1996). Además del efecto del calentamiento el sargazo es explotado para la extracción de alginatos. La importancia de proteger estos bosques de macroalgas estriba en que dan soporte a otras especies comerciales como los erizos, abulones, langosta y peces costeros. En costas rocosas se observado una reducción de la riqueza de especies de peces (Holbrook *et al.*, 1997) y cambios en composición de la comunidad intermareal (Sagarin *et al.*, 1999). Para las regiones adyacentes a la península de Baja California

existen muy pocos estudios que aborden los efectos regionales del cambio climático debido a la carencia de series de tiempo, con datos suficientes de abundancia poblacional y de variables físicas simultáneamente.

De ahí la necesidad urgente de mantener y ampliar las acciones de monitoreo biológico y de organizar los datos de capturas pesqueras de manera efectiva y de fácil acceso para la comunidad científica.

El monitoreo de florecimientos algales también es requerido para las acciones que el gobierno debe tomar para prevenir la captura y consumo de productos marinos cuando se presentan las llamadas mareas rojas. Algunos eventos recientes en la Corriente de California se han asociado al régimen de surgencia y periodos de estratificación de nutrientes en años cálidos (Bargu *et al.*, 2010). Este esfuerzo de monitoreo debe hacerse en colaboración con científicos norteamericanos, pues podrían alertar de una posible propagación norte-sur como en otras ocasiones se ha observado (García-Mendoza *et al.*, 2009).

Estudios realizados en la cuenca del Pacífico Norte durante el 2002 y 2004 indican que la profundidad de agua corrosiva para el carbonato de calcio, subsaturada con respecto a aragonita, está disminuyendo a una razón de  $1\text{m año}^{-1}$ . Al ser más somera la profundidad de subsaturación, esta agua es más fácilmente transportada por las surgencias a la plataforma costera donde se encuentran las comunidades de organismos marinos formadores de conchas. Este proceso se detectó en el verano del 2007, no obstante se sabe muy poco de cómo este proceso puede impactar de forma estacional en los organismos que calcifican y forman estructuras carbonatadas como moluscos, equinodermos y bivalvos. Si bien se ha encontrado en experimentos de laboratorio que ciertos organismos de otras partes del mundo son sensibles bajo estas condiciones, la realidad es que se necesitan estudios con organismos que se desarrollan en las costas de Baja California.



**Tabla 3.7. Ejemplos de cambios en ecosistemas marinos y pesquerías. (modificada de Rosenzweig et al., 2007). CC = Corriente de California**

Productividad pelágica/ abundancia de zoo-plancton/ ensambles de plancton	Respuestas biológicas a cambios regionales en temperatura, estratificación, surgencias y otros cambios hidro-climáticos	Pacífico NW CC- California  CC- Baja California	Chiba y Tadokoro, 2006 Roemmich y McGowan, 1995; Brinton y Townsend, 2003; Lavaniegos y Ohman, 2003 Brinton y Townsend, 2003; Lavaniegos 2009; Lavaniegos <i>et al.</i> , 2010; Gaxiola <i>et al.</i> , 2010
Fenología pelágica	Aparición estacional prematura debido al aumento de temperatura y desajuste trófico	CC- California	Abraham y Sydeman, 2004; Bograd <i>et al.</i> , 2009
Biogeografía pelágica	Movimiento hacia el norte de las comunidades planctónicas debido a calentamiento general	CC – Canadá CC – Oregon CC - California	Mackas <i>et al.</i> , 2004 Mackas <i>et al.</i> , 2004; Field <i>et al.</i> , 2007 Brinton y Townsend, 2003; Field <i>et al.</i> , 2007
Costas rocosas/ comunidades intermareales	Cambios en la comunidad debido a cambios regionales de temperatura	Monterey Bay, Ca. Sur de California	Sagarin <i>et al.</i> , 1999 Holbrook <i>et al.</i> , 1997
Bosques de sargazo (kelp)/ macroalgas	Efectos en las comunidades y expansión de especies de aguas más cálidas debido al aumento de temperatura	Sur de California	Tegner <i>et al.</i> , 1996
Patógenos y especies invasivas	Cambios en rangos geográficos debido al aumento de temperatura	CC - California	Bargu <i>et al.</i> , 2010
Poblaciones de peces y éxito de reclutamiento	Cambios en poblaciones, éxito de reclutamiento, interacciones tróficas y patrones migratorios relacionados al cambio ambiental regional	Pacífico Norte  Pacific Tropical-Subtropical  CC – Oregon-Washington  CC - California Golfo de California	Polovina, 1996; McGowan <i>et al.</i> , 1998; Chávez <i>et al.</i> , 2003; King <i>et al.</i> , 2011 Lehodey <i>et al.</i> , 2010 Brodeur <i>et al.</i> , 2006 Rykaczewski y Checkley, 2008 Lercari y Chávez, 2007
Aves y mamíferos marinos	Cambios poblacionales, patrones migratorios, interacciones tróficas y fenología relacionados al cambio ambiental regional, pérdida de hábitat debido a pérdida de hielo por calentamiento	CC – de Canadá a Baja California  CC - California	Wolf <i>et al.</i> , 2009  McGowan <i>et al.</i> , 1998; Weise <i>et al.</i> , 2006

# 3.4 Energía



### 3.4.1 Introducción

El estado de Baja California se localiza al Noroeste de México en la Península de Baja California, limita al Oeste por el Océano Pacífico, al Este por el Mar de Cortés y al Norte por el estado de California de los Estados Unidos. Su área es de 71756 km<sup>2</sup> y su población actual es de cerca de 3 millones de habitantes. La entidad cuenta con 5 municipios que pueden categorizarse en dos áreas energéticas: la Zona Costa que comprende los municipios de Ensenada, Rosarito, Tijuana y Tecate; y la Zona Valle que contiene al municipio de Mexicali.

Baja California tiene una base energética integrada por derivados del petróleo y electricidad. Mientras la demanda de hidrocarburos es satisfecha por PEMEX, la electricidad es generada localmente en una red aislada del Sistema Eléctrico Nacional pero conectada a California mediante dos líneas de 230 KV, una cerca de Tijuana y otra en la periferia de Mexicali. La generación usa una mezcla que dependen cada vez más de combustibles fósiles importados a la región; en particular gas natural.

El promedio de electricidad consumida por una persona en Baja California de 1990 a 2010 fue de 2716 KWh/hab (1.7 veces el consumo nacional en 2006); siendo el consumo 5 veces superior en la Zona Valle que en la Zona Costa, debido a las altas temperaturas durante verano en el Valle de Mexicali. El promedio de petrolíferos consumidos en la entidad fue de 1.01 tep/hab. Durante el periodo comprendido entre 1990 y 2002 el consumo nacional promedio de combustibles per cápita fue de 0.79 tep/habitante (UN & IAEA, 2007) en tanto que para Baja California fue de 0.97 tep/habitante, es decir 1.24 veces más; lo que evidencia el alto índice de motorización.

La productividad global del estado en relación al consumo de electricidad se ha intensificado paulatinamente al aumentar de 0.12 kWh/\$ en 1993 a 0.17 kWh/\$ en 1999. La productividad en relación al consumo de combustibles mostró una alza a principios de los noventa, para reducirse a partir de 1996 y disminuir hasta alcanzar una meseta de valor mínimo de  $4.9 \times 10^{-5}$  tep/\$ entre 2000 y 2003, desde entonces el indicador ha mostrado un incremento más modesto pero constante, a excepción de una caída durante el 2008. El valor actual es de  $5.9 \times 10^{-5}$  tep/\$.

El consumo de gasolinas representó cerca del 50% del gasto energético de las familias en Baja California de acuerdo a los datos del 2008, pero es en los grupos de ingresos medios donde el consumo de gasolinas absorbe la mayor parte del presupuesto destinado al gasto energético. Por otro lado, se estima que en promedio, las familias en la entidad destinaron alrededor del 37% del gasto energético al consumo de electricidad, y que la incidencia es mayor en las familias de bajos y altos ingresos, y es menor en los grupos de ingresos medios. En el caso de gas LP que es el principal combustible utilizado en el hogar, representa una proporción menor en el consumo energético de las familias comparado con el consumo de gasolina y electricidad, mantiene una proporción estable en los grupos de medios y bajos ingresos en donde significa alrededor de 12% del gasto total en energía, pero disminuye en las familias de ingresos mayores.

En Baja California durante 2008 el porcentaje de viviendas sin electricidad fue casi diez veces superior

al que predominaba a fines de los noventa. Es importante resaltar que el comportamiento de este parámetro mantiene una pauta propia no siguiendo exactamente el pulso nacional en el mismo rubro, esto refleja el acelerado crecimiento poblacional por migración interna al estado, población con una demanda igualmente creciente de servicios –tales como electricidad y transporte- sin un desarrollo planeado.

## 3.4.2 Situación actual del sector energético en Baja California

### 3.4.2.1 Electricidad

Al cierre del 2008, de acuerdo a la CFE (Comisión Federal de Electricidad) (POISE, 2011) la capacidad instalada de generación eléctrica en la entidad fue de 2,341 MW, que equivale al 4.6% de la capacidad instalada en el país. Por tecnología empleada en la generación, la principal infraestructura eléctrica en el estado de acuerdo a su orden de importancia es la geotermia, con 720 MW, plantas de ciclo combinado de CFE (496 MW) y productores independientes [650 (Termoeléctrica de Mexicali) + 1060 (La Rosita) MW], y termoeléctrica convencional (320 MW).

La infraestructura eléctrica de Baja California se compone de nueve centrales generadoras y 28 unidades de generación (CFE, s/a). Por tipo de tecnología de generación empleada hay cuatro centrales geotermoeléctricas, tres centrales de turbogas, una de ciclo combinado y una de vapor. De las 28 unidades de generación existentes en el estado, 13 corresponden a centrales geotermoeléctricas, 7 pertenecen a las centrales de turbogas y 6 a la única central de vapor que opera en la entidad. Por su parte, la central de ciclo combinado tiene dos unidades de generación. Desde 2009, la capacidad instalada aumentó en 10 MW con la entrada en operación del parque eólico de la Rumorosa. Ver tabla 3.8.

Tabla 3.8. Instalaciones generadoras de Baja California

Municipio	Lugar	Combustible	Capacidad en KW
Rosarito	Rosarito	Diesel	60
Rosarito	Rosarito	Combustóleo y gas natural	1, 326,000
Mexicali	Mexicali:		
	Cerro Prieto I	Geotermia	180,000
	Cerro Prieto II	Geotermia	220,000
	Cerro Prieto III	Geotermia	220,000
	Cerro Prieto IV	Geotermia	100,000
Mexicali	La Rosita CC	Gas natural	1,060,000
	Termoeléctrica de Mexicali CC	Gas natural	650,000
Ensenada	Ciprés	Diesel	54,86
<b>Total</b>			<b>3,930,000</b>

Referencia: Secretaría de Desarrollo Económico del Estado de Baja California, 2009.

En el estado la capacidad instalada de generación es más de 3,930 MW considerando servicios tanto público como privado. Para servicio público se cuenta con 1,800 MW, este integra 1,300 MW de centrales generadoras propiedad de la CFE, siendo la más importante la central geotérmica de Cerro Prieto, y 500 MW de la central eléctrica de La Rosita, propiedad de la firma norteamericana InterGen, que tiene una capacidad instalada

total aproximada de 1,060 MW. Por su parte, el servicio privado de electricidad tiene una capacidad instalada de poco más de 1,200 MW formado por 600 MW restantes de la central La Rosita, y 650 MW de la central eléctrica Sempra Energy propiedad de la firma de California, Sempra. El servicio privado de electricidad está orientado sólo a la exportación de electricidad y su principal mercado es el estado de California, Estados Unidos.

El crecimiento de la capacidad eléctrica instalada ha sido utilizando gas natural como combustible, esto ha ocasionado la sustitución de la fuente histórica: la geotermia, que para 1990 representaba el 75% de la capacidad instalada actualmente representa el 27%. Las unidades de ciclo combinado operando con gas natural en 9 años ya representan el 48% de la capacidad instalada. Al crecer la demanda se requirió más capacidad instalada, lo cual combinado con las limitaciones del recurso geotérmico modificó significativamente la matriz energética. Como consecuencia de lo anterior aumentó la dependencia energética de Baja California.

En los últimos 20 años, la Reserva del Sistema (la disponibilidad determinada por capacidad instalada suficiente para cubrir la demanda máxima) sólo ha sido suficiente en 1993, 2002, 2003, 2004, 2005, 2009 y 2010. En el resto de los años Baja California estuvo obligada a importar energía de los Estados Unidos. El sistema sólo tuvo superávit en 2002, 2004 y 2005 con las centrales base y reguladoras. La reserva del sistema se rebasa típicamente en agosto debido a las altas demandas de electricidad para enfriamiento. Esta es la razón principal que aduce CFE para los altos costos de la energía en las horas de punta y de la demanda en el verano, buscando desincentivar la demanda y el consumo en estas situaciones para evitar importar energía u operar con centrales turbogas, ambas alternativas de alto costo.

Al revisar las ventas o consumo de electricidad durante 1990-2010 se observa que estas crecieron a una tasa anual compuesta con base a 1990 de 4.9%. Mexicali presenta una tasa de 6% y Tijuana crece con una tasa de 4.4%, entre los dos municipios constituyen el 82% de las ventas del estado. Mexicali incrementó su consumo desde 40% hasta 49% por el efecto de su clima semidesértico; Tijuana actualmente consume el 33.5%, Rosarito 0.8%, Tecate 1.1% y Ensenada el 8.1%. La Zona Valle representa el 56.5% del consumo.

El sector doméstico representa el 34% y el comercial el 7%. Los sectores de servicios y agrícola contribuyen con el 4.5% restante. El sector industrial con el 1% de los usuarios consume el 54% de las ventas internas de electricidad. El consumo industrial en media y alta tensión está creciendo con una tasa del orden de 2 veces mayor que el consumo residencial, mientras que los sectores comercial, de servicios y agrícola crecen a tasas más bajas que el sector doméstico. Esto se atribuye a la instalación de empresas más intensivas en el uso de la energía asociado con precios más altos en las tarifas domésticas, comerciales y de servicios. Sin embargo, se observa una tendencia a la disminución en la tasa de crecimiento del consumo a partir de 2002, excepto en el sector agrícola, lo cual evidentemente es el efecto de la elasticidad al precio.

Los impactos ambientales asociados al sector eléctrico en Baja California se dan primordialmente en la forma de emisiones atmosféricas por consumo de combustibles. Otros impactos ambientales asociados son: 1) el uso de considerables volúmenes de agua, 2) la generación de residuos; y en menor grado 3) la emisión de calor residual, ruido, vibraciones y hundimientos (en campos geotérmicos).

Para 1990 se estimó que las emisiones de CO<sub>2</sub> alcanzaron 1.8 millones de toneladas, de las cuales el 78% fueron producidas por el uso de combustóleo en Rosarito. La sustitución gradual de combustóleo por gas natural - de menor contenido de carbono, provocó una disminución de emisiones en el estado. Si bien la sustitución tuvo un efecto positivo, tal se vio opacado por el incremento de generación de electricidad y por ende mayor consumo de combustible. Así, se observa para 2010 una emisión de 3.7 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>, es importante considerar que la participación de la zona Costa en la generación de emisiones disminuyó 57%. Las emisiones relativas a la generación de electricidad se incrementaron en el periodo estudiado al pasar de 274 kg/MWh en 1990 a 295 kg/MWh en el 2010.

Otras emisiones atmosféricas aparte del  $\text{CO}_2$  generadas en plantas eléctricas son  $\text{SO}_2$  y  $\text{NO}_x$ . Se observa que en 1990 se emitieron 19,000 toneladas de  $\text{SO}_2$  generándose el 94% del mismo por la combustión del combustible en la zona Costa. A partir de 2001 se reduce la participación de este combustible al sustituirse con gas natural y las emisiones de  $\text{SO}_2$  disminuyen ubicándose en 8300 toneladas para el 2004. Las emisiones relativas de  $\text{SO}_2$  han disminuido de 2.88 kg/ MWh de electricidad generada en 1990 a 0.80 kg/MWh en el 2010. Las emisiones de  $\text{NO}_x$  se estimaron en 6000 toneladas correspondiendo el 63% de estas emisiones a la zona Costa al 2010. Las emisiones relativas se incrementaron de 0.39 kg/MWh en 1990 a 0.49 kg/MWh en el 2010.

Por otro lado el consumo de agua de enfriamiento promedió durante los últimos 20 años alrededor de 4.7 millones de  $\text{m}^3$ . En 1990 el consumo de agua era menor, sin embargo este se elevó hasta alcanzar el valor promedio después de tres años, como resultado de la puesta en marcha de las unidades de termoeléctricas convencionales en Rosarito. El consumo de agua de enfriamiento se mantuvo sin importantes cambios hasta el año 2000 donde empezó a aumentar rápidamente hasta alcanzar un máximo de 6.2 millones de  $\text{m}^3$  en 2002, fenómeno que sin duda precedió a los cambios de transformación en el sector. Después de dos años el consumo se estabilizó nuevamente en el valor promedio.

Si bien el consumo promedio de agua de enfriamiento se ha mantenido fluctuando alrededor del promedio, no así la fuente de agua de enfriamiento que ha cambiado de agua marina a agua dulce. Este cambio fue el resultado de la conversión a gas natural en las plantas generadoras de electricidad. Durante la década de los noventa, la aportación de agua de mar cubría más del 95% de la contribución al agua de enfriamiento usada en el sector eléctrico en Baja California, debido primordialmente a la intensidad energética de las plantas instaladas en la Zona Costa. Es a partir del 2000 donde la contribución del agua marina empieza a declinar primero a 70% y luego a 50% de participación, para finalmente ser rebasada por la contribución de agua dulce como agua de enfriamiento en el 2005. Es a partir de esa fecha donde la participación del agua dulce remonta desde un 70 % al actual 80 %.

En relación a la generación de residuos sólidos y líquidos en plantas eléctricas, es importante resaltar la contribución de la geotermia debido a la generación de salmuera residual, esta se presenta cuando el fluido geotérmico de dos fases llega a la superficie desde el fondo del pozo, tal fluido se separa en dos componentes principales: el vapor geotérmico y la salmuera residual.

La salmuera residual es un contaminante significativo (GPG, 1994). Las operaciones del campo geotérmico de Cerro Prieto producen alrededor de 6,400 toneladas por hora de salmuera residual geotérmica, la cual es transportada y se dispone de la misma en una laguna de evaporación que cubre un área de 18.6 kilómetros cuadrados. En la misma se desechan un promedio anual del 88% de todas las salmueras residuales, contaminando el suelo y potencialmente el acuífero de esta región. Se practica la reinyección por gravedad en algunos de los pozos muertos en hasta 60% de la salmuera residual geotérmica.

La generación de residuos no se limita a la geotermia; las plantas de ciclo combinado y las termoeléctricas producen escorias, cenizas y residuos de la depuración de gases, que no están cuantificados. Caso contrario por el volumen generado de desechos sólidos peligrosos que se debe reportar a la autoridad ambiental responsable.

En relación a los residuos líquidos no peligrosos el estudio de impacto ambiental de la termoeléctrica de Rosarito reporta que se generan 5.18 litros por segundo (lps) de efluente de fosa de neutralización y 0.5 lps de efluente de STAR, provenientes de drenes y servicios de la central; respectivamente. Ambos efluentes se disponen en el mar.

#### 3.4.2.2 Gas natural

Baja California no extrae ni produce gas natural y no se reportan en su región reservas probadas o proba-

bles de este energético; sin embargo en la última década su consumo en la entidad ha aumentado aceleradamente. Datos reportados por la SENER muestran que la demanda de gas natural creció de 13.9 millones de pies cúbicos diarios en el 2000 a 256.4 millones en el 2009, es decir registró un incremento extraordinario de 38% promedio anual en ese lapso.

El estado no se encuentra conectado al Sistema Nacional de Gasoductos (SNG) y por ende no tiene acceso a la producción nacional de gas natural. Así, el consumo regional es abastecido mediante la importación a través de gasoductos y de una terminal de gas natural licuado (GNL).

Hasta 2007 las importaciones de gas natural a la región provenían en su totalidad del sur de Estados Unidos a través de tres interconexiones con una capacidad máxima de 829 mmpcd. A partir de 2008 la región comenzó a diversificar su abastecimiento, con la entrada en operación de la terminal de GNL en Costa Azul, con una capacidad de almacenamiento de 320,000 m<sup>3</sup>.

El sector eléctrico es el mayor usuario del gas natural en Baja California, mismo que representó 93% del total consumido en 2009. El gas natural se empezó a usar como combustible para la generación de energía en 1999 en la Zona Costa y en 2003 en la Zona Valle, en el primer caso desplazó en gran medida el uso de combustóleo. En tanto que para la zona valle, el uso de gas natural alcanzó arriba de un 80 % reduciendo así el uso del antes dominante vapor geotérmico (UABC, 2006). En la última década el estado ha presentado el más rápido desarrollo de la demanda, a una tasa de 38.9% anual entre 1999 y 2009 (SENER, 2010a).

El principal impacto ambiental asociado a la descarga y almacenamiento de GNL es la fuga de contaminantes atmosféricos, incluidos gases de efecto invernadero -GNL está compuesto hasta en un 95 % de metano-; las fugas pueden darse en forma de nubes de vapor –inflamable- o escapes en ductos y taques de almacenamiento.

### 3.4.2.3 Petrolíferos

Ningún producto petrolífero es procesado en Baja California; por lo que no existe infraestructura básica del Sistema Nacional de Refinación en el Estado; sin embargo los productos petrolíferos son consumidos ampliamente en la región por lo que existe infraestructura de distribución.

El suministro de estos energéticos a la región es amplio en las diversas modalidades de productos: gasolinas, gas natural y gas licuado de petróleo (GLP), combustóleo, diesel, etc. Los productos petrolíferos son de origen nacional (PEMEX, 2010), con excepción del gas natural que se obtiene de importación (SEDECO, 2008).

La infraestructura de distribución de petrolíferos empieza en la terminal marítima de Rosarito, desde donde se distribuyen a todo el mercado estatal por medio de dos poliductos; uno a Mexicali con longitud de 169 km y otro a Ensenada con extensión de 74 km. A la ciudad de Tijuana se le abastece por transporte de carretera (SEDECO, 2008).

Hay tres superintendencias, una en Rosarito, otra en Ensenada y una última en Mexicali; que en 2009 desplazaron un total de 2.2 millones de metros cúbicos de gasolinas en una proporción de 47, 39 y 14%; respectivamente. La superintendencia de Rosarito abastece también a los municipios de Tijuana y Tecate, de ahí el mayor volumen de combustible que se almacena en ese lugar.

En cada una de las ciudades se cuenta con terminales de almacenamiento y distribución (TAR). Durante 2008, éstas terminales abastecieron primordialmente gasolina magna (~ 60%), seguida de diesel (~ 25%), gasoli-

na premium (~ 12%) y diesel industrial (~ 3%).

El sector transporte es el principal usuario de gasolinas automotrices en Baja California, hacia 2009 consumió cerca de 75% del total suministrado a la región. La creciente demanda de gasolinas de los últimos años derivó del comportamiento del mercado automotriz y la política de precios de éstos combustibles. De 1990 a 1996 la gasolina nova fue suministrada hasta 1991 cuando fue substituida por la gasolina premium. El abastecimiento de magna ha sido continua durante el período analizado. A partir de 1993, la magna se vuelve la gasolina suministrada más abundantemente. La mayor participación de la gasolina premium en la demanda se registró en 2006.

Del comportamiento general de ventas en el período estudiado puede verse que de 1990 a 1991 hubo un crecimiento de 37% del consumo de gasolinas, desde entonces y hasta 2001 se observan bajas tasas de crecimiento. En los seis años posteriores se registran tasas entre 10 y 5.6 para encontrar un caída en el 2008. Se observa que la demanda de gasolinas automotrices fluctuó a lo largo del período de estudio, con una predominante participación de la gasolina pemex magna.

La distribución del parque vehicular y calidad de la flota explican en gran medida el nivel de demanda de gasolinas por municipio. Hacia 2008, Mexicali consumió 38 % de magna y 34 % de premium suministrado a la región. La región de Tijuana consumió 48% y 55 %, en tanto que Ensenada usó 15 % y 10.9 de magna y premium, respectivamente. Así la Zona Costa se consume alrededor del 60% de gasolinas y diesel suministrados.

En relación a la emisión de gases contaminantes a la atmósfera, las estimaciones muestran que la relación de emisiones es 8:2, gasolina a diesel. En ambos combustibles el principal GEI es el CO<sub>2</sub> con una contribución del alrededor del 98% del total de las emisiones.

El comportamiento de la generación de emisiones sigue la misma tendencia del consumo de combustibles, así en 1991 aumenta para mantenerse sin mayores fluctuaciones hasta 2002, año en que muestra un crecimiento rápido hasta alcanzar un máximo de 8132 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> eq. en el 2008, para caer por los siguientes dos años, mostrando el efecto de la crisis económica en la reducción de combustible adquiridos y por lo tanto no usados. De acuerdo al consumo regional, se estima que más de un 60 % de las emisiones GEI reportadas para el periodo 1990-2010 se concentraron en la Zona Costa.

### 3.4.2.4 Fuentes alternativas de energía en el área

La entrada de fuentes alternativas de energía podrían servir de aporte presente y futuro para cubrir las demandas de energía en Baja California. Esto sin embargo debe ir precedido de una fase de restructuración de los sistemas energéticos que sea inclusiva de acciones operacionales, de infraestructura, de innovación y desarrollo tecnológico así como de reformas novedosas e instrumentos de gestión con un fuerte componente ambiental (manejo de recursos) y adaptativas ante el cambio climático (Muñoz et al, 2011).

#### 3.4.2.4.1 Fuentes alternas para la generación de electricidad

La capacidad geotérmica actual instalada en Cerro Prieto es de 720 megawatts. De acuerdo a los estudios realizados en el pasado (Alonso, 1988), el campo geotérmico de Cerro Prieto tiene una reserva estimada de 1,200 megawatts, con reservas comprobadas de 840 megawatts. Aunque todo depende de que su explotación sea racional, de lo contrario el recurso se podría terminar antes de lo estimado. Asociada a la capacidad geotérmica se en-



cuentra la salmuera residual geotérmica que en Cerro Prieto, 40% se desecha en la laguna de evaporación y 60% se reinyecta por gravedad. El desecho bien podría transformarse en recurso para generar electricidad utilizando el proceso de ciclo binario, con la implementación de tecnología similar a la usada en la actualidad en el vecino Valle Imperial, CA.

El potencial de energía maremotriz se ha estimado en 800 MW de electricidad basado en la energía de la marea en el Golfo de California. Hay que agregar que oficialmente no se han cuantificado los recursos mareomotrices (SENER & GTZ, 2006) y que la explotación de las mareas y otras fuentes de energías oceánicas se encuentran en etapas conceptuales o en modelos experimentales (SENER, 2010b).

El potencial de plantas micro-hidráulicas, por su parte no ha sido explotado, a pesar de que en el Valle de Mexicali existe un gran número de canales de riego. El estudio de Quintero y Rivas (1995) que explora la posibilidad de explotar este recurso para producir electricidad mostró que la posible instalación de una serie de plantas micro-hidroeléctricas produciría cinco megawatts de energía eléctrica.

La energía eólica, por su parte, ya se encuentra en explotación. El campo eólico en la Rumorosa, Baja California de 10 MW de capacidad fue inaugurado en 2010. La electricidad generada en la Rumorosa servirá para subsidiar el consumo de energía eléctrica de cierta parte de la población de Mexicali. En Baja California, las mejores zonas de potencial eólico están en las sierras de La Rumorosa y San Pedro Mártir (274 MW) (SENER & GTZ, 2006), y ya hay proyectos que en conjunto suman 1246 MW.

La explotación de biogas ocurre en la establera Jersey del Noroeste, S.A. y los establos Lecheros No. 2 al 5, donde se aplica tecnología de captura y uso interno de biogas, a tal grado que se han certificado la reducción de emisiones bajo un esquema de Mecanismo de Desarrollo Limpio (UNFCCC, 2005). Una futura explotación la estudió la SEMARNAT mediante la asistencia técnica del Programa Landfill Methane Outreach de la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos a través del programa “Mercado de Metano”.

Tabla 3.9. Fuentes potenciales de energía en Baja California

Fuente de energía	Potencial
<b>Geotérmica</b>	1,000 MW reservas comprobadas (Mexicali)
<b>Solar</b>	3.3–6.9 kWh/m <sup>2</sup>
<b>Eólica</b>	100–250 W/m <sup>2</sup>
<b>Biomasa Desperdicio agrícola</b>	3,600 m <sup>3</sup> NGE/día (Mexicali)
<b>Desperdicios sólidos urbanos</b>	25–30 MWe + calor
<b>Algas marinas</b>	~75,000 BOE/año
<b>Leña combustible</b>	Insignificante
<b>Micro-hidroeléctrica</b>	~80 MWe (Mexicali)
	~20 MWe (Tecate)
<b>Mareas</b>	~1,200 MWe (Golfo de Cortés)

Fuente: Huacuz, 1995

La energía fotovoltaica solar es ampliamente usada para iluminación, telecomunicaciones y artefactos eléctricos tales como los refrigeradores en toda la península en áreas rurales y poblados pequeños que no están conectados a la red eléctrica. Algunas cooperativas pesqueras también tienen instalada una base solar y solarviento en campos pesqueros aislados. La CFE, en colaboración con el Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE), ha reunido información de los requerimientos del mantenimiento y de la disponibilidad a largo plazo de los sistemas

fotovoltaicos. Un proyecto a corto plazo incluiría el desarrollo de una red fotovoltaica de 1 MW conectada a una subestación en Mexicali. La tabla 3.9 resume las fuentes potenciales en Baja California, arriba descritas.

### 3.4.2.4.2 Potencial de biocombustibles para el transporte

El principal potencial bioenergético a través de residuos agrícolas se encuentra en Mexicali, con los desechos de trigo, algodón y sorgo. Valdez-Vázquez et al (2010) evaluaron el potencial de conversión de residuos de cultivos en bioenergía a través de la combustión y la fermentación. El potencial para Baja California es muy alto: de 280320 toneladas anuales de Materia Seca (tonMS/año) para el municipio de Mexicali, usando como insumo el rastrojo de trigo. El potencial de los residuos de algodón es alto (140160-280320 tonMS/año). El potencial del rastrojo de maíz y de sorgo es de bajo a muy bajo (140-28000 tonMS/año).

De los residuos en los rastros en el estado es posible obtener biodiesel. Toscano et al (2011) evaluaron la disponibilidad de los desechos grasos de la industria cárnica y su potencial para la generación de biodiesel. La cantidad de residuos en el estado alcanza para generar 1.3 kton por año de biodiesel. La energía obtenida de ésta es de 51,197 GJ por año, lo que representa el 0.27% de energía usada a través de diesel en el estado.

Finalmente el potencial bioenergético de los principales cultivos de Baja California asciende a 2,739,272 GJ/año. Los cultivos considerados fueron algodón (semilla) y avena forrajera para la producción de diesel; y alfalfa verde (tallo), sorgo y trigo para etanol; siendo en este rubro donde más litros de biocombustibles se podrían obtener, en particular de alfalfa y trigo, con 32,946.15 y 36,620.28 miles de litros, respectivamente.

## 3.4.3 Diagnóstico contextual

Un análisis contextual del sector energético revela el muy precario y sumamente sensible equilibrio a los cambios externos entre los cuales se consideran preocupantes:

- Condiciones climáticas
- Disponibilidad de agua
- Crecimiento de la población
- Dependencia creciente de combustibles fósiles importados
- Capacidad de almacenamiento de energéticos
- Envejecimiento y falta de mantenimiento de la infraestructura energética
- Falta de desarrollo tecnológico
- Competencia internacional
- Precio de los energéticos
- Oferta de combustibles convencionales
- Estabilidad política y económica
- Políticas nacionales

### 3.4.4 Escenarios de vulnerabilidad de los sistemas energéticos ante el cambio climático

Los sistemas energéticos tienen su grado de sensibilidad climática, lo cual necesariamente influye en su nivel de vulnerabilidad ante un cambio climático global. Ello se debe a una serie de factores de diversa índole, entre los que se pueden mencionar la relación directa con los recursos naturales, la ubicación geográfica, el tipo de fuente a utilizar, entre otros. Las centrales termoeléctricas que abastecen a Tijuana y Ensenada tienen una vulnerabilidad muy alta (Sánchez y Martínez, 2004) por estar ubicados en las zonas de mayor incremento de temperatura, más de 3.5 °C y de no variación o decremento en la precipitación. Lo mismo se puede aplicar en cuanto al incremento de la temperatura a las instalaciones de generación eléctrica situadas en Mexicali, tales como la geotermoeléctrica de Cerro Prieto y las plantas termoeléctricas de ciclo combinado, Sempra e Intergen.

#### 3.4.4.1 Fuentes alternativas de energía en el área

Bajo un escenario inercial de la tendencia de consumo de electricidad en Baja California en los últimos 20 años, se espera que la capacidad instalada se incremente para cubrir la demanda de servicio público (excluyendo el servicio privado de exportación) a 4118.8 MW en 2020 y 7135.3

MW en 2030, estas cifras representan 1.8 y 3.05 veces la capacidad instalada actual, respectivamente. Si esta capacidad se cubriera con tecnología de ciclo combinado en base a gas natural, es de esperarse que un 10% se instalase en la Zona Costa y el restante en la Zona Valle, esto ocasionaría consumos típicos de agua de enfriamiento en circuito abierto (378.5 l/MWh) para la primera y en torre (681.4 l/MWh) para la segunda. Así se estima que la demanda de uso de agua dulce para enfriamiento en plantas eléctricas se incrementará a 12.15 Mm<sup>3</sup> para 2020 y 17.82 Mm<sup>3</sup> para 2030, en el Valle de Mexicali; estas estimaciones representan 2.6 y 3.8 veces el promedio de agua de enfriamiento demandado por el sector eléctrico actual.

La demanda de agua en el sector eléctrico se clasifica dentro del sector industrial, aquí la actual demanda para la generación de electricidad representa apenas 1.8%; se debe notar sin embargo que bajo la categoría de consumo industrial se incluye toda la industria hotelera, con sus correspondiente creciente demanda. Así, se espera que la demanda del sector industrial crezca del 8% actual y que podría entrar en competencia con la demanda creciente de los sectores urbanos y agrícolas, cuyos usos son 8 y 83%, respectivamente.

El escenario de competencia por uso de agua se podría agravar hacia 2030, cuando se pronóstica una reducción del hasta 45% de volumen del Río Colorado (ver tabla 3.10) y 15% de reducción en precipitación local. Dada la enorme dependencia del estado sobre el Río Colorado, se espera que surja un factor de estrés importante en el Tratado Internacional de Límites y Aguas de 1944.

#### 3.4.4.2 Interrupción de servicio eléctrico por la presencia de eventos hidrometeorológicos extremos

La CFE usa el indicador de “Tiempo de interrupción por Usuario” (TIU) en minutos/año para reportar las interrupciones de energía eléctrica con y sin afectaciones, los valores promediados de 2000 a lo que va del 2011 fueron 311.5 y 158.2, respectivamente. Es preciso señalar que dichos valores no consideran la influencia de

eventos extremos, que podrían ser atribuidos al cambio climático.

Los impactos de eventos hidrometeorológicos sobre infraestructura eléctrica se describen brevemente en boletines de prensa de CFE; por ejemplo, el 16 de Abril del 2011 se reportó que intensas tormentas de lluvia de hasta 62.5 milímetros (mm) y granizo causaron afectaciones al servicio eléctrico en la zona nororiente del Valle de México. De acuerdo con diagnósticos preliminares, las intensas lluvias provocaron daños a una línea de alta tensión de 230 kV que alimenta a dos subestaciones y a una línea de 85 kV que afectó una subestación, lo que provocó interrupciones del servicio eléctrico en el nororiente del Valle de México. Las afectaciones provocadas por la tormenta dejaron fuera una carga de 257 MW.

Se dan las anteriores cifras como un ejemplo de los impactos más que como un indicador final, cabe señalar que en el estado una interrupción de electricidad prolongada podría llegar a afectar las plantas de bombeo de agua en el acueducto Mexicali-Tijuana.

**Tabla 3.10. Cambios estimados en la cuenca o craga de río Colorado en estudios recientes (Ray et al. (2008). Climate change in Colorado. Climate projections. 36. University of Colorado at Boulder)**

Estudio	Modelo de equilibrio general (corridas)	Escala espacial	Temperatura, ° C	Precipitación, %	Año	Escurecimiento	Riesgo estimado
<b>Christensen et al. 2004</b>	1(3)	VIC malla (~12.9 km)	-16.1	-6	2040-69	-0.18	Sí
<b>Milly 2005</b>	12(24)	Malla			2041-60	-10 a -20%	No
<b>Hoerling y Eischeid 2006</b>	18(42)	NCDC Climate Div.	-15	~ 0	2055-60	-0.45	No
<b>Christensen y Lettenmaier 2007</b>	11(22)	VIC malla (~12.9 km)	-15.3		2035-60	-0.06 (-40% a +18%)	Sí
<b>Seager et al. 2007*</b>	19(49)	GCM (~160 – 480 km)			2050	-16% (-8 a -25%)	No
<b>McCabe y Wolock 2008</b>		USGS HUC8unit (~40-100 km)	-16	0		-0.17	Sí
<b>Barnett y Pierce 2008*</b>					2057	-10% a -30%	Sí

Los valores e intervalos (si es el caso) fueron tomados de las referencias dadas. Las Columnas de izquierda a derecha detallan el número de modelos usados así como las “corridas” de los modelos hidrológicos, la escala espacial de la hidrología, la temperatura y precipitación usadas para la estimación, y si el estudio cuantificó el riesgo al abastecimiento de agua.

\* Estos dos estudios no hacen proyecciones específicas del escurrimiento ni la carga de la cuenca alta.

### 3.4.4.3 Interrupción de servicio eléctrico por la presencia de eventos hidrometeorológicos extremos

El consumo de energía puede verse incrementado por el uso de aire acondicionado ante un aumento de temperatura relacionado a cambios climáticos.

Usando la metodología de Lambert et al (2010) se espera que el número de aires acondicionados de seguir la tendencia actual, se incrementará en 22% y 47% respecto al actual valor. Esta cantidad de equipos demandará

en promedio 305,137 MW y 654,590 MW para 2020 y 2030, respectivamente, lo que representa una demanda de 10% y 20% del total de uso de electricidad doméstica actual.

Es relevante anotar que las estimaciones presentadas son más bien conservadoras y se concentran en el sector residencial y no contemplan el consumo a condiciones picos. Así es posible que la demanda energética por uso residencial de aires acondicionados sea mayor.

Por otro lado, es posible que la contribución del sector de comercios y servicios al consumo de electricidad por uso de aires acondicionados sea significativa y también se incremente bajo condiciones “pico”.

#### **3.4.4.4 Inundación de instalaciones energéticas ante alza del nivel del mar**

Los escenarios de vulnerabilidad de zonas litorales de Baja California consideraron que el alza del nivel del mar alcanzaría 1 o 2 metros para finales de siglo.

El alza de nivel del mar podría impactar la infraestructura energética establecida en las costas, en particular en Playas Rosarito, donde se ubican la Termoeléctrica “Presidente Juárez” y la Terminal marítima donde entran todos los petrolíferos que se consumen en el estado.

Usando la herramienta en línea “flood.firetree.net” se procedió a proyectar la zona inundable sobre las infraestructuras energéticas antes mencionadas.

Como resultado se observa que la playa se verá sujeta al avance del nivel del mar con una posible área sumergida entre 1/5 a 1/3 del actual, aunque en eventos de tormenta el mar podría entrar a los linderos de frente a la playa de la planta termoeléctrica. Por su parte un alza de 2 metros inundaría un 2 % de área de la infraestructura de la planta eléctrica.

Debe mencionarse que las proyecciones de inundación no contemplan la ocurrencia de oleajes inusualmente altos. Suponiendo un escenario de alza temporal de nivel del mar a 5 m por ocurrencia de un oleaje alto por tormentas, la zona inundable cubriría cerca de 30% de la termoeléctrica y gran parte del estero de descarga de combustibles a la terminal marítima.

# 3.5 Transporte



### 3.5.1 Introducción

Los sistemas de transporte forman parte importante de los servicios que se requieren para el desarrollo de una ciudad e indispensables para el traslado de personas y bienes, por lo que el tránsito vehicular es una de las actividades básicas en el ámbito urbano y generadora de emisiones como los gases efecto invernadero, entre otros.

Los bajacalifornianos utilizan el vehículo particular o el transporte público para satisfacer sus necesidades de traslado, dependiendo de sus posibilidades y las actividades que realicen, con opciones de transporte público como rutas de autobuses, servicio de taxis de ruta y taxis de itinerario libre.

La traza vial de las ciudades de Baja California varía de acuerdo a su topografía, que va desde plana en Mexicali a montañosa en Tijuana, presenta discontinuidades debidas a limitantes físicas y a la discontinuidad de la mancha urbana desarrollada en diferentes etapas de crecimiento. Por lo anterior y por los escasos corredores viales, el tráfico se concentra en unas cuantas vialidades, ocasionando demoras y congestionamientos.

Dentro del PEACC-BC, en cuanto al sector transporte, el objetivo es determinar la contribución del transporte terrestre en el estado al cambio climático a través de la validación y calibración de las emisiones que se produjeron durante el periodo 1980–2010 y el pronóstico de las que pudieran ser generadas hasta el año 2040, con el escenario de tendencia sin aplicar medidas de mitigación y con escenarios de acciones a favor de reducir emisiones.

### 3.5.2 Submodelo de transporte

Se determinó el modelo para el sector transporte terrestre (figura 3.10), que es un submodelo del modelo de GEI de Baja California, considerándolo en este apartado como el modelo de transporte, el cual incluye las principales variables y su interacción, lo que permite determinar las emisiones generadas. Para “correr” el modelo, se alimentó con la información de fuentes oficiales, misma que no se encuentra disponible en la forma deseable; la información adicional se obtuvo por medio de mediciones de campo y cálculos.

En el modelo de transporte se muestran las 22 variables utilizadas para la obtención del efecto en el ambiente causado por las emisiones, las cuales pueden ser independientes o alimentación de datos (enmarcadas en óvalos) o dependientes o cálculo de algún efecto (enmarcadas en rectángulos). Para estas últimas se muestra el algoritmo utilizado así como las unidades trabajadas y las dependencias se muestran en las flechas indicadas. Por otro lado, se observa que algunas variables se encuentran señaladas con una figura que indica que son susceptibles de proponer alguna acción de mitigación (enmarcadas con triángulos). En sí la utilidad del modelo es que, defini-

das las variables y sus interrelaciones matemáticas, se obtienen las emisiones en el estado de Baja California por causa del transporte terrestre, de tal forma que se puedan experimentar cambios en las variables para conocer el comportamiento de las emisiones (elaboración de escenarios).

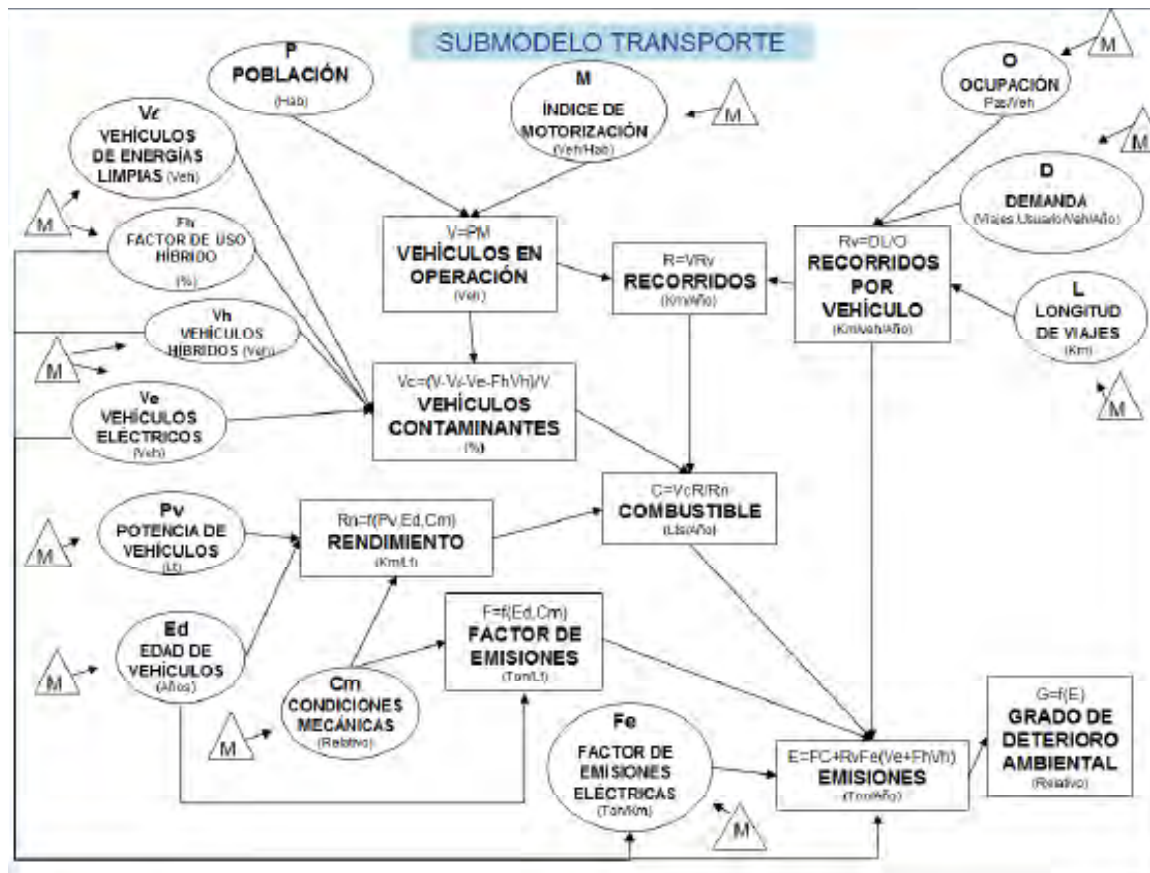


Figura 3.10. Submodelo transporte del Plan Estatal de Acción Climática de Baja California

Se elaboró el modelo tanto en indicadores de la totalidad del estado como por área de estudio, dividiéndose en las siguientes zonas:

- Ciudad de Mexicali.
- Zona metropolitana de Tijuana, Tecate y Rosarito.
- Ciudad de Ensenada.
- Zonas no urbanas de Baja California.

El horizonte de aplicación del modelo fue del año 1980 al 2040, considerándose los valores de las variables de los 61 diferentes años considerados a mitad de año (datos al 1 de julio de cada año) en el periodo comprendido entre 1980 y 2010 considerada como de alimentación de datos, validación y calibración y la segunda la del periodo entre 2010 y 2040 considerada como de pronóstico.

### 3.5.3 Diagnóstico

Los parámetros a diagnosticar incluyen los efectos en el cambio climático del sistema transporte terrestre en Baja California, excepto el transporte ferroviario. A continuación se describe el comportamiento de las variables utilizadas en el modelo en el periodo comprendido entre 1980 y 2010 para el estado de Baja California:



- Población: denotada por “P”, es una variable independiente que representa el número de habitantes, en la cual se observa que en Baja California, en 1980 existían 1,252,521 habitantes y para 2010 se espera contar con 3,297,757 habitantes, mostrando una tasa de crecimiento del 3.28% anual, es notoria la diferencia entre las zonas de estudio, ya que Tijuana, por ejemplo, presentó un incremento de 4.3% anual.
- Índice de motorización: denotada por “M”, es una variable independiente que indica el promedio de vehículos por habitante, el cual pasó de 0.187 en 1980 a 0.443 en 2010, lo que representa que se ha duplicado en menos de 30 años. Este índice es de los más altos del mundo, sólo superados por países altamente desarrollados, lo cual muestra una que en Baja California hay una alta dependencia al vehículo.
- Vehículos en operación: denotada por “V”, es una variable dependiente que indica el parque vehicular o la cantidad de vehículos que se encuentran en circulación. Incluye los vehículos registrados ante la Dirección de Planeación y Finanzas que están en circulación, los vehículos con placas extranjeras y los vehículos irregulares en operación. En Baja California, en 1980 existían 234,431 automóviles y para 2010 se tienen 1,461,981 vehículos en operación, lo que representa un incremento de 6.29 % anual, que es mayor que el incremento poblacional.
- Vehículos de nuevas tecnologías de baja emisión: denotadas por “VI” (vehículos de energías limpias), “Vh” (vehículos híbridos), “Ve” (vehículos eléctricos) y otros como los que consumen gas natural, son variables independientes que representan la cantidad de vehículos de nuevas tecnologías de baja emisión para su operación, representan aproximadamente el 3% del parque vehicular, dado que se encuentran en desarrollo y todavía no existe una oferta de este tipo de unidades que sea atractiva para el usuario desde el punto de vista de factibilidad económica.
- Ocupación: denotada por “O”, es una variable independiente que indica el promedio de pasajeros por unidad, el cual ha disminuido de 2.09 a 1.76 en 30 años, la tendencia que se observa es a los viajes individuales.
- Demanda: denotada por “D”, es una variable independiente que representa la cantidad de viajes por usuario por año, la cual prácticamente se ha mantenido en 4,082.
- Longitud de viajes: denotada por “L”, es una variable independiente que indica la cantidad de kilómetros recorridos en promedio por cada viaje. En los últimos 30 años ha subido de 6.05 a 7.75 Km, debido al crecimiento de las ciudades.
- Recorridos por vehículo: denotada por “Rv”, es una variable dependiente que muestra los kilómetros recorridos anualmente en promedio por cada vehículo, el cual ha pasado de 11,707 en 1980 a 17,940 en 2010 lo que representa un incremento de 1.4% anual.
- Recorridos: denotada por “R”, es una variable dependiente que indica los kilómetros recorridos del total de vehículo en Baja California, la cual ha pasado de 2,744 a 26,228 millones de kilómetros anuales en los últimos 30 años, mostrando un incremento de 7.8% anual.
- Potencia de vehículos: denotada por “Pv”, es una variable independiente que indica el promedio de tamaño de motor que tienen los vehículos (desplazamiento) medida en litros. En Baja California los vehículos tienen (en 2010) en promedio un desplazamiento de 3.047 litros, mientras que en 1980 el

promedio era de 3.862, lo cual muestra una gradual disminución, debido a que la industria automotriz atiende a la demanda con vehículos con cada vez menor tamaño de motor.

- **Edad de vehículos:** denotada por “Ed”, es una variable independiente que indica la edad promedio en años que tienen los autos, considerándolos desde el momento en que se ponen en operación. En Baja California los vehículos tienen (en 2010) en promedio una edad de 8.91 años (el modelo promedio es 2001), mientras que en 1980 el promedio de edad era de 11.45, lo cual muestra una leve disminución, debido a las facilidades que ya se tienen para créditos para la adquisición de autos nuevos y las cada vez más restrictas opciones de importación de vehículos usados de mayor edad.
- **Condiciones Mecánicas:** denotada por “Cm”, es una variable independiente que representa el nivel relativo de condiciones mecánicas de los vehículos, de tal forma que se define un valor de 1.000 a las condiciones mecánicas tal que se tiene el rendimiento y la cantidad de emisiones promedio en el año base (2010). Se observa una mejora gradual de las condiciones mecánicas en relación a la producción de emisiones dado que cada vez se tiene una edad promedio menor, y se están produciendo unidades con un mejor rendimiento y con tecnología antiemisiones cada vez más eficiente. Se está considerando un factor de 0.846 para el año 2000, de 0.721 para 1990 y 0.617 para 1980, es decir, en promedio cada uno de los vehículos actuales producen 37.3% menos emisiones GEI que los que circulaban hace 30 años.
- **Rendimiento:** denotada por “Rn”, es una variable dependiente que indica el rendimiento promedio con que operan los vehículos, expresado en Kilómetros recorridos por litro de combustible consumido, ponderando la circulación urbana con la interurbana. Se observa un rendimiento promedio de 6.117 Km/litro, mientras en el año 2000 se tenía 5.446 Km/litro, en 1990 era 4.847 Km/litro y en 1980 era 4.316 Km/litro, lo que ha mostrado un crecimiento promedio anual del rendimiento de 1.17%, debiéndose tanto a la producción de vehículos cada vez más eficientes como a la demanda cada vez mayor de vehículos pequeños.
- **Combustible:** denotada por “C”, es una variable dependiente que indica la cantidad de combustible que consumen todos los vehículos, expresada en unidades de volumen. Se observa que en 1980 en Baja California el consumo anual aproximado de combustible del sector transporte, expresado en millones de litros fue de 634, en 1990 llegó a 1,131, en 2000 a 2,462 y en 2010 ascendió a 4,273, lo que ha mostrado un crecimiento promedio anual del consumo de 6.57%. Este alto incremento se debe al crecimiento del parque vehicular y de los recorridos per cápita de vehículos que no fueron contrarrestados con las mejoras en los rendimientos.
- **Factor de emisiones eléctricas:** denotada por “Fe”, es una variable independiente que indica la proporción de la energía eléctrica que proviene de fuentes no limpias. En 2010 se está considerando de 80%, cifra que ha disminuido muy levemente con respecto a los últimos 30 años.
- **Emisiones:** denotada por “E”, es una variable dependiente que indica las principales emisiones que provocan la totalidad de vehículos, expresadas en unidades de peso. Los principales resultados de emisiones que se obtuvieron del sector transporte en Baja California son los siguientes:
  - **Emisiones de N<sub>2</sub>O:** Se observa que en 1980 las emisiones anuales expresadas en toneladas fueron de 915, en 1990 llegó a 1,426, en 2000 a 2,602 y en 2010 ascendió a 3,513 (figura 3.11).
  - **Emisiones de CH<sub>4</sub>:** Se observa que en 1980 las emisiones anuales expresadas en toneladas fueron de 174, en 1990 llegó a 274, en 2000 a 512 y en 2010 ascendió a 723 (figura 3.11).

- Emisiones de CO<sub>2</sub>: Se observa que en 1980 las emisiones anuales expresadas en miles de toneladas fueron de 1,738, en 1990 llegó a 2,983, en 2000 a 5,872 y en 2010 ascendió a 9,505 (figura 3.12).
- CO<sub>2</sub> equivalente de las principales emisiones del transporte (CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O y CH<sub>4</sub>): Se observa que en 1980 las emisiones anuales expresadas en miles de toneladas fueron de 2,025, en 1990 llegó a 3,341, en 2000 a 6,689 y en 2010 ascendió a 10,609 (figura 3.12), lo que ha mostrado un crecimiento promedio anual del 5.68%, aunque al considerar sólo los 10 últimos años esta tasa disminuye a 4.72%, este alto incremento se debe al crecimiento del parque vehicular y de los recorridos per cápita de vehículos que no fueron contrarrestados con las mejoras en los rendimientos y disminución de edad de vehículos ni por la disminución de potencia de los vehículos, entre otros.

■ Grado de deterioro ambiental: denotada por “G”, es una variable dependiente que indica la contribución relativa al deterioro ambiental por las emisiones del transporte considerando una contribución de 1.000 la provocada en el año base (2010). Se observa que en Baja California existe un aumento gradual en el deterioro ambiental provocado por las emisiones producto del transporte terrestre (figura 3.13). Se observa que en 2010 el deterioro provocado es de 58% mayor al que se tenía en el año 2000, 217% mayor al de 1990 y 424% mayor al que se tenía en 1980.

A manera de resumen, se puede observar que existe un crecimiento de las emisiones provocadas por el transporte terrestre en Baja California y California y que son uno de los principales causantes del calentamiento global. Dicho crecimiento es mayor al incremento poblacional (tabla 3.11) y se debe principalmente a que la sociedad ha sido promovida a una empobrecida cultura de uso de vehículo, ya que se le orienta a una cada vez mayor dependencia del vehículo automotor y a que las tecnologías antiemisiones no han alcanzado un nivel tal que se revierta la tendencia.

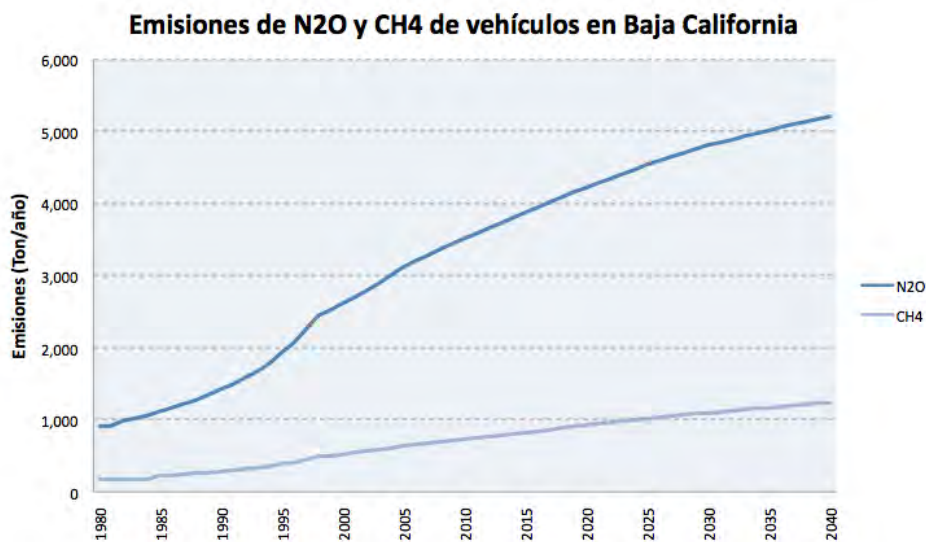


Figura 3.11. Emisiones de N<sub>2</sub>O y CH<sub>4</sub> en Baja California que causan los vehículos

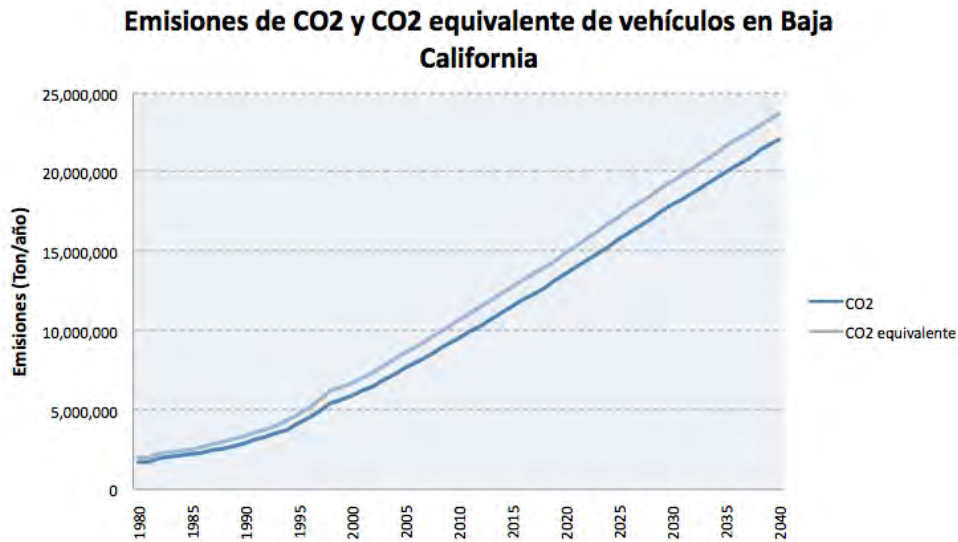


Figura 3.12. Emisiones de CO<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub> equivalente en Baja California que causan los vehículos

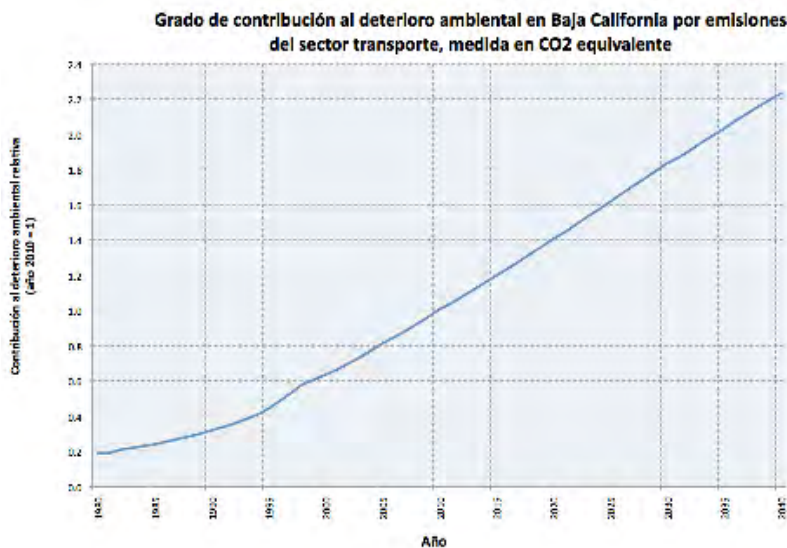


Figura 3.13. Grado de contribución relativa al deterioro ambiental en Baja California

### 3.5.4 Escenarios futuros: evaluación de aplicación de acciones

En el modelo se pueden evaluar las medidas de mitigación propuestas y descubrir que se tendría que hacer para revertir las emisiones a niveles del pasado, por ejemplo para cumplir con lo acordado en el Protocolo de Kioto de reducir las emisiones a los niveles de 1990, se tendrán que aplicar acciones que reduzcan las emisiones actuales en 68.5%, acto que se observa difícil.

#### 3.5.4.1 Escenario 0: situación sin aplicación de acciones

Este escenario consiste en no promover cambios en nuestra actitud hacia el uso del transporte terrestre ni modificaciones a las variables involucradas en el modelo, es decir, continuar con las tendencias de comportamiento de cada una de ellas. A partir del análisis realizado durante el periodo 1980-2010, a continuación se presenta el

Indicadores	Unidad	Situación anterior			Situación actual	Pronóstico sin acciones de mitigación			
		Año							
		1980	1990	2000	2010	2020	2030	2040	
<b>Población</b>	<b>Habitantes</b>	1,252,521	1,707,195	2,414,581	3,297,757	4,226,494	5,183,134	6,095,813	
	<b>Incremento anual</b>	-	3.15%	3.53%	3.17%	2.51%	2.06%	1.64%	-
<b>Vehículos en operación</b>	<b>Vehículos</b>	234,431	409,913	865,094	1,461,981	2,183,154	3,104,476	4,216,942	
	<b>Incremento anual</b>	-	5.75%	7.75%	5.39%	4.09%	3.58%	3.11%	-
<b>Consumo de combustible</b>	<b>Millones de litros/año</b>	634	1,131	2,462	4,273	6,649	8,828	11,161	
	<b>Incremento anual</b>	-	5.96%	8.09%	5.67%	4.52%	2.87%	2.37%	-
<b>Emisiones</b>	<b>GgCO<sub>2</sub> eq/año</b>	2,025	3,341	6,689	10,609	14,858	19,418	23,698	
	<b>Incremento anual</b>	-	5.13%	7.19%	4.72%	3.43%	2.71%	2.01%	-

Tabla 3.11. Principales indicadores de la generación de GEI por el transporte terrestre de Baja California

comportamiento de las variables para el periodo 2010-2040.

- **Población:** de acuerdo a las proyecciones del Consejo Nacional de Población, se espera un crecimiento sostenido de la misma en los próximos 30 años (2.07%) un poco menor al registrado en los 30 años anteriores (3.28%). Para Baja California se esperan los siguientes incrementos; en período 2010-2020: 2.51%, período 2020-2030: 2.06% y período 2030-2040: 1.64% (tabla 3.11), para las diferentes ciudades del estado los incrementos son diferenciados, aunque similares y con la misma tendencia a la baja.
- **Índice de motorización:** dadas las condiciones actuales, se observa que seguirá aumentando la relación de vehículos por habitante, pero a un ritmo menor ya que dadas las condiciones actuales seguirá siendo cada vez más fuerte la dependencia del vehículo para obtener movilidad. El índice pasará de 0.443 a 0.692 vehículos en operación por habitante en 30 años.
- **Vehículos en operación:** se espera que siga aumentando la cantidad de vehículos en operación en los próximos 30 años con un incremento promedio anual del 3.59%, tasa mucho menor a la que se dio en los últimos 30 años, pero mayor que el incremento de población esperado (tabla 3.11.).
- **Vehículos de nuevas tecnologías de baja emisión:** dada la tendencia exponencial que puedan presentar estas tecnologías se puede esperar que en los próximos 30 años pasen de representar del 3% al 12% del total de vehículos, cifra que se espera muy variable dada la incertidumbre y aceptación de estos desarrollos.
- **Ocupación:** se espera continúe la tendencia a los viajes individuales pero con un crecimiento menos acelerado, ya que en los próximos 30 años pasará de 1.76 a 1.48 pasajeros en promedio por vehículo.
- **Demanda:** prácticamente se seguirán manteniendo la cantidad de viajes promedio que realizan los usuarios dado que se espera conservarán los hábitos de motivos de viaje (en relación a la cantidad de viajes diarios).
- **Longitud de viajes:** dado que las manchas urbanas seguirán creciendo, las distancias a los objetivos de viaje aumentarán, por lo que se espera que en los próximos 30 años la longitud de viaje pase de 7.8 a 9.13 Km. en promedio, dado que se espera que no se siga dando importancia relevante a cumplir con el objetivo de viaje evitando distancias mayores.

- **Recorridos por vehículo:** se espera que en los próximos 30 años la longitud promedio de recorridos anuales pase de 17,940 a 25,286 Km. (incremento de 40.9%) dado que las longitudes de viaje aumentarán y la ocupación disminuirá.
- **Recorridos:** esta variable seguirá teniendo un aumento exponencial en los próximos 30 años (4.17% anual, contra 7.8% que se presentó en los pasados 30 años), debido al aumento que se espera en la cantidad de vehículos y sus recorridos unitarios.
- **Potencia de vehículos:** se espera que la industria automotriz continúe con la tendencia de cubrir la demanda de vehículos con unidades provistas de motores de menor tamaño y se espera una disminución de la potencia de vehículos en los siguientes 30 años ligeramente mayor al 20% al pasar de un promedio de 3.05 en 2010 a 2.4 litros en 2040, aún cuando las limitaciones para adquirir vehículos de alta potencia seguirán siendo mínimas.
- **Edad de vehículos:** se espera que siga disminuyendo la edad promedio de los vehículos en operación dado que se espera que continúen las facilidades de crédito y las dificultades de importación, dado a que el promedio de edad disminuirá de 8.91 a 7.33 años en los próximos 30 años, significando el 17.7%.
- **Condiciones Mecánicas:** se espera que continúe la mejora gradual en las condiciones mecánicas en relación a la producción de emisiones dado que seguirá la tendencia a tener vehículos más nuevos, con mayor rendimiento y con tecnología antiemisiones cada vez más eficiente. Se considera que su correspondiente factor aumentará a 1.51 en los próximos 30 años, es decir, que unitariamente producirán 51% más emisiones los vehículos actuales que los que circularán dentro de 30 años.
- **Rendimiento:** se espera que continúe el incremento en el rendimiento de los vehículos, aunque levemente, pudiendo pasar de un rendimiento ponderado de 6.117 a 8.393 Km/lt en los próximos 30 años, representando un incremento de 1.06% anual.
- **Combustible:** se espera que continúe el incremento exponencial en el consumo de combustible del transporte terrestre de Baja California, dado que continuará incrementándose el parque vehicular y los recorridos individuales de los vehículos y no será contrarrestado con las mejoras en los rendimientos de los vehículos ya que se espera que el consumo por este sector pase de 4,273 en 2010 a 11,161 millones de litros por año en 2040, lo que representa un incremento anual de 3.25% (tabla 3.11), que es mucho menor que el registrado en los últimos 30 años.
- **Factor de emisiones eléctricas:** se espera que siga disminuyendo muy levemente la proporción de energía eléctrica que proviene de fuentes no limpias, logrando un 75% en 2040, cifra muy variable dado que existe mucha incertidumbre en la futura generación de energía limpia.
- **Emisiones:** Los principales resultados de emisiones que se esperan del sector transporte en Baja California son los siguientes:
  - Emisiones de  $N_2O$ : en 2010 se tienen emisiones anuales expresadas en toneladas de 3,513, en 2020 se esperan 4,216, en 2030 habrá 4,805 y en 2040 llegará a 5,211.
  - Emisiones de  $CH_4$ : en 2010 se tienen emisiones anuales expresadas en toneladas de 723, en 2020 se esperan 911, en 2030 habrá 1,088 y en 2040 llegará a 1,233.

- Emisiones de CO<sub>2</sub>: en 2010 se tienen emisiones anuales expresadas en miles de toneladas de 9,505, en 2020 se esperan 13,532, en 2030 habrá 17,906 y en 2040 llegará a 22,057.
- CO<sub>2</sub> equivalente de las principales emisiones del transporte (CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O y CH<sub>4</sub>): en 2010 se tienen emisiones anuales expresadas en miles de toneladas de 10,609, en 2020 se esperan 14,858, en 2030 llegará a 19,418 y en 2040 se esperan 23,698, lo que representará un crecimiento promedio anual del 2.72% (incremento mucho menor que el presentado en los 30 años anteriores de 5.68%), los altos niveles de emisiones se deben a que sigue presentándose un alto incremento del parque vehicular y de los recorridos per cápita de vehículos que seguirán sin contrarrestarse con las mejoras en los rendimientos ni por la disminución de edad de vehículos ni por la baja en la potencia de estos, entre otros.

■ Grado de deterioro ambiental: se espera que en Baja California continúe el aumento gradual en el deterioro ambiental provocado por las emisiones producto del transporte terrestre (figura 3.13). Se observa que el deterioro que pudiera haber dentro de 30 años será de 123% mayor al actual y más de 7 veces mayor al de 1990.

Resumiendo, se puede esperar que continúe el crecimiento de las emisiones provocadas por el transporte terrestre en Baja California y que son uno de los principales causantes del calentamiento global. Dicho crecimiento seguirá siendo mayor al incremento poblacional, aunque con una diferencia no tan desmedida (tabla 3.11) y se seguirá debiendo principalmente a que la sociedad continuará con la dependencia cada vez mayor del vehículo automotor y a que las tecnologías antiemisiones todavía no alcanzarán un nivel tal que se revierta la tendencia.

### 3.5.4.2 Escenario 1: No incremento de la demanda

Esta propuesta implica el manejo de las variables independientes “Ocupación”, representada por “O”, la cual se refiere al promedio de pasajeros por unidad y “Demanda”, denotada por “D”, que indica la cantidad de viajes por usuario por año, de la siguiente manera:

- Ocupación: se plantea que se mantenga la ocupación del año base (2010), es decir, que no sufra incrementos (0% anual).
- Demanda: se mantendrá la cantidad de viajes promedio que realizan los usuarios dado que se espera conservarán los hábitos de motivos de viaje (0% de crecimiento anual).

Los efectos observados sobre otras variables son los siguientes: al mantener la ocupación y la demanda sin cambios, las emisiones sobre la generación de emisiones acumuladas (Ea) en CO<sub>2</sub> equivalente de gases efecto invernadero disminuyen 7.04% en 2020, 13.12% en 2030 y 18.41% en 2040 con respecto al escenario 0. En la Figura 3.14 se presenta el comportamiento de la variable Emisiones (E) en CO<sub>2</sub> equivalente proyectado al 2020, 2030 y 2040 para los escenarios planteados.

### 3.5.4.3 Escenario 2: Medidas leves sobre demanda y tipo de vehículo

Este escenario implica la manipulación de las variables independientes “Ocupación”, “O”, la cual se refiere al promedio de pasajeros por unidad, “Demanda”, “D”, que indica la cantidad de viajes por usuario por

año, “Potencia”, “P” que es el promedio de tamaño de motor que tienen los vehículos (desplazamiento) medida en litros y “Edad” “E” que muestra su edad promedio, de la siguiente forma:

- Ocupación: aumentar levemente la ocupación (1% anual).
- Demanda: leve aumento de la demanda (0.46% anual).
- Potencia: reducción de la potencia de los vehículos (1.2% anual).
- Edad: reducción en la edad promedio de los vehículos en circulación (1% anual).

Los efectos observados sobre las variables son los siguientes: al aumentar la ocupación en 1% anual su promedio pasa de 1.763 en 2010 a 1.948 en 2020, 2.151 en 2030 y 2.376 en 2040. El aumento propuesto de 0.46% anual para la demanda de viajes combinado con el aumento en la ocupación representa una disminución de 422 viajes al año por vehículo, ya que en 2010 cada vehículo realizaba 2316 viajes anuales mientras que, para el 2040 se espera que sólo se lleven a cabo 1894 viajes por cada automóvil. La potencia se reduce de 3.047 en 2010 a 2.130 litros en 2040. Mientras que la edad promedio de los automóviles se disminuye de 8.91 a 6.61 años.

Las emisiones de GEI en CO<sub>2</sub> se pueden observar en la figura 3.14 proyectadas al 2020, 2030 y 2040 para los escenarios planteados.

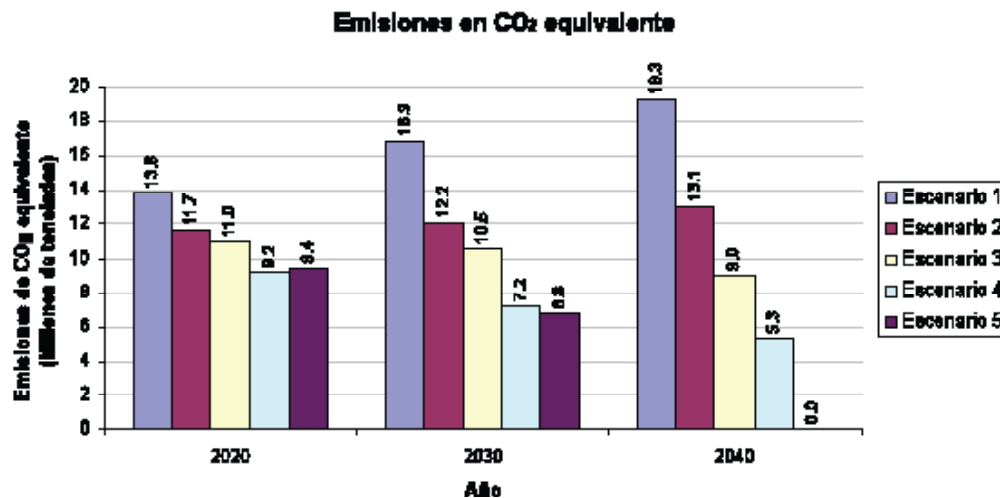


Figura 3.14. Proyección de emisiones de GEI en CO<sub>2</sub> equivalente en Baja California bajo diferentes escenarios de mitigación.

#### 3.5.4.4 Escenario 3: Medidas fuertes sobre demanda y tipo de vehículo

Este planteamiento se refiere a la modificación de las variables en la siguiente forma:

- Vehículos que consumen energías limpias: 16% de aumento en la proporción de vehículos que usan energías limpias.
- Vehículos híbridos: incremento de 27.6% de este tipo de vehículos.
- Vehículos eléctricos: aumento de 26.5% de vehículos eléctricos.
- Ocupación: aumentar la ocupación (1.5% anual).



- Demanda: leve reducción de la demanda (1% anual).
- Potencia: reducción de la potencia de los vehículos (1.6% anual).
- Edad: reducción en la edad promedio de los vehículos en circulación (1.4% anual).

La propuesta de incidir en las variables como se describió anteriormente significa un aumento en la cantidad de pasajeros por automóvil de 1.763 en 2010 a 2.775 en 2040, una reducción en la cantidad de viajes anuales por automóvil de 2316 en 2010 a 1713 en 2040. La edad promedio de automóviles baja de 8.91 a 6.61 mientras que la cantidad de vehículos que utilizan energías limpias (no hidrocarburos) presentan un aumento gradual.

El efecto sobre las emisiones (E) en CO<sub>2</sub> equivalente de gases efecto invernadero se puede observar en la figura 3.14., proyectado al 2020, 2030 y 2040 para los escenarios planteados.

### 3.5.4.5 Escenario 4: Medidas severas sobre demanda y tipo de vehículo

En este escenario se modifican las siguientes variables:

- Vehículos que consumen energías limpias: aumento (20% anual)
- Vehículos híbridos: aumento (31.9% anual)
- Vehículos eléctricos: aumento (31.9%)
- Ocupación: aumentar levemente la ocupación (3% anual).
- Demanda: leve aumento de la demanda (1.1% anual).
- Potencia: reducción de la potencia de los vehículos (2% anual).
- Edad: reducción en la edad promedio de los vehículos en circulación (1.8% anual).

Los efectos observados sobre las variables hacia el año 2040 son los siguientes: la ocupación llega a 4.375 pasajeros por vehículo, la demanda de viajes disminuye a 1546 viajes por auto por año, el tamaño de motor se reduce a 1.682 litros, la edad promedio de vehículos baja a 5.22 años, los vehículos que utilizan energías limpias aumentan a 1,104,652.

Las emisiones de GEI en CO<sub>2</sub> se pueden observar en la figura 3.14. proyectadas al 2020, 2030 y 2040 para los escenarios planteados.

### 3.5.4.6 Escenario 5: Solo vehículos de energías limpias

En este escenario se considera que la totalidad de los vehículos particulares que circulen en Baja California serán aquellos que solo consuman energías limpias, por lo que las variables a considerar son las siguientes:

- Vehículos que consumen energías limpias: aumento de 22.2% (anual)

■ Vehículos eléctricos: aumento (7.31% anual)

Los efectos observados sobre otras variables son los siguientes: se espera que para el 2040 la cantidad de vehículos que atizan energías limpias para su operación sea de 1,906,619.

Las emisiones de GEI en CO<sub>2</sub> se pueden observar en la figura 3.14. proyectadas al 2020, 2030 y 2040 para los escenarios planteados.

## ■ 3.6 Asentamientos urbanos y vivienda



### 3.6.1 Introducción

El escenario para los asentamientos urbanos frente al cambio climático representará un desafío para el modelo y las formas que se diseñarán y aplicarán las políticas de desarrollo urbano en el mundo. Según los expertos, las ciudades en el futuro se enfrentarán, tal y como ya lo vienen haciendo, a eventos climáticos extremos, sequías y problemas de abastecimiento, por lo que es necesario repensar la forma en que se construyen y funcionan las ciudades. En este sentido, son quizás los huracanes y su creciente intensidad los ejemplos más evidentes de que el clima mundial está cambiando a gran velocidad. Sin embargo, el aumento en el nivel medio del mar y el incremento de la temperatura son los fenómenos que impactan de manera global o por lo menos a grandes regiones del mundo.

Los eventos extremos el clima, como las lluvias intensas, pueden desencadenar desastres a partir de las condiciones de vulnerabilidad que se han creado debido a la falta de infraestructura urbana, asentamientos en zonas de alto riesgo, pérdida de cubierta vegetal, falta de aplicación de los programas de ordenamiento urbano, entre otros muchos factores. Por su parte, las sequías representan un problema en cuanto la disponibilidad de agua en los asentamientos urbanos, con lo que se afecta directamente a la población y a la actividad industrial. Estos dos tipos de amenazas representan quizás los principales peligros a los que se enfrentarán, muy probablemente, las ciudades de la frontera norte de México.

Para el caso de Baja California, por encontrarse en una zona semidesértica, probablemente se enfrentará a los impactos de lluvias torrenciales y sequías prolongadas. Sin embargo, la variabilidad climática de la región será otro aspecto que se deberá considerar en la planeación urbana, ya que mientras habrá años con lluvias intensas, como las que se asocian con el fenómeno de El Niño y la Oscilación del Sur (ENSO por su acrónimo en inglés), habrá años en que quizás la sequía afecte a las ciudades al limitar la disponibilidad del recurso agua y ser una posible fuente de conflicto entre el sector agrícola, industrial y más aún, que se puedan generar conflictos con los estados del sur de Estados Unidos.

Para hacer frente a las consecuencias del cambio climático en la entidad, en la presente propuesta se delimitan las acciones a seguir para mitigar los efectos de las lluvias intensas y las sequías, construir ciudades más seguras y proponer instrumentos de política pública que el gobierno estatal deberá seguir en colaboración con los cinco municipios. En este sentido, las medidas de adaptación serán aquellas que, por su naturaleza, necesitaran de un mayor tiempo para su desarrollo.

### 3.6.2 Caracterización

El estado de Baja California se caracteriza por ser destino de importantes flujos migratorios del interior del país y más recientemente de migrantes de otras nacionalidades, principalmente de Estados Unidos. Esto re-

presenta un reto para los gobiernos ya que deben dar respuesta a sus necesidades básicas de vivienda, servicios públicos urbanos y equipamiento. A través del tiempo, y gracias a los esfuerzos del gobierno y de la sociedad en general, esta condición de estado-destino le ha representado a Baja California que se le reconozca como una entidad con bajos niveles de marginación respecto a otros estados del país. La figura 3.15 muestra las tendencias de crecimiento de la población estatal al 2030.

El fenómeno migratorio en Baja California se caracteriza por recibir a más de 170,000 personas al año, lo que representa que cada mes el estado cuenta con más de 14,000 nuevos residentes, correspondiendo a la ciudad de Tijuana más de 4,000 familias cada año (CONEPO, 2008). El movimiento poblacional en la entidad ha permitido que en la región se encuentre una de las principales ciudades del país, Tijuana, lo cual la posiciona como una importante concentración urbana dentro del sistema urbano nacional y la más importante del noroeste del país en términos demográficos.

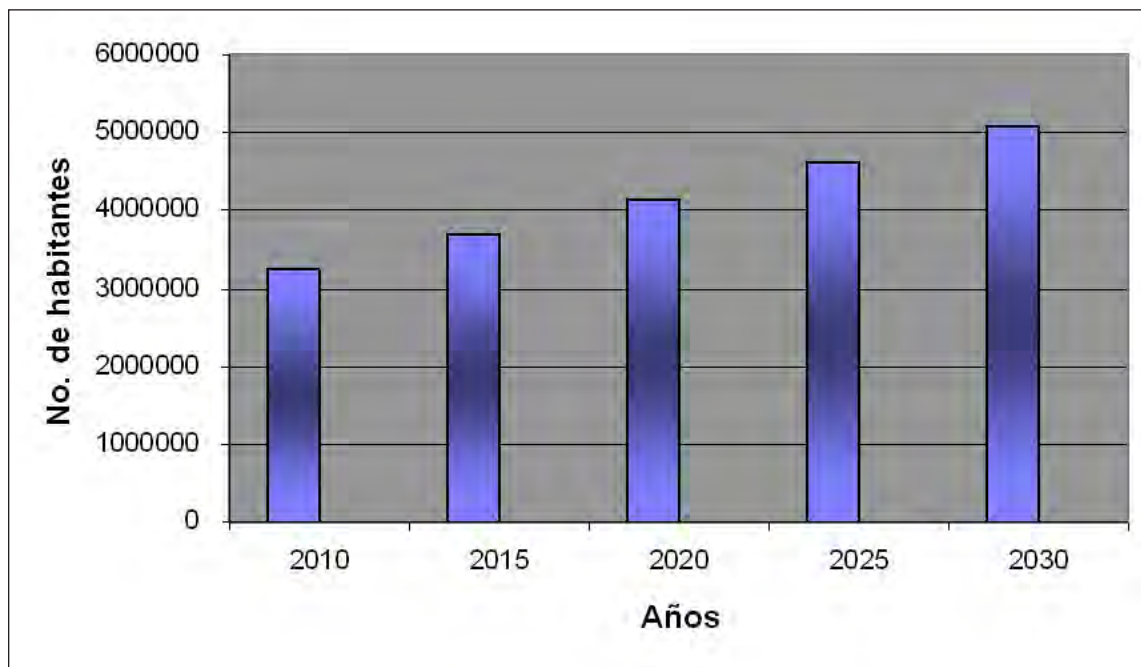


Figura 3.15. Proyecciones de población y tasas de crecimiento total para B.C. (Fuente: Estimaciones del CONAPO, 2010, con datos del II Censo de Población y Vivienda, 2005).

La población en Baja California alcanzó los 3,154,174 habitantes para el 2010 (INEGI, datos preliminares, 2010). La distribución espacial de esta población arrojó que el 95% de la población estatal es netamente urbana, ya que durante ese año la población se asentó en localidades mayores a los 15,000 habitantes (CONAPO, 2008). Considerando el número de habitantes, las ciudades del estado se colocan de la manera siguiente: Tijuana como la ciudad más poblada, le siguen Mexicali, Ensenada, Tecate y Playas de Rosarito (ver tabla 3.12).

Los datos más recientes producidos por el Censo de Población y Vivienda 2010 muestran una distribución de la siguiente manera (ver tabla 3.13).

En el aspecto urbano, las ciudades del estado han experimentado un crecimiento poblacional acelerado, especialmente en las décadas de 1970 y 1980. Sin embargo, este crecimiento disminuye a partir de las décadas de 1990 y 2000. En este sentido, los datos del cuadro 1 muestran que las tasas de crecimiento para el quinquenio del 2000-2005 disminuyen de manera significativa con respecto a la de los dos quinquenios anteriores. Sin embargo, representan tasas altas respecto a otros estados del país.

En estrecha relación con el aumento en el número de población, las ciudades de Baja California han experimentado un importante crecimiento de las zonas urbanas (ver tabla 3.13). El crecimiento espacial representa

Ciudad	Población total				Tasa de crecimiento medio anual (%)		
	1990	1995	2000	2005	1990-95	1995-00	2000-05
Ensenada	169,426	192,550	223,492	260,075	3.5	3.9	1.9
Mexicali	601,938	696,034	764,602	855,962	2.6	2.2	2
Tecate	51,557	62,629	77,795	91,034	3.5	5.2	2.8
Tijuana	747,381	991,592	1,210,820	1,410,687	5.1	4.8	2.7
Playas de Rosarito	--	46,596	63,420	73,305	--	7.5	2.6
<b>Total</b>	<b>1,570,302</b>	<b>1,989,401</b>	<b>2,340,129</b>	<b>2,691,063</b>	<b>3.7</b>	<b>4.7</b>	<b>2.4</b>

Tabla 3.12. Crecimiento demográfico de las principales ciudades de Baja California (Fuente: SEDESOL, et al, 2007. Archivo histórico de localidades, INEGI. 2010. El Colef-SEDESOL, 2006.).

un desafío para las ciudades de ofertar espacios aptos para la urbanización, donde intervienen factores físicos como pendiente del terreno, condiciones favorables del suelo, etc. así como aspectos sociales en la propiedad de la tierra, programas para el desarrollo urbano municipal, etc.

El crecimiento de las zonas urbanas de las ciudades de Baja California, obedece a varios factores, como lo son las recesiones económicas, el boom inmobiliario de las décadas de los 1990 y 2000, el proceso de industrialización y, para la zona costa (Tijuana, Playas de Rosarito y Ensenada) el desarrollo turístico que se refleja en la construcción de hoteles y viviendas de verano.

En años recientes, las ciudades del estado han experimentado cambios significativos respecto a su crecimiento espacial de las áreas urbanas. Los datos del Censo de Población y Vivienda 2010 indican que la superficie de las áreas urbanas alcanzó los 806 km<sup>2</sup> para el 2005. La figura 3.16 indica la distribución en este rubro por municipio.

Ciudad	Superficie (hectáreas)		
	1980	1990	2000
Ensenada	3,973	5,816	7,333
Mexicali	7,590	13,149 (1998)	14,865 (2004)
Tecate	s/d	s/d	9,393 (2008)
Tijuana	11,957	16,262	28,208 (1999)
Playas de Rosarito	s/d	s/d	-
<b>Total</b>	<b>23,520</b>	<b>35,227</b>	<b>59,799</b>

Tabla 3.13. Crecimiento espacial de las principales ciudades de B.C. Nota: s/d: sin dato  
Fuente: Programas de Desarrollo Urbano de Tijuana, Mexicali. Diferentes años. Programa Integral de Agua de Ensenada, 2008.

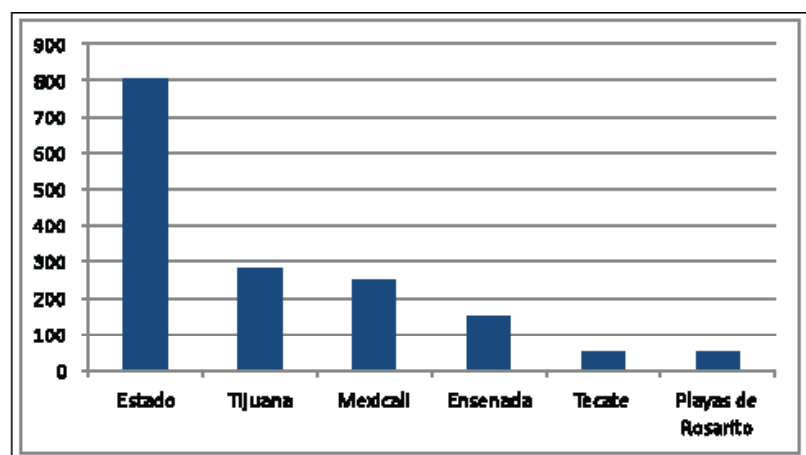


Figura 3.16. Superficie de las áreas urbanas en Baja California (2005)

Las tendencias de crecimiento de las ciudades será un aspecto a considerar en las políticas de desarrollo urbano y social para los próximos años, ya que el crecimiento espacial de las ciudades, además de requerir nuevos esquemas de participación de los principales actores del desarrollo, también deberá incluir un aspecto social importante, ya que en muchas de las nuevas áreas urbanas, el Estado deberá fortalecer el desarrollo social especialmente aquel que se relaciona con la disminución de la exposición al riesgo de desastres y para disminuir su vulnerabilidad.

El crecimiento poblacional para los próximos años, indican que Tijuana seguirá siendo la principal área urbana del estado de Baja California, al con caso 2.5 millones de habitantes para el año 2030; le seguirá Mexicali con caso 1 millón de habitantes y Ensenada seguirá siendo la tercer ciudad del estado con casi 400,000 habitantes para ese mismo año. Para el caso de las dos ciudades más pequeñas, Tecate y Playas de Rosarito, el aumento poblacional será de poco más de 133,000 habitantes para el primer caso; y de 152,000 habitantes para Playas de Rosarito, desplazando a Tecate como la ciudad más pequeña de Baja California.

Uso del suelo	Tijuana (%)	Mexicali (%)	Ensenada (%)
Vivienda	52	57	32
Industria	7	6	3
Equipamiento	7	6.1	7
Comercio y servicios	7	5.5	3.3
Grandes baldíos	22	22.6	-
Área verde	-	2	-
<b>Total (hectáreas)</b>	<b>28,207</b> (al año 2000)	<b>20,633</b> (al 2004)	<b>12,518</b> (al 2007)

Tabla 3.14. Usos del suelo de las principales ciudades de Baja California.

(Fuente: Ayuntamiento de Tijuana-IMPLAN (2002). Programa de Desarrollo Urbano del Centro de Población Tijuana, B.C. 2002-2025. Ayuntamiento de Mexicali-IMIP (2007). Programa de Desarrollo Urbano del Centro de Población Mexicali 2025. Ayuntamiento de Ensenada-IMIP (2009). Programa de Desarrollo Urbano del Centro de Población Ensenada 2030.).

Para observar las características el fenómeno urbano al interior de las ciudades, los usos del suelo muestran una radiografía puntual de los destinos del suelo urbano. Como lo demuestra la tabla 3.14, la evolución de los usos del suelo urbano, privilegia al habitacional sobre los demás usos. Como lo demuestra este cuadro, los altos porcentajes de cobertura de usos del suelo como los de vivienda, equipamiento e industrial, se contraponen a los que en algún momento estarían mitigando los impactos del cambio climático, las áreas verdes. Las áreas verdes urbanas ofrecen ventajas importantes para el confort urbano, ya que mejoran la imagen urbana, recuperan ecosistemas, generan microclimas a sus alrededores, retienen el suelo en áreas con fuerte pendiente, disminuyen el riesgo de desastre ante lluvias intensas y mejoran la calidad del aire.

A nivel estatal, solo la ciudad de Mexicali ofrece un valor sobre la cobertura de áreas verdes en el contexto urbano, pero este es un aspecto poco atendido por la autoridad responsable sobre la creación, mantenimiento y promoción de nuevas áreas verdes en las ciudades. Sin embargo, se debe de fomentar la creación de estas áreas ya que ofrece varias ventajas que beneficiarían a los habitantes de las ciudades.

Para el caso de Tijuana y Mexicali, que presentan superficies importantes de grandes baldíos, podrían tratar de recupera este rezago, ya que en ninguna ciudad de Baja California se cumple con la norma de la Organización Mundial de la Salud, que propone una superficie de 10 metros cuadrados de áreas verdes por habitante en las ciudades.

De manera general, el rápido crecimiento de las ciudades del estado se está produciendo sobre áreas que anteriormente estaban destinadas a la agricultura u ocupadas por matorrales, lo que implica una alta tasa de cambio de uso de suelo. Además de la reducción de estas áreas, el uso urbano implica la remoción de la vegetación original, compuesta por matorrales que son hábitat de un sinnúmero de especies de flora y fauna lo que perjudica la calidad ambiental de las zonas alrededor de las actuales ciudades.

Por otro lado, el manejo de tierras para la urbanización provoca, en muchos casos, que no se consideren

las condiciones naturales de la topografía y tipo de suelos lo que implica aumentar la exposición al riesgo de desastre de los nuevos habitantes, ya que es común que no se respeten los cauces de ríos y arroyos, corte de pendiente mayor a 45 grados, etc. Esta problemática se presenta más en la ciudad de Tijuana, sin embargo, ciudades como Ensenada y Tecate ya empezaron a ocupar terrenos con fuerte pendiente que, de no considerarse, puede provocar nuevos riesgos, sobretodo inundaciones, avenidas rápidas de arroyos, derrumbes, etc., fenómenos que podrán ser más frecuentes en un contexto de cambio climático.

La dotación de agua potable a las ciudades de Baja California, representa un reto tanto en la actualidad como en la planeación futura. El tema es de vital importancia ya que según los escenarios futuros de cambio climático para la región, se espera que las sequías sean uno de los impactos más importantes en esta región, ya que es muy probable que el futuro las sequías que ya se presentaron en el pasado, en el futuro pueden ser más frecuentes y prolongadas. En este sentido, la tabla 3.15 muestra los consumos de agua en las principales ciudades del estado.

Las diferentes demandas de agua en las ciudades de Baja California obedecen al contexto geográfico donde se asientan. Por ejemplo, Mexicali que experimenta las más altas temperaturas en el estado, alcanzando en verano hasta los 480 Celsius, presenta mayores consumo de agua para el funcionamiento de sus aparatos de refrigeración domestico, comerciales e industriales, además del riesgo de parques y jardines. Por otro lado, Ensenada, considerando el número total de población, es la ciudad que consume menos agua en el estado, lo cual es reflejo de su clima, que comparativamente es la que ofrece un mayor confort para sus habitantes.

Ciudad	Demanda media (m3/seg)	Cobertura (%)	Eficiencia Física (%)	Dotación (Lts/hab/día)	Volumen tratado (%)
Tijuana-Rosarito	2.4	93	81	203	98
Tecate	0.26	97	84	246	70
Mexicali	4	99	84	259	85
Ensenada	0.71	98	77	166	72

**Tabla 3.15. Requerimientos de agua potable en las principales ciudades.**  
(Fuente: Páginas electrónicas de los organismos operadores del agua en cada municipio, 2009. IMTA. Indicadores de gestión al 2007. 2009).

Sin embargo, y sin condiciones de cambio climático, existe una problemática respecto a cómo dotar de agua a las ciudades del estado y demás usuarios. Así se tiene que las estimaciones de la Comisión Nacional del Agua, a través del Organismo de Cuenca de la Península de Baja California, estimada que la captación total de agua en el estado, equivalente a 3 mil 326 millones de metros cúbicos al año, volumen que ya se encuentra totalmente concesionada. Esto significa que para dotar del recurso a nuevos usuarios de agua, dichos volúmenes se deberán cubrir a través del ahorro del recurso tanto en el sector urbano, el agrícola o la desalación de agua de mar. En este sentido, los ahorros que se logren en el sector agrícola tendrán un mayor impacto respecto al recurso, ya que actualmente se destina a este sector entre el 75 y 80% del total de agua captada en el estado.

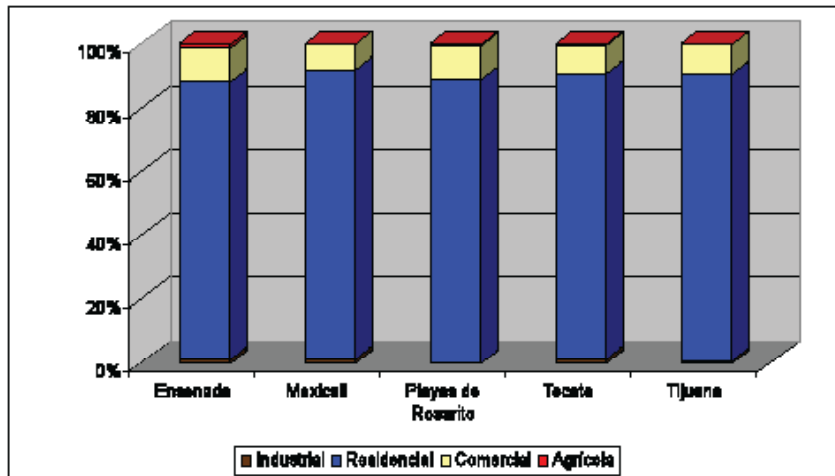
En el sector energético, uno de los sectores más vulnerables en un contexto de cambio climático, deberá ser considerado por las autoridades para el adecuado manejo de la energía tanto por los operadores del servicio como de los usuarios. La figura 3.17 muestra la distribución de los usuarios de energía eléctrica en el estado. Según esta grafica, el sector residencial representa más del 80% de los usuarios de la Comisión Federal de Electricidad (CFE), seguidos del sector comercial, industrial y finalmente el agrícola.

Sin embargo, en términos de consumo y ventas por sector, el industrial representa el principal cliente de la C.F.E. Esto es importante que un ahorro en el sector industrial tendrá un mayor impacto en las estrategias de mitigación y adaptación del sector energético frente al cambio climático. En segundo lugar, el sector residencial deberá considerar su importancia en las futuras políticas nacionales de ahorro de energía, ya que si bien ocupa el



segundo lugar en consumo, el mejor uso de energía en los hogares tendrá un beneficio para el estado y el país (ver figura 3.18).

Figura 3.17. Usuarios del servicio eléctrico por municipio (2006)



Fuente: CFE, División Baja California. Gerencia Divisional; Departamento de Estudios y Estadísticas.

Un indicador de la situación de la sociedad respecto a sus necesidades, deficiencias y aspiraciones hacia el desarrollo sustentable en las ciudades, lo representa el índice de marginación urbana. El índice de marginación urbana es una medida resumen que permite diferenciar a las áreas urbanas del país según el impacto global de las privaciones que padece la población, como resultado de la falta de acceso a la educación y la salud, la residencia en viviendas inadecuadas y la carencia de bienes de primera necesidad (CONAPO, 2009).

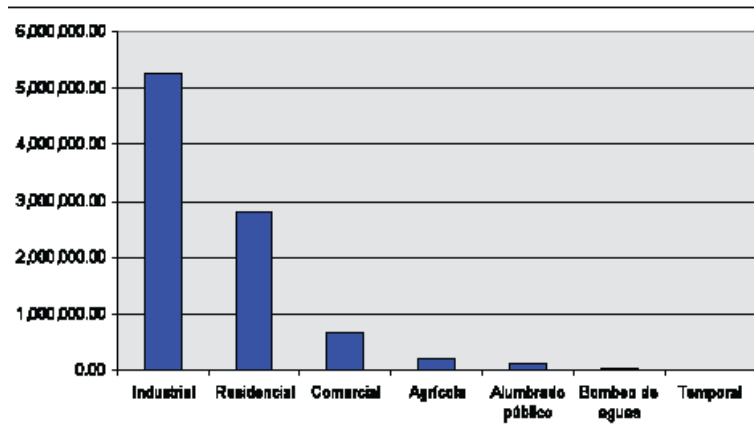


Figura 3.18. Volumen de ventas estatales (megawatts-hora) (2006). (Fuente: CFE, División Baja California. Gerencia Divisional; Departamento de Estudios y Estadísticas).

De esta manera, Baja California es considerada como una entidad con un mejoramiento medio en la reducción de la marginación respecto al periodo 2000-2005, lo que la ubica en uno de los estados con menor marginación a nivel nacional. Esto como resultado de su condición de frontera lo que permite una mayor inversión privada e internacional así como mejores oportunidades de empleo. La figura 3.19 muestra el grado de marginación del estado en términos porcentuales.

Los datos de la figura 3.19. representan que un gran porcentaje (70%) de la población de Baja California se mantiene sobre grados de marginalidad muy bajo, bajo y medio, mientras que poco menos de 43,000 habitantes se encuentran sobre un grado de marginalidad muy bajo. Este es un dato importante en términos de atención a grupos más vulnerables de la población estatal para atender las consecuencias e impactos del cambio climático en

un futuro cercano, y quizás estas condiciones deberán ser atendidas ya en la actualidad.

Por su parte, la figura 3.20 presenta el desglose de los grados de marginalidad por cada uno de los cinco municipios de la entidad.

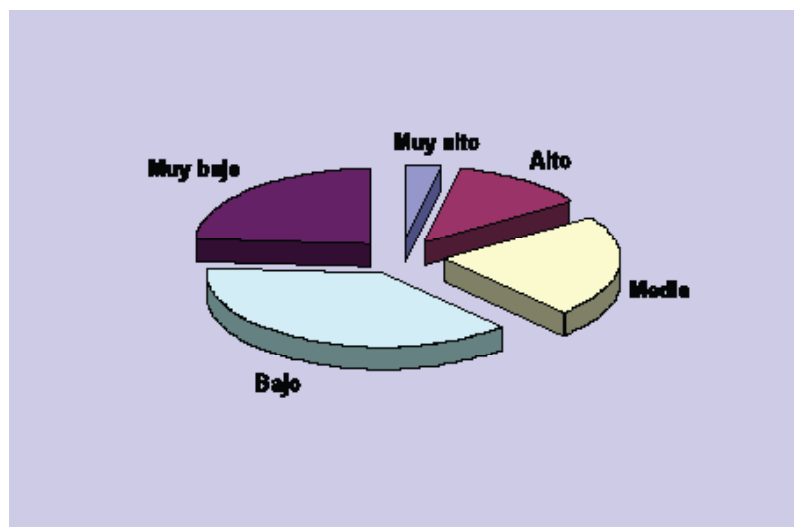


Figura 3.19. Grado de marginación urbana estatal (2005). (Fuente: Estimaciones del CONAPO, 2010, con datos del II Censo de Población y Vivienda, 2005).

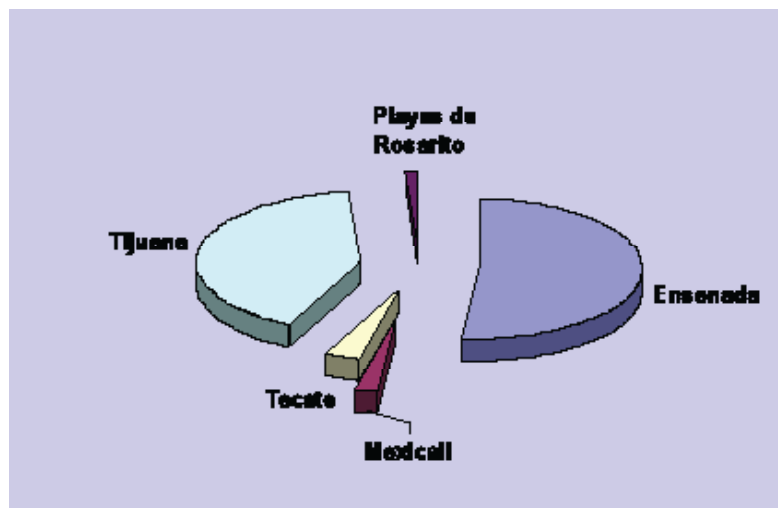


Figura 3.20. Grado de marginación urbana muy alta por municipios (2005). (Fuente: Estimaciones del CONAPO, 2010, con datos del II Censo de Población y Vivienda, 2005).

De acuerdo con los desastres que en el pasado han ocurrido asociados al impacto de eventos climáticos extremos en nuestro país, son los grupos más vulnerables y, en este caso, los que presentan mayores grados de marginalidad, los que sufren en mayor medida los daños provocados por ciclones tropicales, lluvias intensas, inundaciones, sequías y en esta región del país, los efectos del fenómeno de El Niño/Oscilación del Sur y sus lluvias intensas asociadas.

En Baja California, Ensenada es la ciudad que mantiene grados de marginalidad muy alta en mayor proporción que los otros cuatro municipios, ya que llega a cubrir más del 50% de este indicador. Esto está asociado a que en este municipio se centran mayores asentamientos urbanos pequeños, donde los servicios públicos y de vivienda tienen mayores problemas para cubrirse. En segundo lugar se encuentra Tijuana, donde la ciudad es el centro de atracción de importantes flujos migratorios que, en muchos casos, son obligados a asentarse sobre las

zonas periurbanas donde se presentan los mayores rezagos de servicios públicos, vivienda precaria, etc.

Por otro lado, el crecimiento urbano reciente no ha estado acompañado de una verdadera planeación de las ciudades en términos hacia donde se crece, es decir, el crecimiento espacial de las ciudades se ha dado sobre terrenos que no siempre son aptos para la urbanización. El resultado de este crecimiento acelerado ha producido asentamientos urbanos susceptibles de sufrir problemas como inundaciones, avenidas rápidas de arroyos, deslaves de laderas, derrumbes y deslizamientos, especialmente en terrenos con fuerte pendiente. Aunado a estos problemas, los costos que implica la introducción de servicios públicos como agua potable y drenaje sanitario, generan situaciones poco propicias para el desarrollo de estos espacios tanto para las autoridades locales como para los propios residentes.

Un elemento que debe ser considerado, asociado al crecimiento urbano, es la generación de áreas verdes, que además de embellecer a las ciudades, son zonas de recarga de acuíferos, evitan la erosión de laderas, son reguladoras del clima urbano y evitan riesgos de inundación cuando están bien diseñadas. En este sentido, todas las ciudades de Baja California presentan rezagos importantes, en la medida de que por cada habitante, debe de existir 10 metros cuadrados de áreas verdes según organismos internacionales de salud.

### 3.6.3 Evaluación de los impactos

A nivel nacional, los efectos de los eventos climáticos extremos son los que cobran mayor relevancia debido a su frecuencia y distribución en el territorio nacional. Entre los fenómenos más comunes se encuentran los ciclones tropicales, inundaciones y las sequías. La tabla 3.16 muestra los principales impactos de estos tres fenómenos para el periodo comprendido entre 1990 y 2010.

La entidad es propensa de sufrir diferentes impactos de fenómenos naturales asociados al clima. La historia de las ciudades muestra que desde su fundación han estado a merced de amenazas climáticas como las lluvias intensas, inundaciones, marejadas, vientos intensos y sequías severas. El caso de Tijuana es un ejemplo de esta situación, ya que en 1874, 1882 y 1891 se registraron importantes precipitaciones que obligaron a trasladar el incipiente poblado a lo que hoy se conoce como centro urbano, ya que anteriormente se ubicó sobre las márgenes del río Tijuana (Rodríguez Esteves, 2007).

En un contexto más reciente, la tabla 3.16. presenta solo algunos eventos de desastre asociados a fenómenos climáticos que han afectado a la entidad. En lo particular, son las amenazas hidrometeorológicas las que producen cada año un mayor número de pérdidas humanas y económicas tanto en el mundo como en nuestro país. Para el caso de Baja California, son las lluvias intensas, y sus consecuentes inundaciones, las que mayores daños han provocado en por lo menos los últimos 30 años. En este sentido, sobresalen las lluvias intensas de 1993 y 1998 en Tijuana y toda la cuenca del río Tijuana así como las bajas temperaturas que afectan tanto a la población urbana como rural.

De manera específica, en las dos últimas décadas se ha presentado un total de 25 eventos extremos asociados al clima que han impactado a la población del estado. Del total de eventos o manifestaciones extremas de fenómenos climáticos, resaltan las lluvias intensas, cuyo impacto ha sido mayor en la ciudad de Tijuana debido, entre otras causas, a la conformación de la ciudad y su topografía (ver figura 3.21).

En un contexto de cambio climático, donde se espera que las precipitaciones intensas aumenten y la temperatura promedio se eleve hasta 1.50°C, es importante tomar las adecuadas medidas de mitigación del riesgo de desastre. Para partir de una situación actual, la tabla 3.17 presenta las estimaciones de las zonas consideradas como de alto riesgo ante lluvias intensas, las cuales se caracterizan por estar asentadas en laderas pronunciadas,

cañones de arroyos o sobre terrenos planos. Al respecto, en la ciudad de Tijuana se presenta una mayor población asentada en zonas de riesgo, lo cual se explica ya que una buena parte de la ciudad se asienta sobre lomeríos y cañadas, donde el suelo presenta debilidad para soportar la carga de las viviendas en presencia de agua asociada a las lluvias, corte de laderas y movimiento de tierra.

Evento	Lugar	Año	Muertos	Damnificados y afectados	Daños directos
Inundaciones (31 enero)	Tijuana y Ensenada	1980	3	30,000	87
Tormenta (22 febrero)	Tijuana, Ensenada y Tecate	1980	3	14,000	--
Inundación	Mexicali	1982	--	--	121,017 (mdp)
Marejada	B.C.	1983	--	500,000	--
Heladas	B.C.	1990	--	--	1,000 (mdp)
Lluvias intensas	Tijuana y Tecate	1993	20	10,000	32
Tormenta, inundación y deslave (8 febrero)	Tijuana	1998	14	300	--
Lluvias torrenciales (10 febrero)	Tijuana	1998	92	3,000	66
Bajas temperaturas	B.C.	2002	14	--	--
Bajas temperaturas	B.C.	2006	4	--	--
Bajas temperaturas	B.C.	2007	6	--	--
Bajas temperaturas	B.C.	2008	5	--	--
<b>Totales</b>			<b>161</b>	<b>557,300</b>	<b>184.6 / 122,017</b>

Tabla 3.16. Impacto socioeconómico de los principales desastres asociados a eventos meteorológicos en Baja California. (Fuente: CENAPRED, Impacto socioeconómico de los principales desastres ocurridos en la República Mexicana 1980-99, 2002, 2006 y 2008).

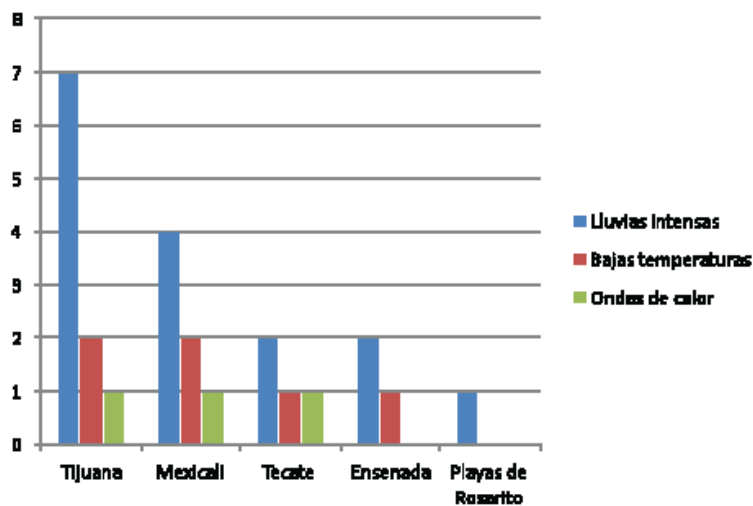


Figura 3.21. Número de eventos climáticos extremos por municipio (1990-2010). Fuente: elaboración propia con datos de los periódicos El Mexicano y El Heraldo, varios años.

Ciudad	Colonias	Población en zonas de alto riesgo	Porcentaje respecto a la población total municipal
Ensenada	19	49,032	10.7
Mexicali	9	23,225	2.5
Tecate	10	25,806	24.3
Tijuana	31	80,000	5.1
Playas de Rosarito	9	23,225	26.5
<b>Total</b>	<b>78</b>	<b>201,288</b>	<b>13.9</b>

Tabla 3.17. Zonas de alto riesgo ante lluvias intensas en Baja California. (Fuente: estimaciones elaboradas con datos de la Dirección Estatal de Protección Civil de Baja California. Proyecciones de población al 2009. CONAPO, 2006).

Por otro lado, son las ciudades pequeñas del estado, en este caso Tecate y Playas de Rosarito, que presentan un porcentaje mayor respecto a su población afectada, pero presentan los menores valores absolutos, al igual que Mexicali por estar asentados en terrenos planos. Otro aspecto que se debe considerar en la planeación de las ciudades del estado, es que el 75% de la población urbana, se encuentra a menos de 20 km. de la costa, por lo que se pudiera experimentar daños asociados al aumento en el nivel del mar, ventiscas y marejadas.

### 3.6.4 Escenarios futuros

Los daños provocados por eventos extremos asociados al clima en Baja California, al parecer están siendo cada vez mayores. Si bien es cierto que la severidad de los fenómenos que impactan a los asentamientos humanos depende precisamente de la intensidad propia del fenómeno, también influye de manera importante los contextos de vulnerabilidad que la sociedad genera en el transcurso del tiempo.

Como ejemplo de lo anterior, se tiene que entre los años del 2005 y 2010, en la entidad se presentaron eventos extremos de lluvias que dañaron la vida cotidiana de las personas. Los gastos de reconstrucción fueron 50 millones y 910 millones, respectivamente.

En materia de política pública, las acciones de atención, pero sobretodo de la gestión integral del riesgo deberá estar orientada desde la actualidad a la disminución de la vulnerabilidad, tanto física como social, en vista de que los eventos climáticos se presenten más frecuentemente y más intensos.

A una escala local, la manifestación de lluvias intensas es de los fenómenos climáticos extremos que se presentan con cierta regularidad, afectando a todas las ciudades del estado pero especialmente a Tijuana. La tabla 3.18 presenta resultados parciales sobre los daños en estos dos años en particular.

Municipios	1993				1998			
	Muertos	Desaparecidos	Damnificados	Daños	Muertos	Desaparecidos	Damnificados	Daños
Tijuana	45	92	11000	32	14	7	300	600
Tecate	1	-	300	-	-	-	-	-
Mexicali	-	-	86	-	-	-	-	-
Rosarito	-	-	-	-	7	0	-	-

Tabla 3.18. Impacto de las lluvias intensas durante 1993 y 1998.

Daños: daños directos en millones de dólares. Fuente: elaboración propia.

En un rápido análisis, los daños provocados por las lluvias intensas son cada vez más importantes, esto se debe a que las ciudades en su afán de crecimiento dejan de lado las políticas de prevención del riesgo de desastre beneficiando la construcción de vivienda, aunque esta se permita en zonas donde el riesgo es ignorado.

A partir de los daños provocados en el pasado por la manifestación de lluvias intensas, y sabiendo que los daños traducidos asociadas a ellas, incluyendo las muertes, desaparecidos, damnificados y pérdidas económicas, son cada vez mayores, es necesario considerar que si en el futuro será muy probable que se presenten con mayor frecuencia lluvias intensas, los costos que tendrá que pagar la sociedad serán cada vez mayores, en la medida en que se construyen escenarios de riesgo cada vez mayores en la medida que las ciudades crecen en zonas no aptas para ellas. El caso del efectos de las sequias en los asentamientos humanos, deberá ser considerado desde el punto de vista de salud pública, ya que este fenómeno se asocia a la presencia de ondas de calor y heladas, por los que las enfermedades asociadas a este tipo de eventos será abordado en otro apartado.

Uno de los impactos esperados por el cambio climático en los asentamientos humanos serán los despla-

dos ambientales o climáticos. Como desplazado ambiental se entera a aquella persona o grupos de personas que se vieron en la necesidad de trasladarse a residir a otra zona debido a los efectos de un desastre asociado a un fenómeno climático extremo. Para este tema, existe poca información, sin embargo, en un análisis hacia el interior de las ciudades se tiene el caso de la ciudad de Tijuana.

Para el caso de Tijuana, el tema de desplazados ambientales se ha presentado recientemente en la década de 1990s. Estos movimientos se dieron a partir de los daños asociados a las lluvias intensas que provocaron inundaciones y deslaves de laderas durante los inviernos de 1993 y 1998. Como producto de ello, se crearon nuevas colonias cuyos primeros residentes fueron precisamente los damnificados de otras colonias que desafortunadamente perdieron sus viviendas.

Después de las lluvias de 1993 se creó la colonia “Valle Verde”, donde se reubicaron 2 mil familias que habían sido afectadas de manera significativa al perder sus viviendas. Esto significó que al lugar llegaron aproximadamente 12,000 personas. Para el caso de las lluvias de 1998 se reubicaron de nueva cuenta 2,000 familias. En ambos casos, las colonias fueron creadas por iniciativa del gobierno estatal, pero los costos del terreno y de la vivienda eran cuenta de los propios desplazados. Sin embargo, los terrenos que ocuparon las nuevas colonias son considerados como nuevas zonas de alto riesgo debido a las condiciones precarias de los fraccionamientos al no contar con servicios públicos, vialidades y energía eléctrica.

Finalmente un elemento que se deberá considerarse como parte de las estrategias de mitigación y adaptación al cambio climático en Baja California será la construcción y mantenimiento de infraestructura pluvial para las ciudades del estado. Hasta este momento, Tijuana ha sido la ciudad que mas ha invertido tanto en construcción, mantenimiento y, en algunos casos, ampliación de infraestructura como lo es los tanques desarenadores cuyo principal objetivo es separar el material solido provenientes de las partes altas de las cuencas (cañones) y que es arrastrado por las corrientes de agua en temporada de lluvias. En este tipo de materiales se encuentra tierra, piedras y una gran diversidad de materiales de desecho provenientes de las viviendas. La tabla 3.19 presenta la capacidad de los tanques desarenadores en la ciudad de Tijuana.

Como puede observarse en la tabla 3.19, la capacidad de los tanques aumento de manera significativa en el periodo de 1998 al 2011, esto debido a una mayor preocupación por disminuir el riesgo de inundación durante la temporada de lluvias en la ciudad. Esto se relaciona de manera directa ya que la presencia de piedras, tierra y basura de diferentes tipos y tamaños provoca el taponamiento de las bocas de tormenta y alcantarillas de las vialidades, lo que provoca inundaciones y anegamiento en calles, cruceros viales y limitando el acceso de colonias.

### **3.6.5. Impacto del clima en las condiciones de confort térmico en la vivienda de Baja California: situación actual**

El clima afecta directamente el ambiente de una ciudad, las variaciones a lo largo del año de las variables meteorológicas repercuten en cómo la población percibe condiciones confortables, cálidas o frías, tanto en los espacios exteriores como interiores de las edificaciones. Así mismo, el clima tiene un impacto significativo en el consumo de energía eléctrica, por el uso de equipos electromecánicos de acondicionamiento ambiental que permitan mantener condiciones de confort térmico en ambientes interiores y en las emisiones de CO<sub>2</sub>.

Con base en lo anterior, a continuación se presenta el diagnóstico de las condiciones ambientales externas (espacios abiertos) e internas (espacios cerrados) del Estado de Baja California, con base en el estudio de las ciudades de Mexicali, Tijuana y Ensenada. En ellas se identificaron: a) diagnóstico de confort térmico de los lugares mencionados, b) rangos de confort térmico y c) principales estrategias de diseño; que permiten mejorar

Nombre del tanque desarenador	1998		2011			
	Capacidad (m³)	Sólidos captados (%)	Capacidad (m³)	Sólidos captados (%)	Azolve actual (m³)	Observaciones
El Florido	4,200	-	4,200	-	-	
El Florido 2	-	-	6,200	45	2,790	Nueva construcción
Arboledas	300	-	300	40	120	
Sánchez Taboada	4,000	100	4,000	65	2,600	
Camino Verde 1	3,800	95	3,600	40	1,440	Se redujo su capacidad
Camino Verde 2	1,800	100	1,800	40	720	
Camino Verde 3	-	-	4,800	5	240	Nueva construcción
Aguaje de la Tuna 1	2,240	100	2,240	-	-	
Aguaje de la Tuna 2	2,340	100	2,340	80	1,872	
Aguaje de la Tuna 3	10,200	100	10,200	50	5,100	
Aguaje de la Tuna 4	-	-	8,100	40	3,240	Nueva construcción
González Bocanegra	2,000	30	2,000	35	700	
Johnsito	3,200	50	3,200	15	480	
Johnson	6,500	30	5,500	20	1,100	Se redujo su capacidad
Altamira	850	50	850	10	85	
Cañón del Pato	3,600	100	3,600	5	180	
Calle 11 Camino Nuevo	70	100	-	-	-	Se eliminó
Volcán de Toluca	950	95	1,000	10	100	Amplio su capacidad
Santa Fe	200	100	300	100	300	Amplio su capacidad
Carlota Sosa	50	90	200	35	904	Amplio su capacidad
Azteca (Playas)	-	-	1,000	20	200	Nueva construcción
México Lindo 1	-	-	3,900	5	195	Nueva construcción
México Lindo 2	-	-	3,000	80	2,400	Nueva construcción
Pasteje-Aviación	-	-	2,260	60	1,356	Nueva construcción
Murua-Central Camionera	-	-	150	30	45	Nueva construcción
<b>Total</b>	<b>46,300</b>	<b>-</b>	<b>74,740</b>	<b>-</b>	<b>26,167</b>	

Tabla 3.19. Capacidad de tanques desarenadores en Tijuana

Fuente: elaboración propia con datos de la Unidad Municipal de Urbanización, 1998-2011.

las condiciones ambientales y controlar el uso de equipos mecánicos de acondicionamiento ambiental y con esto, disminuir en lo posible, el consumo de energía eléctrica de las viviendas de las ciudades de estudio, en las cuales se pueden observar diferencias significativas.

Mexicali presenta un clima cálido seco, muy árido con régimen de lluvias de invierno y con una oscilación anual de temperaturas medias mensuales muy extremosa (García, 2011). En el ámbito municipal, cuenta con una población de 855 962 (INEGI, 2011, cuadro 3.3). El consumo del sector residencial fue de 1,916 195 Megawatts-hora (MWh) con un total de 314 637 usuarios (INEGI, 2011, cuadro 18.3). El consumo residencial per cápita residencial de Mexicali fue de 6.09 MW/año.

Por su parte, Tijuana presenta un clima de tipo semi-cálido templado con verano cálido y régimen de lluvias de invierno; no presenta condiciones de temperatura y humedad extremas. Tiene una población de 1 410 687 habitantes (INEGI, 2011, cuadro 3.3). El consumo del sector residencial fue de 740,976 MWh con un total de 433,631 usuarios (INEGI, 2011, cuadro 18.3). El consumo residencial per cápita de Tijuana fue de 1.71 MW/año.

Finalmente, Ensenada tiene un clima seco templado mediterráneo con verano cálido, y está ubicada en zona costera. Cuenta con 413,481 habitantes (INEGI, 2011, cuadro 3.3). El consumo del sector residencial fue de 223,612 MWh, 141,748 usuarios (INEGI, 2011, cuadro 18.3) y un consumo per cápita de 1.58 MW/año.

Lo anterior, ejemplifica que en el estado se registran diferencias significativas en los tipos de climas que prevalecen, así como en el consumo residencial per cápita, producto del consumo generado por el uso que se hace en las viviendas de la electricidad para mantener condiciones ambientales confortables.

Sin embargo, uno de los escenarios más importantes en materia de asentamientos urbanos radica en cómo se distribuyen las precipitaciones promedio anuales y su aumento asociado al cambio climático. Esos aumentos anuales no importan si no se contextualizan en un tiempo y lugar determinados el papel que pueden jugar las lluvias intensas, aquellas mayores a los 75 mm. registradas en periodos menores a las 24 horas, las cuales son más importantes.

Para el caso de las ciudades de Baja California, es sabido que lluvias de más de 5 cm. registradas en periodos de 24 horas provocan problemas como encharcamientos, congestión vial, pequeños derrumbes y problemas afines. Ante ello, será importante preparar a las ciudades, a sus autoridades y a la población para mitigar los efectos y adaptarse a las nuevas condiciones asociadas al cambio climático.

#### 3.6.5.1. Metodología

Se analizaron tres casos de estudio, que corresponden a las ciudades de mayor población, tamaño y crecimiento del estado de Baja California, éstas son: Mexicali, Tijuana y Ensenada. Las condiciones climáticas de las ciudades de estudio fueron tomadas de las Normales Climatológicas 1971-2000 (Comisión Nacional de Agua, 2010).

El impacto de las condiciones climáticas en el confort térmico en espacios exteriores e interiores de las ciudades de estudio fueron determinadas a partir de los diagramas de confort térmico de Olgyay y Szokolay, y con la hoja de cálculo denominada Análisis Climático (Luna, 2009). Se hicieron análisis anuales, a partir de datos horarios promedios mensuales de temperatura y humedad relativa. Para cada una de las ciudades se determinaron los rangos de confort térmico y los límites de las zonas de confort. Se establecieron las necesidades anuales ambientales para los espacios exteriores y para los espacios interiores se determinaron las necesidades de climatización electromecánica y las estrategias a aplicarse a las viviendas de las ciudades de estudio.

En los resultados obtenidos, las sensaciones de frío incluyen ligeramente frío, frío, extremadamente frío y muy frío. Las sensaciones cálidas o calientes incluyen: ligeramente caliente, caliente, muy caliente y extremadamente caliente.

#### 3.6.5.2. Resultados

##### 3.6.5.2.1 Condiciones climáticas promedio mensuales y rangos de confort térmico

Las condiciones climáticas de Mexicali muestran temperaturas promedio máximas (TP-Max) de 44.3°C en julio y una humedad relativa (HR) de 35.8% y una temperatura promedio mínima (TP-min) de 6°C en diciembre y enero, 90.7 y 92.2% respectivamente; con una oscilación térmica extrema anual (OTEA) de 38.3°C. Tijuana presenta una TP-Max de 31.4°C en julio y HR de 47%, TP-Min de 7.1°C en diciembre y 88.9% de HR; con OTEA de 24°C. Mientras que en Ensenada se cuenta con TP-Max 29.1°C en julio y agosto, y HR 58.9 y 62.6%, respectivamente; la TP-Min de 8°C en enero y HR de 93%; con una OTEA de 24°C.



Para cada una de las ciudades se obtuvieron los rangos de confort térmico con base en el criterio de la temperatura neutra, estos rangos se obtienen tanto a nivel anual, promedio de verano o promedio de invierno (ver tabla 3.20).

La variación media del comportamiento mensual a lo largo del año en Mexicali muestra dos meses en confort térmico (mayo y octubre), cuatro en condiciones cálidas o calientes (junio, julio, agosto y septiembre) y seis en condiciones frías (enero, febrero, marzo, abril, noviembre y diciembre).

Las condiciones ambientales promedio de Tijuana muestran tres meses en confort térmico (julio, agosto y septiembre) y el resto del año se percibe en condiciones de frío, cuatro meses están en condiciones cálidas (junio, julio, agosto y septiembre) y seis en condiciones frías (enero, febrero, marzo, abril, noviembre y diciembre).

Ciudades	Anual			Verano			Invierno		
	Temperatura neutra	Rango de confort térmico		Temperatura neutra	Rango de confort térmico		Temperatura neutra	Rango de confort térmico	
		Max	Min		Max	Min		Max	Min
Mexicali	25.3	27.3	23.3	26.8	28.8	24.8	22.7	24.7	20.7
Tijuana	23.7	25.7	21.7	24.3	26.3	22.3	22.4	24.4	20.4
Ensenada	23.6	25.6	21.6	24.3	26.3	22.3	22.5	24.5	20.5

Tabla 3.20. Rangos de confort térmico para ciudades de Baja California (°C)

En el caso de Ensenada, se presenta una condición ambiental particular dentro del estado, ya que se tiene la sensación de confort térmico en agosto y el resto de los meses, se tiene frío.

### 3.6.5.2.2 Diagnóstico de las necesidades ambientales en espacios abiertos

Con base en el comportamiento horario promedio mensual, en Mexicali se observa que durante el 40% del año se presenta sensación de frío, el 31% de confort térmico y el 29% de sensación cálida.

En Mexicali, las sensaciones de “frío” predominan en la madrugada, mañana y noche de los meses de enero a mayo, y posteriormente de octubre a diciembre. Los períodos con sensación de “caliente”, se presentan a partir de marzo a noviembre, con sensaciones de “ligeramente caliente” en los meses -de marzo y noviembre con cinco y tres horas promedio mensuales de las 13 a las 17 horas; sin embargo, es notorio que la sensación de “muy caliente” predomina en mayo (12 a las 17 horas), y la de “extremadamente caliente” en junio, julio y agosto (10 a las 19 horas), en septiembre (12 a las 18 horas) y octubre (13 a las 17 horas).

En Tijuana el 57% del año se presenta la sensación de frío, el 38% de confort térmico y el 5% de sensación cálida. También se observa que durante el año desde las 12 de la noche a aproximadamente las 11 del día, así como en la noche a partir de las 21 horas en promedio se tiene la sensación de frío. Aproximadamente de 7 a 10 horas al día se tienen condiciones de confort térmico. Las sensaciones cálidas que se presentan en Tijuana, están en el rango de “ligeramente calientes”, aproximadamente dos horas en junio (13 y 14 horas) y en septiembre (14 y 15 horas) y en julio y agosto se tienen cuatro horas (12 a las 16 horas).

En general, en Ensenada el 58% del año se presenta sensación de frío, el 41% de confort térmico y el 1% de sensación cálida. Durante todo el año desde las 12 de la noche a aproximadamente las 11 del día, así como en la noche a partir de las 19, 20 o 21 horas en promedio se tiene la sensación de frío. La sensación de confort térmico se presenta de seis horas en enero a más de 10 horas al día durante los meses de mayo a octubre. Mientras, que la sensación de ‘ligeramente caliente’ solo se presenta de las 12 a las 14 horas en julio.

### 3.6.5.2.3. Diagnóstico de las necesidades ambientales en la vivienda (espacios interiores)

En la edificación en Mexicali, sea vivienda u otro tipo de espacio cerrado se observa que el 35% del año se requiere de calentamiento, el 45% requiere de enfriamiento y el 21% está en condiciones de confort térmico.

En Mexicali, con base en los registros promedios horarios mensuales, se observa que en los meses de enero, febrero y marzo, se registran sensaciones de confort de las 13 a las 17 horas, 12 a las 19 horas y de las 11 a las 21 horas. El resto del tiempo en esos meses se tiene la sensación de frío, lo que da como consecuencia un requerimiento de calentamiento convencional. En los meses de noviembre y diciembre también se presentan condiciones de confort y necesidad de calentamiento. En los meses de abril, mayo y octubre, se cuentan con 7, 14 y 12 horas al día bajo condiciones de calentamiento, sin embargo, en los meses de junio, julio, agosto y septiembre, durante las 24 horas se está en condiciones cálidas, con la consiguiente necesidad de enfriamiento.

En Mexicali, solo es factible cubrir las necesidades de enfriamiento con enfriamiento evaporativo directo e indirecto en los meses de abril, mayo y octubre, esto representa el 12% del año y en los meses de junio a septiembre, la necesidad de enfriamiento tiene que ser cubierta con equipos de aire acondicionado.

Al incluir el efecto de la envolvente se establecen las estrategias de acondicionamiento ambiental que se requieren en la vivienda de la ciudad de Mexicali. Con base en lo anterior, en la tabla 3.21 se integran las estrategias requeridas de acuerdo a las condiciones de Mexicali.

En general, en los espacios cerrados en Tijuana durante el año, el 67% requiere de calentamiento, el 11% requiere de enfriamiento y el 24% está en condiciones de confort térmico. La tabla 3.22 integra las estrategias anuales para los espacios cerrados en Tijuana.

En la edificación en Ensenada se observa que no se requiere aire acondicionado, el 22% está en condiciones de confort térmico y el resto del año con algunas estrategias de calentamiento y de manejo de la envolvente de la vivienda se pueden mejorar las condiciones ambientales de la vivienda (ver tabla 3.23).

Estrategias de adecuación ambiental	Porcentaje
1. Calentamiento convencional	14
2. Calentamiento solar o convencional	2
3. Masa térmica	16
4. Masa térmica y calentamiento solar o convencional	3
5. Masa térmica y ventilación	6
6. Ventilación (1 o 2 m/s)	10
7. Confort térmico	21
8. Deshumidificación	9
9. Aire acondicionado	19

Tabla 3.21. Estrategias de adecuación ambiental para la vivienda, Mexicali

Estrategias de adecuación ambiental	Porcentaje
1. Calentamiento convencional	19
2. Calentamiento solar o convencional	7
3. Masa térmica	19
4. Masa térmica y calentamiento solar o convencional	7
5. Masa térmica y ventilación	3
6. Ventilación (1 o 2 m/s)	10
7. Confort térmico	24
8. Deshumidificación	8
9. Aire acondicionado	3

Tabla 3.22. Estrategias de adecuación ambiental para la vivienda, Tijuana, B.C.

Estrategias de adecuación ambiental	Porcentaje
1. Calentamiento convencional	17
2. Calentamiento solar o convencional	6
3. Masa térmica	31
4. Masa térmica y calentamiento solar o convencional	0
5. Masa térmica y ventilación	9
6. Ventilación (1 o 2 m/s)	6
7. Confort térmico	22
8. Deshumidificación	9
9. Aire acondicionado	0

Tabla 3.23. Estrategias de adecuación ambiental para la vivienda, Ensenada, B.C.

### 3.6.5.3. Observaciones sobre Tijuana y Mexicali

Los distintos tipos de climas que prevalecen en el estado muestran repercusiones directas en las condiciones de confort térmico, así como en los consumos eléctricos residenciales per cápitas.

El consumo eléctrico per cápita más alto se presenta en Mexicali debido al de equipo electromecánico para mantener condiciones ambientales confortables en las viviendas.

Las estrategias a implementar en Ensenada y Tijuana son similares, en los espacios exteriores o abiertos no son condiciones críticas las condiciones ambientales. En ambas ciudades predominan las condiciones de ligeramente frío, sobre todo en Ensenada. Aunque no es significativo, en ambas sí pueden presentarse ocasiones de extremadamente frío.

Las condiciones de caliente, muy caliente y extremadamente caliente solo se presentan en Mexicali, ya que en Tijuana y Ensenada, es mínimo la percepción de ligeramente caliente.

Para las ciudades de Tijuana y Ensenada se requieren técnicas que se pueden lograr con uso adecuado de aprovechamiento del sol en invierno y ligero sombreado en verano en los exteriores. Para las condiciones de extremadamente frío se requiere el uso de equipos mecánicos de calentamiento.

Finalmente, aunque en las ciudades de Tijuana y Ensenada, no se tengan condiciones climáticas críticas al confort, si en las viviendas no hay un uso adecuado de ventilación durante el verano o del uso de masa térmica o calentamiento pasivo en invierno, si se propiciarán condiciones no confortables, aunque el clima sea favorable.

Para Mexicali, se hace necesario el uso de los equipos de aire acondicionado para el enfriamiento en verano; sin embargo el uso de la masa térmica, enfriamiento evaporativo y la ventilación influyen significativamente en hacer disminuir la dependencia de los equipos mecánicos; y el aprovechamiento del calentamiento pasivo mejora las condiciones ambientales de la vivienda en invierno.

### 3.6.5.4. Observaciones sobre Ensenada

Por lo que respecta al puerto de Ensenada, también se espera un aumento en las precipitaciones promedio anuales. El promedio histórico para el periodo 1961 a 1990 fue de 267 mm. anuales, sin embargo, para los periodos 2010-39, 2040-69 y 2070-99, la precipitación aumentará en 3.6, 7.7 y un cambio mínimo de 0.07% respectivamente. En términos absolutos, estos aumentos producirán precipitaciones promedio anuales de 277, 287 y 267.2 mm.

## 3.7 Agricultura y ganadería



### 3.7.1 Agricultura

El nacimiento de la agricultura está ligado con la habilidad de las culturas antiguas de domesticar las plantas que les eran de utilidad para alimentarse. Desde entonces, el desarrollo y bienestar de cualquier país, es función de su capacidad para proveer de alimento a sus habitantes. La agricultura, como actividad productiva, es altamente dependiente de las condiciones climatológicas de la región en las que se establecen los diferentes sistemas productivos. A lo largo de 10,000 años de historia, la producción agrícola ha sufrido grandes transformaciones; una de las más importantes fue la llamada *Revolución Verde*, la cual incorporó el uso de semillas mejoradas genéticamente, la utilización de fertilizantes inorgánicos, así como el uso de productos químicos para el control de malas hierbas, insectos y enfermedades; la mecanización de las labores agrícolas y el uso de agua de riego de los nuevos distritos de riego en el país, incrementaron notablemente la producción de alimentos.

Como una respuesta a la alta vulnerabilidad de la agricultura a los fenómenos meteorológicos ambientales, se comienza a practicar lo que se denomina *agricultura protegida*, que en un principio nace como una necesidad de extender el periodo cultivable de las plantas en regiones con inviernos crudos, tal y como se presentan en Europa y el norte de los Estados Unidos. Actualmente, esta tecnología se adapta en una variedad diversa de zonas agrícolas, incluidas las zonas templadas y áridas del estado de Baja California; el objetivo principal de estos sistemas de producción es el de “programar” las fechas de cosecha de diferentes productos agrícolas, según los requerimientos de los diferentes mercados de destino. Si bien, estos sistemas de producción presentan una serie de desventajas que se analizarán posteriormente, actualmente representan, una medida altamente efectiva de mitigación de los efectos del cambio climático sobre la producción agrícola.

#### 3.7.1.1 Producción agrícola en Baja California

El estado presenta amplias regiones geográficas con las principales condiciones ecológicas, sociales y económicas, que garantizan la práctica de una agricultura de riego altamente productiva: suelos jóvenes, con bajas pendientes o pendientes nulas y alto nivel de fertilidad, abasto relativamente oportuno de agua de calidad, suficientes periodos de alta luminosidad y temperaturas adecuadas para garantizar el crecimiento y desarrollo de las principales especies agrícolas de importancia económica, ausencia de inviernos crudos (con temperaturas menores a los 0°C), ausencia de lluvias o presencia moderada de precipitación pluvial en las etapas críticas de los cultivos (especialmente, durante la recolección o cosecha), acceso cercano al mercado de EEUU, especialmente al estado de California, vías de comunicación marítima para acceder al mercado europeo y disponibilidad de mano de obra, entre otros factores.

Del total de la superficie del estado, el 6.4% (470,158 hectáreas) son cultivables. En cuanto a la tenencia de la tierra, el 34% corresponde al régimen ejidal y el 66% restante a otro tipo de tenencia, principalmente pequeño propietario (INEGI, 2007).

En 2010, la actividad agrícola en Baja California, fue la que tuvo la mayor participación dentro del producto interno bruto del sector primario, con un 54% del valor de la producción. Los cinco cultivos más importantes en el estado son: trigo, tomate, fresa, cebolla y algodón, siendo el estado líder a nivel nacional en rendimiento por hectárea de tomate y fresa, y se encuentra en los primeros lugares en el rendimiento de trigo y algodón (Corrales, 2010).

Debido a que los climas predominantes, según la clasificación de Köppen son del tipo BW y BS, esto es, climas áridos y semiáridos, la agricultura bajo riego es indispensable ya que el agua de lluvia es insuficiente para el crecimiento y desarrollo de los cultivos.

Según las estadísticas de la Secretaría de Fomento Agropecuario (SEFOA, 2011), la disponibilidad del agua en Baja California tiene dos orígenes: la superficial y la que se extrae del subsuelo (subterránea) y en los últimos años el reuso de agua tratada. En lo que corresponde al agua superficial se tiene un aprovechamiento medio anual de 1,918 millones de metros cúbicos provenientes de 15 cuencas. En lo que respecta a las aguas subterráneas se cuenta con 48 acuíferos que en conjunto aportan a los diferentes usos un volumen de 1,265 millones de metros cúbicos; en función de lo anterior, la disponibilidad total del agua en el estado es de 3,183 millones de metros cúbicos por año.

En Baja California, se distinguen dos regiones agrícolas: la del valle de Mexicali, donde se practica una agricultura de riego, y la zona de la Costa, que incluye cultivos de riego y de temporal. El Valle de Mexicali es la tercera área agrícola más importante del país, solo después del Bajo Río San Juan en el sur de Tamaulipas, y del Río Fuerte en Sinaloa; forma parte del Distrito de Desarrollo Rural 002 Río Colorado y tiene una superficie de 208, 858 ha de las cuales, 186, 174 ha se riegan por gravedad y 22,684 por bombeo de 487 pozos. El valle de Mexicali tiene como su fuente principal de agua la proveniente del Río Colorado, su disponibilidad se encuentra regulada a través del Tratado Internacional de Límites y Aguas entre México y los Estados Unidos de América, que fue signado el 3 de febrero de 1944 y otorga a México el derecho a un total de 1,850,234 Hm<sup>3</sup> por año (Escoboza, 2009).

El periodo de siembra se divide en dos sub-ciclos denominados Primavera-Verano y Otoño-Invierno. En el Valle de Mexicali, los principales cultivos son: trigo, algodón, alfalfa, cebolla, y hortalizas. La actividad agrícola brinda empleo a muchos trabajadores que no son usufructuarios de la tierra; genera divisas, pues se exporta el 20% de la producción hortícola y el 90% de la cosecha de algodón; abastece a la población de alimentos, especialmente de trigo y ha contribuido a desarrollar la industria.

La zona agrícola de la Costa forma parte del Distrito de Desarrollo Rural 001, que comprende las zonas del Valle de Guadalupe, Maneadero, Ojos Negros, San Quintín y El Rosario y cuenta con 234,435 hectáreas susceptibles de cultivo, de las cuales 108,451 son de riego y 125,984 son de agricultura de temporal. Los principales cultivos son: tomate, cebolla, uva, fresa, olivo y hortalizas.

A diferencia de la zona agrícola del valle de Mexicali, en la que predomina la agricultura tradicional o a cielo abierto, en la zona costa año con año se incorpora nueva superficie con estructuras para la práctica de la agricultura protegida. Estas estructuras varían en su nivel tecnológico y van desde el nivel tecnológico más bajo en las que el control ambiental es mínimo, hasta estructuras con alto nivel tecnológico, donde es posible controlar al 100% los principales parámetros ambientales (radiación solar y temperatura) que influyen en la producción agrícola.

Los factores anteriormente mencionados, son similares para el resto de los distritos de desarrollo rural que conforman en la región noroeste del país, esto favorece que esta región sea la que tenga la mayor tasa de productividad agrícola en el país (Soto, 2003).

### 3.7.1.2 Agricultura y medio ambiente

La producción de alimentos es una actividad altamente riesgosa en relación a la susceptibilidad de las plantas a modificar sus patrones de crecimiento y desarrollo por efecto de las condiciones ambientales (Hay, 2007). Esto incluye no solamente los principales componentes del clima (temperatura, precipitación, intensidad luminosa y vientos, principalmente), sino también a diferentes factores bióticos y abióticos desencadenantes de enfermedades, y daños físicos derivados de la presencia de insectos, plagas y malas hierbas. A nivel mundial se estima que las pérdidas debidas a estos factores son del orden del 50% (Boyer, 1982). En esta sección haremos énfasis en la relación que guarda una agricultura competitiva con el clima de la región donde esta se practica.

Los efectos adversos del clima en la producción de alimentos se manifiestan en la forma de temperaturas extremas (principalmente temperaturas de congelación, en lo que se denomina fenómeno de heladas), exceso o escasez de precipitación pluvial (sequías y/o tormentas), vientos (vientos fuertes con presencia o no de lluvia) y en menor medida, modificación en los patrones de luminosidad, principalmente por periodos excesivamente prolongados de nubosidad.

¿Qué es lo que hace a la actividad agrícola tan susceptible a los factores del clima?, la respuesta a esta pregunta está en función de la habilidad de las plantas para interactuar con su entorno, durante todo su ciclo de vida. Las reacciones químicas y los procesos biológicos que determinan el crecimiento y desarrollo de una planta a lo largo de su ciclo de vida, están determinados por ciertos rangos de temperatura, luz y humedad, característicos para cada especie vegetal en lo particular. En la medida en que estos parámetros climáticos se modifican más allá de los valores típicamente esperados, las condiciones pueden ser altamente desastrosas para la producción agrícola.

A continuación se describen de manera específica los efectos de los principales componentes climáticos sobre la producción de alimentos.

#### ■ Temperatura

Las primera observación empírica que fue clave en el proceso de domesticación de las plantas fue el hecho de notar que la temperatura ambiental estaba íntimamente asociada a procesos visibles en las plantas: Las plantas perennes entraban en letargo durante el invierno y reanudaban su crecimiento durante la primavera, algunas plantas se deshacían de sus hojas con la llegada del otoño, la llegada de la primavera estimulaba la aparición de flores, algunas especies germinaban durante el otoño y otras durante la primavera; asimismo, el estudio sistemático posterior de la distribución geográfica de las especies vegetales, realizado sobre todo por los primeros estudiosos de la etnobotánica, demostró que la temperatura limita la distribución espacial y temporal de las plantas.

El rango de temperatura adecuado para el crecimiento de la mayoría de las plantas cultivadas es amplio; según Hopkins y Hüner (2004), este varía desde 0°C hasta 45°C. Dentro de este rango, cada especie vegetal manifiesta una temperatura mínima, máxima y óptima, en el cual se desarrollan los diferentes procesos que le permiten cumplir su ciclo vital, los especialistas denominan a estos tres valores de temperatura como temperaturas cardinales. Estos valores no son absolutos y varían a lo largo de la vida de la planta, inclusive en algunos cultivos como algodón y chile, la retención de flores y frutos, es regulada por la temperatura nocturna, temperaturas nocturnas superiores a los 30°C, provocan caída de flores, la cual se incrementa a medida que se incrementa la temperatura arriba de este valor (Hoffman y Rawlins, 1970 y Hall, 1977).

Como regla general, los valores de temperatura óptima, reflejan la región geográfica donde la especie vegetal se originó, así, por ejemplo, plantas nativas de regiones cálidas, se van a desarrollar mejor a temperaturas altas, que aquellas plantas nativas de regiones más frescas.

Algunos fenómenos de las plantas ocurren como respuesta específica a las bajas temperaturas: floración, desarrollo de bulbos, desarrollo de hijuelos, entre otros (ejemplos: trigo, manzana, cebolla). Esta respuesta se conoce como vernalización.

Derivado de las temperaturas cardinales, la ciencia agronómica ha desarrollado las diferentes fechas de siembra que determinan los ciclos agrícolas de los cultivos según la zona de producción en cuestión. En los calendarios agrícolas de las diferentes regiones, se clasifican las plantas de acuerdo a su periodo de cultivo; a decir: ciclo Otoño-Invierno y Primavera-Verano (tabla 3.24).

La competitividad y rentabilidad económica de la agricultura comercial para un ciclo de cultivo en particular estará en función de la medida en que la temperatura ambiental esté lo más cercana posible al óptimo, desde la siembra del cultivo hasta su recolección.

Las plantas cultivadas presentan una serie de mecanismos muy interesantes en respuesta a las temperaturas extremas. En los sistemas agrícolas bajo riego, las bajas temperaturas son las que más frecuentemente provocan daños y pérdidas económicas.

Ciclo	Especies
Primavera-Verano	Algodón, Cebolla, Brócoli, Calabacita, Chile verde, Lechuga, Melón, Papa, Sandía, Sorgo, Tomate, Zanahoria.
Otoño-Invierno	Trigo, Alfalfa, Cebolla, Tomate, Fresa, Chile, Cártamo, Brócoli, Calabacita, Cártamo, Ajo, Cebada, Lechuga, Sandía, Zanahoria.
Perennes	Uva, Olivo, Esparrago, Alfalfa, Naranja, Limón, manzana, Nopal, Nuez, Dátil.

Tabla 3.24. Fechas de cultivo de las principales especies vegetales por ciclo agrícola en el estado de Baja California (Fuente: Información Estadística Básica 2011. Oficina Estatal de Información para el Desarrollo Rural Sustentable. Gobierno del estado de Baja California y Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. [http://www.oeidrus-bc.gob.mx/oeidrus\\_bca/](http://www.oeidrus-bc.gob.mx/oeidrus_bca/)).

Descensos bruscos en la temperatura, como las registradas en el año 2011 en el noroeste del país, a consecuencia de la entrada de un frente frío, que provocó descensos en la temperatura que oscilaron entre 2°C y -4°C, causaron pérdidas en la cosecha pronosticada de maíz en el estado de Sinaloa, en cerca de doscientas mil toneladas, que junto con las afectaciones de la superficie sembrada con hortalizas, principalmente tomate y chile, ocasionaron pérdidas económicas de alrededor de treinta mil millones de pesos, solo para ese estado (CNA, 2011).

La tolerancia a las bajas temperaturas depende de la especie vegetal y la etapa de crecimiento en que el cultivo se encuentre al momento del estrés térmico. En general, las plantas originarias de hábitats cálidos (maíz, tomate, algodón, pepino, etc.), manifiestan daño a temperaturas inferiores a los 10°C, asimismo, temperaturas menores a los 5°C provocan daños en la mayoría de las plantas cultivadas, especialmente si se encuentran en la etapa reproductiva (Hall, 2001). La severidad de los daños dependerá de la intensidad de la baja temperatura así como la duración del periodo de afectación. Las manifestaciones fisiológicas de daño van desde leves (decoloraciones, quemadura de ápices), hasta fuertes (quemadura de hojas, flores y frutos, hasta marchitez total).

En relación al efecto de las altas temperaturas, las plantas cultivadas son altamente tolerantes a las mismas, sobre todo si se cuenta con buena humedad en el suelo disponible para las plantas. Como se discutió anteriormente, para la mayoría de las plantas, temperaturas superiores a los 45°C, son motivo de daño a las mismas. La manifestación de estos daños es similar al daño por heladas.

Muchas plantas cultivadas evitan el daño por sobrecalentamiento orientando sus hojas a una posición vertical y enrollándolas, para minimizar la superficie foliar expuesta al sol, asimismo, hay un cierre de células es-



tomáticas, que son las aberturas naturales de salida de vapor de agua y de esta forma minimizar la deshidratación (Nobel, 2005).

## ■ Agua

El agua es requerida por todas las especies vegetales por tres razones básicas: 1) es un elemento indispensable en las células de los diferentes órganos y tejidos vegetales, 2) es el medio de transporte de nutrientes del suelo a los diferentes órganos y tejidos, y 3) constituye, mediante la transpiración, la forma en que la planta regula en cierta medida su temperatura (Hay y Porter, 2006).

En la agricultura bajo temporal, la precipitación pluvial es la fuente exclusiva de agua para los cultivos. En los sistemas de agricultura bajo riego, el agua de lluvia abastece los ríos, cuencas y acuíferos, los cuales posteriormente abastecerán los canales de riegos y/o pozos de los diferentes distritos de riego.

El daño a los cultivos es tanto por ausencia de agua (sequía), así como por exceso debido al desbordamiento de ríos, trombas y ciclones, siendo más frecuentes los daños por sequía. Actualmente, los requerimientos de agua para los diferentes cultivos están perfectamente definidos. Estos dependen principalmente de la tasa de transpiración y de formación de biomasa, así como del tiempo en que tardan en completar su ciclo productivo, lo que a su vez está influenciado por la temperatura ambiental. Como regla general, los cultivos de zonas cálidas requieren de mayor cantidad de agua que los establecidos en zonas templadas.

Como consecuencia directa de la falta de agua, las plantas sufren una reducción en su rendimiento, esta reducción está en función de la severidad del periodo de sequía y del momento fenológico de la planta en que esto ocurre. En general, la vida de una planta se divide en dos grandes etapas: vegetativa (formación de tallos) y reproductiva (formación de flores y frutos). Periodos de sequía en la etapa vegetativa ocasionan una reducción en el crecimiento, sobre todo el crecimiento de hojas, y el rendimiento se ve afectado al reducir la cantidad de flores y frutos que la planta va a formar durante su etapa reproductiva; periodos de sequía durante la etapa reproductiva ocasionan caída de flores y frutos, o reducción en el peso y calidad de los mismos. La severidad de las sequías puede ocasionar inclusive la muerte de las plantas (Gardner et al, 2003).

Estudios de Soto y Sandoval (2010), en variedades de trigo sembradas en el valle de Mexicali y sometidas a diferentes niveles de estrés hídrico en diferentes estados de desarrollo de la planta, mostraron reducciones en el rendimiento de grano que fluctuaron del 10 al 65%. Los estudiosos de la agricultura, utilizan el término, punto de marchitez permanente (PMP), para definir el estado de tensión de agua en el suelo, más allá del cual la planta entra en un estado de marchitez del cual no puede recuperarse; por otra parte, capacidad de campo del suelo, define el estado de tensión de agua del suelo, donde la planta encuentra las condiciones óptimas de humedad en el suelo para su desarrollo, ambas constantes del suelo son sumamente importantes en la agricultura moderna (Lambers et al, 1998).

El exceso de agua, por otra parte, ocasiona estrés por falta de oxígeno, el agua satura los espacios porosos del suelo y desplaza el aire contenido. Si el período de inundación es prolongado (generalmente 24 horas), la planta empieza a sufrir los efectos de la falta de oxígeno en las raíces, lo cual limita la respiración, la absorción de nutrientes y otras funciones críticas de las raíces.

## ■ Viento

La influencia del viento sobre las plantas es mayormente de tipo mecánico, el viento es importante para promover la dispersión de las semillas en plantas silvestres, así como para polinización en aquellas plantas que requieren del viento como medio de transporte del polen (maíz, sorgo). El daño por viento resulta de una variedad de fenómenos meteorológicos que incluyen huracanes, tornados, tormentas y cambios naturales en la presión atmosférica debido a la diferencia en la temperatura de la superficie del suelo y del aire (Nobel, 2005). Corrientes

de aire mayores a  $17\text{ms}^{-1}$  provocan daños que van desde deshidratación de las plantas, deformación, hasta caída de las mismas, especialmente plantas de tallos herbáceos o semileñosos, con predisposición a quebrarse. Para el caso de los cereales como el trigo y la cebada, este fenómeno de deformación de los tallos por efecto de vientos fuertes se denomina “acame” y es factor importante de reducciones en el rendimiento de estos cereales. En las zonas agrícolas con presencia de vientos, como la zona de las costas, donde la velocidad del viento puede promediar valores tan altos como  $7\text{ms}^{-1}$ , se hace necesario disponer de barreras o cortinas plásticas para impedir daños por este factor climático.

## 3.7.2 Ganadería

Actualmente se reconoce al cambio climático como la mejor ilustración científica disponible para la explicación de temperaturas globales excepcionalmente elevadas en los últimos 50 años. Además, algunos valores han sido los más altos del último milenio, en un periodo en el que los ciclos de temperatura terrestre asociados a los parámetros orbitales y del eje planetario deberían estar iniciando un efecto contrario, es decir, un periodo de frío.

En los últimos 50 años la población mundial se ha pasado de 3,000 millones de habitantes en 1959 hasta 6,700 millones de personas en 2009. Se estima que en los próximos 40 años aumentará un 50% más y podría alcanzar 9,100 millones de habitantes en 2050. El sector agropecuario estará sujeto a una enorme presión debido a que debe responder a la demanda de alimentos generada por esta población que se triplica. Por tanto, el objetivo es aumentar la productividad agropecuaria para garantizar la seguridad alimentaria, a la vez de mantener la base de recursos naturales y responder al reto del cambio climático a través de medidas de mitigación y adaptación. Las emisiones de gases efecto invernadero en Baja California han experimentado un mayor crecimiento respecto a las emisiones nacionales. No obstante, la población ha crecido aún más rápido, por lo que las emisiones de gases efecto invernadero per cápita en Baja California no han alcanzado el nivel nacional.

Considerando que el ganado bovino es el de mayor presencia e importancia económica en el estado de Baja California, este capítulo se centrará en este tipo de ganado como el mayor contribuyente al cambio climático. Las consecuencias de mayor impacto por este factor en la ganadería del estado son la escasez de agua, patrones irregulares en la precipitación, así como un aumento en el estrés térmico derivado de las altas temperaturas.

### 3.7.2.1 Cambio climático y gases efecto invernadero

El efecto invernadero es uno de los principales factores que provocan el calentamiento global de nuestro planeta debido a la acumulación de los llamados gases de efecto invernadero (GEI) emitidos hacia la atmósfera. Dentro de estos gases se incluyen al dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), metano ( $\text{CH}_4$ ), óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ) y clorofluorocarbonados (CFC). La presencia de estos gases en la atmósfera provoca un incremento en la temperatura del aire debido a que estos gases permiten el paso de la radiación solar, pero absorben una parte de la irradiación infrarroja expedida desde la tierra. El aumento en la producción de GEI por la actividad humana (agricultura, ganadería, transporte, industria, etc.), ha provocado un aumento sustancial de las emisiones totales, sobre todo durante los últimos años, con la resultante alarma sobre las consecuencias de un recalentamiento global.

El poder de captación de radiación es variable entre los distintos GEI, de tal forma que no obstante los gases  $\text{CH}_4$ ,  $\text{N}_2\text{O}$  y CFC se encuentran en la atmósfera en concentraciones muy por debajo de las del  $\text{CO}_2$  (200 veces menor en el caso de  $\text{CH}_4$ ), su contribución al efecto invernadero alcanza niveles muy significativos, 18.6 y 14%

respectivamente, en relación al 49% de contribución del CO<sub>2</sub> (tabla 3.25).

El cambio climático impacta negativamente a todos los elementos básicos de la producción de alimentos, como el suelo, el agua y la biodiversidad. En forma globalizada y considerando la seguridad alimentaria, afecta la disponibilidad de alimentos, el acceso a los mismos, la estabilidad en su suministro y la capacidad de los consumidores para utilizar los alimentos considerando su inocuidad y valor nutritivo (figura 3.22).

Gas	PRG
Dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> )	1
Metano (CH <sub>4</sub> )	21
Óxido Nitroso (N <sub>2</sub> O)	310

Tabla 3.25. Poder de recalentamiento global (PRG) de distintos gases con efecto invernadero en base a equivalentes- CO<sub>2</sub>



Figura 3.22. El Cambio Climático, un reto esencial para la seguridad alimentaria. (Adaptado de FAO, 2006)

Se estima que el ganado criado en explotaciones pecuarias (ganadería intensiva o estabulada) representa la mayor fuente de emisiones de metano y óxido nitroso causadas por el hombre en nuestro planeta. Es un problema complejo debido a que se trata de estudiar cómo la ganadería es afectada por el cambio climático, cuando al mismo tiempo la ganadería es parte del problema al generar GEI.

#### 3.7.2.2 Producción de GEI por el ganado

Hoy en día, un reto fundamental de la agricultura es encontrar el balance ideal entre una producción creciente de alimentos y la preservación de los recursos naturales. Es probable que los problemas ambientales que se relacionan con la ganadería puedan ser resueltos rápidamente reduciendo el consumo de sus productos como lo han sugerido algunos ambientalistas. Sin embargo, la probabilidad de disminuir la demanda mundial de alimentos es prácticamente nula y, además, billones de personas con bajos recursos económicos tienen el derecho a mejorar sus dietas. El consumo de carne, leche y otros productos de origen animal es algunas veces caro y se limita a ciertas clases sociales, pero la demanda de estos productos continúa en aumento por su alto valor nutricional y buen sabor.

La ganadería puede dañar la tierra y la vegetación de distintas formas, pero también existen muchos ejemplos de un balance ambiental y de sus contribuciones positivas. El ganado interactúa con la tierra (que incluye el suelo y la vegetación), el agua, el aire y la biodiversidad animal y vegetal. Alrededor del 26% del área de nuestro planeta es utilizado por el ganado en pastoreo. Además, el 21% de la tierra apta para la agricultura es usada para la producción de cereales que se usan como alimento para el ganado. Esto provoca que el ganado produzca aproximadamente 13 billones de toneladas de desechos, no obstante que la mayoría de estos desechos son reciclables, en zonas con gran concentración de ganado se consideran un grave problema ambiental. El ganado en pastoreo puede afectar el balance de agua en ciertas áreas, ya que el agua se necesita para la producción de forrajes y granos, para su consumo por el ganado y para drenar los excedentes de desechos y químicos utilizados. El ganado y los desechos producidos por éste, causan emisiones de gases que impactan directamente el ambiente en forma local y global.

Algunos científicos han determinado que la ganadería es responsable de la generación del 9% de las emisiones de CO<sub>2</sub> creadas por el hombre, del 37% de las emisiones de CH<sub>4</sub> y del 67% de las emisiones de N<sub>2</sub>O. El metano es un potente gas con efecto invernadero (GEI) y su liberación a la atmósfera está directamente relacionada con la producción animal, particularmente con la explotación de rumiantes.

A nivel mundial, la mayoría de la producción de gas metano en la agricultura se atribuye a los rumiantes (bovinos, caprinos y ovinos, principalmente), ya que los mono-gástricos (porcinos y aves) tienen una contribución poco significativa. De hecho, los bovinos contribuyen con el 73% de las 80 millones de toneladas métricas de metano originadas anualmente por la producción animal. Este escenario es similar al presentado en el estado de Baja California.

Las emisiones de metano son el resultado de la fermentación microbiana del alimento dentro del rumen y representa una pérdida en la producción de energía por parte del animal. Esto se debe en parte a la capacidad que tiene el ganado de digerir los carbohidratos estructurales de las plantas, una particularidad de los rumiantes. El desarrollo de esta función es posible gracias a los microorganismos presentes en el tubo digestivo, particularmente en una región llamada retículo-rumen, la cual se considera como una cámara que mantiene un ambiente favorable para la fermentación anaerobia. Esta sección, que es un pre-estómago de los rumiantes, mantiene ciertas condiciones específicas para llevar a cabo esa función, como son: un aporte apropiado de sustratos, mantenimiento de un adecuado potencial óxido-reducción, mantenimiento de una temperatura entre 39 y 40°C, una osmolaridad alrededor de 300 mosm, así como un pH entre 6 y 7. Estas condiciones permiten a esta región del tracto-digestivo

eliminar los desechos no digeribles, los microorganismos y los ácidos grasos volátiles producidos durante la fermentación, la cual se lleva a cabo mediante un patrón de contracciones originadas en el retículo. Asimismo, estas contracciones también participan en la expulsión del eructo. Debido a la fermentación ruminal se producen distintos gases que son eliminados a través del eructo, tanto por las fosas nasales y por la boca. Se estima que un bovino adulto produce entre 30 y 50 L/h y un ovino 5 L/h aproximadamente. Los principales gases formados son: bióxido de carbono (60-70%), metano (30-40%), nitrógeno (7%), oxígeno (0.6%), hidrógeno (0.6%) y ácido sulfhídrico (0.01%). Los rumiantes y sus microorganismos del tubo digestivo han evolucionado conjuntamente durante millones de años y la producción de metano es un mecanismo refinado que mejora el aprovechamiento de los forrajes ingeridos por el animal.

La producción entérica del metano proviene principalmente de la fermentación microbiana de los carbohidratos hidrolizados presentes en la ración como la celulosa, hemicelulosa, pectina y almidón. Este proceso de fermentación se presenta en el tracto-intestinal de rumiantes y no rumiantes, así como en pilas de estiércol acumulado. La fermentación de los constituyentes del alimento en los distintos compartimentos gástricos de los rumiantes y que dan lugar a la formación de metano. Los sustratos más importantes que intervienen en la metanogénesis son el H y el CO<sub>2</sub>. Sin embargo, en dietas con alto contenido de proteína, la fermentación microbiana se deriva de los aminoácidos, los cuales producen como productos finales amoniaco, ácidos grasos volátiles, CO<sub>2</sub> y CH<sub>4</sub>.

Los granos de cereales con una alta proporción de endospermo harinoso (trigo, cebada y avena), son más fácil y rápidamente fermentados en el rumen que los que contienen una proporción similar de endospermo harinoso y endospermo córneo (maíz y sorgo). Por tanto, el tipo de concentrado que se proporciona en la ración implica cambios en la acidez ruminal y en el tipo de fermentación (acetato-propionato) resultante y, como consecuencia, en la cantidad de CH<sub>4</sub> producido. Se ha observado que la sustitución de grano de cebada por grano de maíz reduce las emisiones de metano desde 4.0 hasta 2.8% de la energía bruta ingerida en concentrados para novillos en engorda intensiva. De la misma forma, el uso de fuentes poco lignificadas (como cascarilla de soya, pulpa de remolacha o forrajes jóvenes de alta calidad) provocan una mayor tasa de fermentación y de producción de metano que el de forrajes maduros o subproductos altamente lignificados. De hecho, el uso de fuentes de fibra lignificadas en las raciones para rumiantes se ha sugerido como una forma de reducir las emisiones de metano.

El procesado de los forrajes supone una disminución en el tamaño de sus partículas y, por tanto, una mayor tasa de pasaje, menor tiempo de permanencia en el rumen y una menor tasa de fermentación. Además, la molienda del forraje produce un menor tiempo de rumia, una acidificación del contenido ruminal y una reducción en la relación ácido acético-ácido propiónico, lo que resulta en un efecto adicional sobre la disminución en la producción de metano.

### 3.7.2.3 Contribución de la ganadería al cambio climático

En el año 2006, la FAO (Food and Agriculture Organization) presentó un informe en el cual aseguraba que del total de las emisiones de GEI en el mundo, el 18% eran producto de la ganadería, cantidad que no sólo era bastante significativa a nivel mundial, sino incluso mayor que la generada por el área de transporte (cantidad calculada en su equivalente de CO<sub>2</sub>). Esta información tuvo repercusiones importantes en todo el mundo, ya que se proyectaba un aumento en los alimentos de origen animal causado por un aumento importante en la población del mundo, proyectando de 6,000 a 9,300 millones de habitantes para el año 2050. El futuro se vislumbraba dramático considerando que la ganadería tendría que crecer a un ritmo acelerado para cubrir esta fuerte demanda de alimentos. Por otro lado, se generó una gran polémica debido a que los ambientalistas iniciaron intensas campañas en contra del consumo de estos productos, carne de res principalmente, lo cual repercutió inmediatamente en la industria agropecuaria mundial.

Ante esta perspectiva, se realizaron una serie de investigaciones en algunos países como Estados Unidos y Australia, tendientes a comprobar esta información divulgada por la FAO. Los resultados encontrados mostraron que, en el estado de California, E.U, la ganadería contribuía con apenas el 3% del total de GEI generados en ese estado, atribuyéndose del 1 al 1.5% al ganado bovino, por lo que dejar de consumir leche o carne de bovinos no repercutiría en la reducción de la emisión de GEI. Es importante señalar que el estado de California es el mayor productor de leche en Estados Unidos, por lo que cuenta con la mayor población de ganado lechero en ese país. Por otro lado, los resultados observados en Australia concluyeron que la producción de carne de res obtenida de animales explotados en confinamiento o engordas produjo menos GEI que los bovinos explotados en agostaderos o en áreas extensivas de pastizales (9.9 vs. 12 kg de CO<sub>2</sub> por kg de carne producida, respectivamente). Los autores de este estudio concluyeron que el ganado explotado en corral es más eficiente desde el punto de vista energético debido a su elevada conversión alimenticia y a su mayor tasa de digestibilidad de alimentos, que al consumir menos forraje en sus raciones contribuyen con una menor generación de GEI.

Mientras que una desventaja es la producción de pastos por su mayor emisión de gases en respuesta a la mayor ingesta de fibra, una ventaja es que el suelo es el mayor secuestrador de carbono. Al colocar un animal sobre el suelo, se aumenta la actividad microbiana, lo que incrementa la captura de carbono. El problema sería el sobrepastoreo, aunque si la carga animal es la correcta, las plantas y el estiércol interactúan de manera favorable en el suelo.

Otros aspectos a considerar son el tipo de alimento y la edad del ganado. Los animales de mayor tamaño o de mayor edad tienden a producir mayor cantidad de metano que animales jóvenes o pequeños. Por otro lado, cuanto menos digestible es el alimento del ganado, más metano se produce, como lo representa el caso del ganado alimentado con alto contenido de fibras y bajo nivel energético. Por tanto, alimentos de alta digestibilidad (ensilados, aceites de pescado, ionóforos) junto con una reducción de la edad promedio del ganado en producción provocarían una inmediata reducción en las emisiones de metano. También se está desarrollando un nuevo forraje que ayudará a reducir las emisiones de gas metano producido por el ganado al eliminar de esta hierba la enzima O-metil transferasa, lo cual provocará aumentar la digestibilidad y así disminuir la producción de metano.

En general, se estima que una vaca produce 20 veces más la cantidad de excremento que produce un ser humano, por lo que mil vacas podrían producir la misma cantidad de este tipo de desecho orgánico que generaría una ciudad de 20,000 habitantes. En la mayoría de los establos lecheros, las excretas se acumulan en lagunas artificiales para posteriormente utilizarse como abonos en cultivos agrícolas. Estos depósitos de estiércol producen una gran cantidad de contaminantes, ya que los establos carecen de una tecnología apropiada para tratar estos desechos de una manera adecuada y oportuna.

Una investigación realizada en México indica que las emisiones promedio de metano producidas por el ganado en CO<sub>2</sub> equivalente fueron de 34, 241 Gg durante los años 1990 a 2002, correspondiendo el 89% al ganado bovino productor de carne y de doble propósito, el 10% al ganado lechero y el 1% al resto de las especies domésticas. Por otro lado, las emisiones de óxido nitroso se mantuvieron alrededor de 6 Gg para el mismo periodo de tiempo.

Podemos concluir que el metano producido por el ganado es en realidad una fuente de energía que es desperdiciada, y aprovechar esta energía implica también una mayor productividad y una menor contaminación del ambiente. El uso de dietas con un balance adecuado entre fibra y energía permitiría lograr ambos objetivos.

#### 3.7.2.4 Adaptación del ganado al clima

Todos los animales responden a los cambios en su ambiente natural a través de alteraciones fisiológicas y fenotípicas. Aún la fauna silvestre experimenta condiciones que se alteran continuamente, por lo que su sobrevivencia depende de su capacidad para adaptarse a las nuevas circunstancias de su entorno. Bajo esta perspectiva,

si una especie observa que su existencia está siendo amenazada en cierta zona por la falta de alimento, por inclemencias climáticas, por la presencia de nuevos depredadores u otra razón, puede simplemente trasladarse a otra área más favorable y sobrevivir sin tener que experimentar cambios genotípicos o fenotípicos.

Si un genotipo produce un cambio en el fenotipo que vuelve al organismo más apto para un ambiente particular, los individuos que posean este rasgo particular deben tener más posibilidades de dejar descendencia en la próxima generación. La adaptación mediante modificaciones genéticas es un proceso largo que abarca varias generaciones y es esencial para la sobrevivencia de especies salvajes. A través de la selección natural, los animales desarrollan genotipos que representan diversos fenotipos fisiológicos y morfológicos que le permiten continuar reproduciéndose y así sobrevivir en ese ambiente. Así pues, las especies están en armonía con el ambiente y poseen una diversidad genética que les permite adaptarse a condiciones climáticas cambiantes.

Sin embargo, las especies ganaderas modernas y altamente especializadas, es decir, bajo condiciones de confinamiento y alta productividad, han sido mejoradas científicamente a través del tiempo para maximizar unos pocos caracteres fenotípicos, por lo que poseen una base genética mucho más estrecha que sus antepasadas especies salvajes. Por tanto, la intervención humana debe protegerlas de los extremos ambientales a pesar de que se han adaptado exitosamente a distintas regiones ecológicas y diferentes sistemas de producción con condiciones de alimentación muy variadas y de que aún pueden ajustarse a cambios de corta duración en su ambiente normal. Considerando que en Baja California el principal problema está relacionado con las altas temperaturas, las cuales afectan esencialmente a la zona valle, pero que la zona costa está empezando también a experimentar, esta discusión se centrará en los mecanismos fisiológicos de adaptación de los rumiantes al estrés por calor.

Cuando la temperatura ambiental excede los 25°C, el ganado recurre a una serie de mecanismos termoregulatorios para mantener sus signos vitales y nivel productivo. Algunos de estos mecanismos son aumento del flujo sanguíneo desde los órganos internos hacia los tejidos periféricos, aumento del sudor y el jadeo, reducción del consumo de alimento y de la absorción de nutrientes, aumento en el consumo de agua, todo lo cual afecta negativamente la productividad general del ganado (producción de carne y leche, reproducción y crecimiento).

La estimación del impacto de las condiciones ambientales que rodean a un animal sobre su productividad se realiza a través del Índice Temperatura-Humedad (ITH), el cual combina la temperatura del aire y la humedad relativa para proporcionar un valor que indica el grado de estrés térmico que sufre el animal. Se ha observado una mayor tolerancia al calor en ovinos, ya que en esta especie se estima que el nivel de ITH al cual inicia el estrés calórico es entre 80 y 82 unidades, mientras que en bovinos se ha estimado entre 72 y 75 unidades.

En general, se reconocen tres estrategias para reducir los efectos negativos del estrés calórico en el ganado: a) cambios en la alimentación, b) innovaciones genéticas en los animales, y c) modificaciones medio ambientales. Estas estrategias pueden ser utilizadas de manera individual, aunque combinándolas los resultados pueden ejercer mayor influencia en la productividad del ganado.

La primera de ellas se refiere a cambiar la frecuencia en el suministro de las raciones a los animales y en los ingredientes a utilizar durante la época de verano. La disminución en el consumo de alimento es el factor más importante que provoca una reducción en la productividad del ganado y es una respuesta de éste por reducir su temperatura corporal en ambientes cálidos. Siempre que el consumo de alimento disminuye debido al estrés calórico, se debe aumentar la concentración de nutrientes para asegurar un consumo adecuado de nutrientes que cubra los requerimientos del ganado. Por tanto, se debe alimentar al ganado en horas frescas del día para que aproveche al máximo los nutrientes contenidos en la ración, así como proveer fácil acceso a agua fresca, ya que esta es una forma rápida y eficiente de reducir su temperatura corporal. También se debe evitar proporcionar forraje de mala calidad o en exceso que permanezcan mucho tiempo fermentándose en el rumen, pero tampoco se debe abusar de las fuentes de hidratos de carbono de fácil fermentación ruminal porque el rumen se vuelve más propenso a la acidosis. El uso de grasas de sobrepaso puede ser una buena alternativa porque no se fermentan en el rumen

y aumentan la densidad energética de la dieta, pero algunas grasas reducen el consumo de materia seca, porque deben elegirse grasas de origen vegetal que evitan este tipo de problemas.

Dentro de las modificaciones ambientales, el uso de sombras con materiales frescos es una recomendación básica para evitar el estrés por calor. Estas deben colocarse en los corrales y comederos para evitar la radiación sobre los animales. En regiones con problemas de altas temperaturas en verano, es necesario instalar sistemas de enfriamiento con aspersores y abanicos que permitan la pérdida de calor corporal a través del mecanismo de evaporación. Estos equipos son de alta inversión inicial, no obstante se ha demostrado que bajo condiciones del valle de Mexicali, en un periodo de dos años se recupera la inversión inicial, de acuerdo con estimaciones de investigadores del Instituto de Ciencias Agrícolas de la UABC, por lo que representa una alternativa económicamente viable para el productor de leche.

Desde el punto de vista genético, es posible identificar animales con mayor adaptación a los climas cálidos y seleccionarlos como reproductores, ya que son rasgos que presentan heredabilidad media-alta y pueden responder a la selección. Otras innovaciones genéticas se centran en la selección de animales con color de pelaje claro, lo cual refracta los rayos solares y reduce la ganancia de calor por radiación en este tipo de animales. El uso de cruzamientos incluyendo rasgos de razas con tolerancia al calor (*Bos indicus*) con razas altamente productoras de carne o leche (*Bos taurus*), también es una alternativa que puede representar ventajas para los productores en zonas con problemas de altas temperaturas.

#### 3.7.2.5 Cambio climático y las enfermedades del ganado

La globalización y el cambio climático han tenido un enorme impacto a nivel mundial en el surgimiento y re-surgimiento de enfermedades en animales y en la zoonosis (conjunto de enfermedades que son transmitidas por animales e insectos al ser humano). El cambio que se está experimentando en el clima está afectando los ecosistemas al proporcionar un ambiente propicio para la presencia de enfermedades infecciosas que permiten que los virus, bacterias y hongos causantes de enfermedades se transporten hacia nuevas áreas donde pueden dañar a la fauna silvestre y a la ganadería. Como ejemplos de esta situación tenemos enfermedades que en el pasado se limitaban a zonas tropicales se están extendiendo actualmente a otras áreas que antes eran más frescas, como es el caso de la malaria. También la aparición de algunos patógenos que estaban restringidos a ciertos patrones climáticos estacionales pueden invadir otras áreas nuevas y encontrar nuevas especies susceptibles de ser infectadas conforme el clima se vuelve más cálido o el invierno menos frío.

Existe evidencia de que el aumento en la ocurrencia de enfermedades tropicales infecciosas en zonas de latitudes medias está asociado al calentamiento global. Las enfermedades transmitidas por insectos también están actualmente apareciendo en zonas templadas donde los insectos vectores no existían en el pasado, como la anaplasmosis y tripanosomosis. En el caso de seres humanos, también se ha incrementado el riesgo de estas enfermedades transmitidas por insectos, como la malaria, el dengue y la fiebre amarilla.

Por tanto, es posible que se presente un avance de plagas y enfermedades portadas por vectores hacia zonas donde antes no existían, lo cual representa un riesgo para la seguridad alimentaria, principalmente en zonas rurales, consideradas como las zonas más vulnerables en el estado de Baja California.

#### 3.7.2.6 Escenarios del cambio climático y la ganadería en Baja California

El estado de Baja California se considera una región vulnerable al cambio climático debido a que los



resultados preliminares del Plan de Acción Climática de Baja California prevén un aumento en la temperatura media anual de 1°C y una disminución en la precipitación pluvial anual promedio de 12% para los próximos 20 años. Este panorama no es nada halagador y afectará negativamente a las actividades agropecuarias. Se pronostica que las sequías serán más prolongadas y los patrones de precipitación variarán aún más, esto es, con patrones de ocurrencia muy erráticos. Con mayores temperaturas durante el verano e invierno, las prácticas agronómicas de los cultivos que sirven como alimento para la ganadería sufrirán cambios importantes para mantener un rendimiento aceptable.

**Escenario Agua.** Si se presenta un periodo de sequía muy extenso, el agua destinada para el riego de cultivos con alto consumo de agua será limitada. Entre estos cultivos se tiene la alfalfa, que es considerada el principal ingrediente forrajero en las raciones para los rumiantes por su alto valor nutricional. Esto impactará negativamente en la productividad del ganado debido a que es un forraje difícil de reemplazar por su alto valor nutritivo. Este problema puede agravarse si la carencia de agua de riego abarca otros cultivos con menos requerimientos de agua pero que también forman parte de las dietas del ganado como son trigo, avena, algodón, sudán, sorgo forrajero y rye-grass. Asimismo, el área destinada al establecimiento de praderas tanto de invierno como de verano también estaría disminuida por la falta del vital líquido para su irrigación. Entre estos cultivos tenemos al rye-grass y bermuda, en invierno y verano respectivamente.

La ganadería de bovinos de engorda en corral concentrada en el valle de Mexicali, así como la ganadería de bovinos productores de leche concentrada en la zona costa y en menor escala en el Valle de Mexicali, se proyectarían con problemas de falta de abasto de ingredientes para sus respectivas dietas, mermando en la cantidad y calidad de la leche y en la carne que se producen en esta región.

Es importante señalar que la ganadería figura entre los sectores más perjudiciales para el recurso agua en cuanto a la contaminación, donde los principales agentes contaminantes son los desechos del ganado, antibióticos, hormonas, así como los fertilizantes y pesticidas usados para fumigar los cultivos forrajeros. Además, favorece la eutrofización, la proliferación de biomasa vegetal por la presencia excesiva de nutrientes y destruye los arrecifes de coral en el mar.

**Escenario Temperatura.** Por otro lado, temperaturas más cálidas durante los veranos siguientes pronostican un mayor uso de alternativas para mitigar el estrés calórico que se genera en los rumiantes durante la temporada de verano. Esto implica cambios en la alimentación y la necesidad de adoptar medidas tendientes a la instalación de equipos de enfriamiento para ayudar a mantener una producción constante a través del año. La zona costa ha estado experimentando cambios importantes en las temperaturas al sentirse la necesidad de implementar sombras en los corrales para ganado, aspecto que anteriormente no se había considerado por la estabilidad en las temperaturas a través de los distintos meses del año. Zonas como el Valle de Las Palmas han experimentado temperaturas por encima de 40°C en verano, por lo que la ganadería de leche y carne establecida en esta región sufriría de los estragos del estrés por calor si no se toman las medidas necesarias de mitigación.

Por tanto, una disminución en el rendimiento de las cosechas y un aumento en el número de muertes de cabezas de ganado representan una pérdida económica importante que impactan negativamente en la seguridad alimentaria del estado. Es muy posible que los efectos producto de este cambio en la agricultura y ganadería se intensifiquen a medida que continúe el calentamiento global.

Estos escenarios podrían también vaticinar una re-localización de la ganadería, principalmente la dedicada a la producción de leche, ya que la zona de El Florido, donde está establecida la mayor parte de la población lechera en el estado y que se encuentra entre las ciudades de Tecate y Tijuana (alrededor de 30 mil animales), está siendo cada vez más insuficiente para satisfacer la demanda de agua generada por estas explotaciones lecheras de esta zona, a su vez que la mancha urbana está exigiendo estos terrenos para la construcción de fraccionamientos residenciales. Esta situación implicaría que las explotaciones lecheras se mudaran hacia el Valle de Mexicali, donde existe suficiente espacio para su establecimiento, relativamente suficiente agua para su manutención y

aprovechar la gran producción de ingredientes que se utilizan en las raciones de este tipo de ganado. No obstante, el pronóstico tendiente a aumentar las temperaturas sería un inconveniente para esta re-ubicación del ganado lechero.

## 3.7.3 Principales impactos del cambio climático en la producción agrícola y ganadera

Los impactos principales del cambio climático tienen que ver con alteraciones en la estacionalidad e intensidad de las lluvias y sequías, severidad y redistribución de los Fenómenos Hidrometeorológicos Extremos (FHE); la disponibilidad de humedad en los suelos y en sus condiciones biológicas, físicas y químicas; la reducción de horas frío y aumento de horas calor; entre otros.

### ■ En la producción agrícola:

La actividad puede reducirse drásticamente ante los cambios en la disponibilidad y calidad del agua y en la distribución y dinámica poblacional de plagas, enfermedades y sus especies depredadoras, así como de las especies polinizadoras de cultivos, parásitas o comensales.

### ■ En la producción pecuaria:

El grave riesgo de pérdidas por incremento de enfermedades y plagas, el cambio de zonas ganaderas con alto grado de especialización (cuencas lecheras, zonas porcícolas, regiones avícolas)

### ■ El caso de la Vid, impactos del incremento de la temperatura.

#### ■ En las hojas:

- Adelanto de las fases de crecimiento vegetativo.
- Anticipación y acentuación del término de crecimiento.
- Reducción del crecimiento y del área foliar.
- Pérdidas de pigmentos.

#### ■ En calidad de las uvas:

- Pérdidas de peso.
- Pasificación.
- Exceso de azúcares y de alcohol.
- Pulpa con madurez industrial excesiva cuando se pretende madurez aromática de piel y semilla.
- Oxidaciones.

#### ■ En la producción:

- Disminución del rendimiento.
- Adelanto de las fases de crecimiento y maduración.
- Adelanto de la vendimia (cosecha).

## ■ Cambios en el estilo de los vinos

- Se volverán más alcohólicos, aumentará el pH y bajará la acidez natural.
- Algunos tintos perderán coloración.
- Algunos perderán el sabor característico.
- Los blancos perderán tipicidad varietal.
- Probablemente la proporción de tintos contra los blancos se incrementará.

## ■ Emisión de Gases Efecto Invernadero (GEI).

En agricultura y ganadería, se consideran las emisiones de GEI procedentes de tres fuentes:

- Fermentación entérica y manejo de estiércol de ganado doméstico: Metano ( $\text{CH}_4$ ) y óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ).
- Quema en campo de residuos agrícolas: metano, monóxido de carbono ( $\text{CO}$ ), óxido nitroso y óxidos de nitrógeno ( $\text{NO}_x$ ).
- Suelos agrícolas: emisiones directas de óxido nitroso, de los dedicados a la producción animal y las provenientes del nitrógeno directamente utilizado en la agricultura, como la urea y el amoníaco.

En octubre de 2007, a través del Centro Mario Molina, se hicieron estimaciones de emisiones de GEI provenientes de las actividades primarias -agropecuarias, silvícolas y agostadero (USCUSS)- para el año 2005, empleando la metodología propuesta y validada por el IPCC. La estimación hecha de las emisiones superó las 1,315 toneladas equivalentes de Metano y más de 5,650 de Óxido Nitroso.

## 3.8 Turismo



### 3.8.1 Introducción

De manera constante, el clima ejerce una gran influencia en la naturaleza y en la sociedad. El tipo de clima que cada lugar o región tiene marca de manera preponderante el tipo de flora y fauna presentes, la existencia o no de recursos hídricos, el tipo de agricultura o cultivos que se pueden desarrollar y repercute también, aunque quizá no de manera consciente, en las prácticas y costumbres de las sociedades.

La importancia que representa el clima para algunas actividades económicas primarias como la agricultura, la pesca y la ganadería es muy evidente. No obstante el clima representa un activo muy importante para el turismo, porque en función de él es posible la existencia de ciertos recursos naturales básicos para el desarrollo de la actividad como son la vegetación, la temperatura, los días soleados, las actividades en destinos de sol y playa o de nieve, entre otros, mismas que adquieren “valor” como atractivo turístico y conjuntamente con la planta turística generan movimientos temporales de visitantes para disfrutarlas. Hoy en día, el pronóstico del tiempo y el clima tienen una enorme influencia en la organización de los viajes y afectan no sólo la duración, sino también la calidad de la experiencia del viaje (Boniface and Cooper, 1994; Becken, 2010).

El clima para el turismo tiene varias acepciones, es soporte y recurso a la vez. Es soporte, porque se reconoce como un elemento constitutivo de la naturaleza, de ahí su posible atracción para el turismo. Este elemento adquiere la categoría de recurso en el momento en que se le otorga una valoración social para que pueda ser ‘consumido’ por el turista (Sánchez, 1985). En este caso se materializa a través de la percepción de confort climático (Mieczkowski, 1985; Besancenot, 1989; Gómez, 2004 y 2005; Matzarakis, 2007), lo que hace posible que los turistas acudan o no a ciertos lugares. Es precisamente la valoración social la que le otorga esa particularidad a los factores climáticos y lo que posibilita también, las distintas modalidades del turismo y sobre todo, la concentración geográfica de destinos turísticos en las costas.

Más allá de las modas, de la disponibilidad de tiempo libre y de la derrama económica generada, en las decisiones de viaje de los turistas y en su comportamiento, el clima influye de manera determinante sobre el lugar a visitar (Vera Rebollo, 1997; Wall, 1998; Gómez, 2004 y 2005). Tanto pronóstico del tiempo como el clima son muy importantes para el turismo, incluso a veces la percepción del clima influye de manera preponderante a la hora de decidir dónde y cuándo viajar. Gracias a la democratización de la información, hoy en día es muy común que los turistas basen sus decisiones de viaje en los pronósticos de tiempo de un destino (Becken, 2010).

La relación entre clima y turismo ha sido estudiada desde la década de los ochenta (Mieczkowski, 1985; Besancenot, 1989; entre otros) pero el binomio turismo-cambio climático es reciente data apenas de la década de los ochenta, aunque no es sino hasta los primeros años del siglo XXI que la comunidad mundial empezó a considerar que existe una doble influencia entre ambas partes, no puede verse al turismo solamente como víctima, sino también como un vector importante del cambio climático. (Cerón y Debois, 2003; Sánchez y Dalle, 2005; Patterson, Bastianoni and Simpson, 2006; OMT, 2007).

En este sentido, el cambio climático debe concebirse como un fenómeno global que tendrá un peso cada vez mayor en las estructuras existentes del turismo internacional, nacional y regional y por lo mismo, su acercamiento debe visualizar al turismo como una actividad transversal a varios sectores. Sin duda el cambio climático traerá aparejado fuertes restricciones para la actividad turística, pero al mismo tiempo proporciona nuevas oportunidades para transitar hacia un modelo de turismo más respetuoso con el entorno y con las prácticas socioculturales de la población local.

En México, como en el mundo entero, son los destinos de sol y playa los que atraen a un mayor número de visitantes y Baja California no se escapa a esta situación, de ahí la importancia de establecer medidas necesarias para mitigar los posibles impactos que tendrá el cambio climático en esta zona (SECTUR, 2011).

En el contexto del cambio climático global se esperaría que Baja California tenga la capacidad de innovación y adaptación para adecuar una oferta turística resiliente a las variaciones climáticas derivadas de un entorno internacional expuesto a procesos globales y problemas estructurales locales, sin duda para que los cambios se operen se requiere vincular estrechamente las capacidades de las entidades públicas y privadas y de los propios visitantes para cooperar en el diseño y ejecución de acciones dirigidas a minimizar los efectos nocivos del cambio climático sobre el turismo para tratar de impulsar un desarrollo turístico en la región social y ambientalmente responsable.

### 3.8.2 El debate internacional y nacional sobre cambio climático y turismo

La Organización Mundial de Turismo, como organismo que aglutina a los principales países emisores y receptores del turismo internacional, entre los que México ocupa un lugar destacado, tomó la batuta para encabezar los trabajos que permitan desmenuzar el enredado entramado que existe entre el turismo y el cambio climático.

A partir de reconocer la importancia de este binomio, la Organización Mundial del Turismo, ha reconocido en diversos foros convocados conjuntamente con otros organismos internacionales (OMT, 2007 Djerba, 2007 Davos, 2007 Londres, 2007 Cartagena, 2007 Bali; 2008 Oxford, 2008 Global, 2008 Londres, 2008 Egipto y Colombia; 2009 Ginebra, 2009 Copenhague; 2010 Cancún), que la actividad turística contribuye fuertemente al calentamiento global y por ende, al cambio climático, dado el enorme movimiento de flujos de personas que moviliza -ya sea en transporte aéreo o terrestre- y al alto consumo energético asociado a los establecimientos de hospedaje.

La primera conferencia Mundial sobre Cambio Climático y Turismo realizada en Djerba, Túnez por la Organización Mundial de Turismo (OMT, 2003) en abril de 2003, marcó un parteaguas en la historia del turismo moderno, pues la OMT reconoció la corresponsabilidad que existe en la relación turismo y cambio climático, despertando con ello el interés internacional de gobiernos, el sector empresarial y la sociedad civil para trabajar coordinadamente y hacer frente común al reto que representa el cambio climático buscando mecanismos para la adaptación y la mitigación para la actividad turística, preocupación que quedó plasmada en la llamada Declaratoria de Djerba.

Posteriormente, en el 2007 se llevó a cabo en Davos, Suiza, la Segunda Conferencia Mundial sobre Cambio Climático y Turismo convocada por la Organización Mundial del Turismo (OMT, 2007 Davos) y otros organismos internacionales. En este foro se llamó la atención sobre la urgente necesidad de implementar medidas de adaptación y mitigación para atenuar el cambio climático.

Entre las principales conclusiones a las que se llegó en la Declaración de Davos (OMT, 2007 Davos), se destacan las siguientes:

- Que el clima representa un recurso de vital importancia para el desarrollo del turismo. Se admitió que el turismo es muy susceptible a los efectos del cambio climático, por lo que se deben tomar acciones concretas para aminorar los gases efecto invernadero (GEI), sobre todo el CO<sub>2</sub>.
- El turismo continuará siendo una parte fundamental de la economía mundial y por lo mismo, esencial para el logro de los objetivos de desarrollo del Milenio.
- El sector del turismo debe responder de manera urgente al cambio climático y reducir progresivamente las emisiones de gases de efecto invernadero para poder asegurar su crecimiento de forma sostenible.

Teniendo presente lo anterior, se adopta tomar las medidas necesarias para:

- mitigar sus emisiones de GEI, derivadas especialmente de las actividades de transporte y alojamiento;
- adaptar a las empresas y los destinos turísticos al cambio de las condiciones climáticas;
- aplicar las técnicas nuevas y las ya existentes para aumentar la eficacia del uso de la energía;
- recabar recursos financieros para ayudar a las regiones y a los países pobres. (OMT, 2007 Davos),

En el estudio cambio climático y turismo: Responder a los retos mundiales (OMT, 2007:16-17) se estimó que el turismo contribuye aproximadamente con el 5% a las emisiones mundiales de CO<sub>2</sub>, al transporte se le adjudica el 75% de estas emisiones, de las cuales el 40% corresponde al transporte aéreo, 32% al terrestre y el 3% restante a otros tipos de transporte. De la misma manera, las instalaciones de alojamiento contribuyen con el 21% de las emisiones de CO<sub>2</sub> y un 4% más a actividades relacionadas con el turismo. Se destaca que las emisiones pueden variar, sobre todo en los traslados de larga distancia en cruceros (hasta 9 toneladas). En términos generales se calcula que el promedio de CO<sub>2</sub> generado por un viaje turístico es de 0.25 toneladas.

No obstante este desafortunado escenario, la Conferencia de Davos (OMT, 2007) propuso implementar acciones concretas para mitigar y adaptarse al cambio climático para lo cual sugiere iniciativas tanto el gobierno como las empresas, los consumidores y redes de investigación y comunicación para fomentar una mejor cognición ecológica, mejorar los datos y fomentar la educación, cooperación y apoyo conjunto para dar respuesta al cambio climático. La ruta quedó trazada para que en los años venideros se continúe trabajando coordinadamente en la tarea de buscar alternativas de solución para reducir los posibles efectos del cambio climático en el turismo.

### 3.8.3 La importancia del turismo para Baja California

Baja California cuenta con una gran diversidad de recursos naturales que van desde su clima, desiertos, bosques y montañas, hasta playas y acantilados que dan vida a sus contrastantes paisajes. Este abanico de atractivos ha propiciado año con año un creciente flujo de visitantes hacia el estado, quienes llegan seducidos por los diferentes productos ofertados. Sin duda, el Corredor Costero Tijuana-Rosarito-Ensenada (COCOTREN), conjuntamente con el Corredor Puertecitos-San Felipe y el Valle de Guadalupe constituyen los principales destinos turísticos no sólo del estado, sino de toda la frontera norte. Hasta años recientes El COCOTREN ha sido una de las áreas de más rápido crecimiento turístico en el estado, por la gran demanda que se ha hecho del espacio litoral con fines turísticos, ya sea mediante la construcción de residencias secundarias o de veraneo o para el disfrute del binomio sol-playa por los visitantes tanto locales como extranjeros. (Bringas, 2004)

La estrecha relación con California y su privilegiada situación de vecindad, han sido también factores determinantes para el desarrollo del turismo en el estado, además de sus lazos culturales con la población de ascendencia mexicana que vive en ese estado. Históricamente ha sido del estado de California de donde proviene

el mayor número de visitantes que llegan al estado. Tan sólo en el 2009, el 20% de los turistas residentes en el extranjero que visitaron el estado provenían de ese estado. (Banxico, 2010).

La importancia que tiene el turismo para la entidad se puede resumir en las contribuciones de esta actividad al logro de los siguientes elementos:

- El turismo como creador de empleos. El turismo genera una buena cantidad de empleos en el sector servicios y de manera indirecta en la construcción y en los servicios complementarios que demandan los turistas en una amplia gama de ramas del sector comercio y servicios.
- El turismo como base de cadenas de servicio y comercio. Los servicios turísticos y las actividades comerciales asociadas han logrado una penetración en los mercados regionales e internacionales. La demanda de los destinos de sol y playa, cruceros, negocios y de salud, constituyen el centro de una cadena de servicios en el ámbito regional e internacional.
- Apreciación y valorización del patrimonio natural y cultural. El turismo en la entidad genera recursos que son necesarios para la puesta en valor y el cuidado del patrimonio cultural y natural en la medida que genera activos para la inversión en infraestructura, programas de rescate de la estructura urbana y planes de manejo de áreas naturales protegidas y seguramente el sector turístico tendrá la capacidad para responder a los desafíos que trae implícito el cambio climático.

El turismo en el estado constituye una actividad muy dinámica cuyo desarrollo desencadena procesos productivos en varios sectores, dependiendo de las características de los sitios o lugares donde éste tiene lugar. De esta manera, el turismo presenta componentes nacionales e internacionales que impactan de manera positiva o negativa en los recursos naturales, socioculturales y económicos, y demanda para su consolidación, de agentes públicos y privados, con capacidad de negociación, cooperación, gestión y visión estratégica, para combinar los esfuerzos regionales e intensificar la competitividad del sector en la tarea de conjuntar esfuerzos para la adaptación y mitigación de los efectos negativos del cambio climático.

## 3.8.4 Caracterización del turismo en Baja California

### 3.8.4.1 La importancia de los flujos turísticos para la región fronteriza

El turismo es una de las actividades económicas de más rápido crecimiento en el mundo. Tan sólo en el 2010, la Organización Mundial de Turismo (OMT, 2011) señala que se registraron 935 millones de llegadas turísticas internacionales en todo el mundo, mismas que generaron divisas del orden de los \$900 mil millones de dólares. México es el país de América Latina que recibe el mayor flujo de visitantes internacionales, en el 2010 ocupó el décimo lugar mundial al recibir 22.4 millones de turistas, quienes generaron ingresos del orden de los 11.9 millones de dólares, ocupando de esta manera el lugar 23 en la captación de divisas mundiales por concepto de turismo (SECTUR, 2011).

Durante el 2009 México recibió 86.2 millones de visitantes internacionales, de los cuales 25% fueron turistas y el restante 75% visitantes del día o excursionistas. De los 21.4 millones de turistas que llegaron al país, 45% llegaron a la frontera norte y el 55% restante se internaron hacia otras regiones o centros turísticos del país. (SECTUR, 2010) De acuerdo con la misma fuente, los 65 millones de excursionistas que visitaron el país, 91% llegaron a la frontera norte y el 9% restante, lo hizo en diferentes puertos del país que reciben cruceros. (SECTUR, 2010).

Según datos del proyecto “Viajeros internacionales en la zona fronteriza” realizado por el Banco de Méxi



Tabla 3.26. Visitantes internacionales a México y a la frontera norte

Tipo de visitantes	2009		2010	
	Afluencia (miles)	Divisas (millones de dls.)	Afluencia (miles)	Divisas (millones de dls.)
<b>Visitantes Internacionales</b>	86.2	11,275.2	79.9	11,871.9
<b>Turistas Internacionales</b>	21.5	9,221.2	22.4	9,894.0
Turistas receptivos	11.8	8,623.9	12.8	9,357.0
Turistas fronterizos	9.7	597.3	9.6	536.9
Peatones fronterizos	1.5	79.7	1.3	61.7
Automovilistas fronterizos	8.2	517.6	8.3	475.1
<b>Excursionistas Internacionales</b>	64.7	2,054.0	57.5	1,978.0
<b>Excursionistas fronterizos</b>	59.0	1,601.3	51.2	1,433.3
Peatones fronterizos	13.1	351.8	12.7	337.2
Automovilistas fronterizos	45.9	1,249.5	38.5	1,096.1
<b>Pasajeros en crucero</b>	5.7	452.8	6.3	544.6

Fuente: Banxico (2010) y SECTUR (2011)

co (Banxico, 2010), el flujo de visitantes a la frontera norte, considerando turistas y excursionistas fue de 68.7 millones de visitantes, mismos que aportaron 2,198 millones de dólares a la región. El 35% de estos viajeros tuvieron como destino el estado de Baja California, lo cual sin duda pone en evidencia la importancia de la actividad turística para este estado, pues es el que mayores ingresos capta por concepto de viajeros internacionales, concentrando el 46% del total de divisas que ingresan a la frontera (1,012 millones de dólares) (ver tabla 3.26).

Debido a la cercanía entre las ciudades de ambos lados de la línea divisoria, de los 24.1 millones de visitantes internacionales que recibió Baja California en el 2009, el 80% eran residentes de las ciudades colindantes. Destaca el hecho de que el 77.2% de ellos cruzó la frontera en automóvil o autobús de pasajeros y el restante 22.8% lo hizo caminando (Banxico, 2010).

Datos del Departamento de Seguridad de Estados Unidos muestran que durante el período que va del 2000 al 2010 por Tijuana cruzaron las dos terceras partes de los visitantes provenientes de Estados Unidos que llegaron al estado por vía terrestre. Del 2000 al 2005 los flujos incrementaron por todas las puertas de entrada un 11.5%, registrando Tijuana un aumento del 16%. Del 2005 al 2010 el flujo de vehículos que cruzaron por las diferentes garitas del estado disminuyó casi un 40%, mientras que en Tijuana la disminución fue ligeramente menor (37%) (véase tabla 3.27).

Tabla 3.27. Número de vehículos personales de visitantes residentes en el exterior que visitan Baja California.

GARITAS	2000	2005	2010
Algodones, BC/Andrade, Ca.	606,863	729,637	390,456
Tecate, BC/Tecate, Ca.	1,163,471	1,025,986	810,453
Mexicali, BC/Calexico, Ca.	9,295,595	9,506,563	6,777,300
Tijuana, BC/San Ysidro y Olay Mesa, Ca.	20,082,776	23,913,669	17,281,400
<b>TOTAL</b>	<b>31,148,705</b>	<b>35,175,855</b>	<b>25,259,609</b>

Fuente: U.S. Department of Transportation, Research and Innovative Technology Administration, Bureau of Transportation Statistics, Border Crossing/Entry Data; based on data from U.S.

### 3.8.4.2 Visitantes que utilizaron Instalaciones de hospedaje

Durante el 2010 se registraron 2.7 millones de turistas que utilizaron servicios de alojamiento en Baja California, de los cuales el 67 % eran visitantes residentes en el país y el 33% restante provenían del exterior (SECTURE, 2011). Como destino de negocios destaca Mexicali, Ensenada y Tijuana, quienes captaron el 81%, 70% y 66% respectivamente, de visitantes residentes en el país. Mientras que la ciudad de Rosarito apuntala su vocación turística pues al ser el destino que recibió la mayor proporción de visitantes residentes en el exterior (73%). Quizá ello explica también su comportamiento, pues junto con San Felipe, ambos destinos de sol y playa, cuentan con el porcentaje de ocupación hotelera más bajo de todo el estado (17 y 20%, respectivamente) y en cambio Mexicali y Tijuana tienen la ocupación más alta (59% y 44%, respectivamente). Tijuana fue la ciudad que registró la estancia promedio más alta (ver tabla 3.28 y figura 3.23).

### 3.8.4.3 Oferta turística en Baja California

El estado de Baja California cuenta con 472 hoteles que entre todos ofertan 20,661 habitaciones. Con 177 hoteles y 8,797 habitaciones Tijuana se posiciona como la ciudad que centraliza el mayor equipamiento hotelero al reunir el 37% de los establecimientos y el 42.6% de los cuartos existentes en el estado, le sigue en importancia Ensenada con el 27.5% de los hoteles y el 19.2% de los cuartos, cabe destacar que aunque Mexicali concentra la mitad de hoteles que Ensenada, ofrece casi la misma proporción de cuartos (18.1%). Por su parte Tecate cuenta con la menor oferta hotelera del estado con 17 hoteles y 606 habitaciones, lo cual es explicable si se considera que es el único municipio que no tiene playa y cuenta con el mayor equipamiento en su zona rural (ver tabla 3.23).

Es destacable el hecho de que Tijuana reúne la mayor proporción de cuartos de las categorías de 5 y 4 estrellas (45%), las cuales están más asociadas a un turismo de negocios, aunque también aglutina las habitaciones de las categorías de 3 y 2 estrellas, utilizadas también por el turismo nacional y regional. Por el número de cuartos, le sigue en importancia Mexicali, capital del estado, ciudad que concentra una quinta parte de la oferta de cuartos del estado, quizá debido a su clima extremo durante el verano y al no tener playa, no resulta atractivo para los viajeros que buscan diversión y descanso. Cabe destacar que en esta ciudad reúne el 40% de las habitaciones de una estrella (ver figura 3.24.).

Tabla 3.28. Número de turistas por localidades que se hospedaron en establecimientos de hospedaje de 1 a 5 estrellas (2010).

Localidad	Total	%	Ocupación hotelera (%)	Estancia promedio (turistas/ noche)
Ensenada	398,473	14.54	37	1.36
Mexicali	470,605	17.17	59	1.34
Playas de Rosarito	208,747	7.62	17	1.24
San Felipe	84,614	3.09	20	1.30
Tecate	63,989	2.33	29	1.02
Tijuana	798,145	29.12	44	1.38
Resto del Estado	716,606	26.14	36	1.64
Baja California	2,741,179	100.00	35	1.33

Fuente: SECTURE (2011)

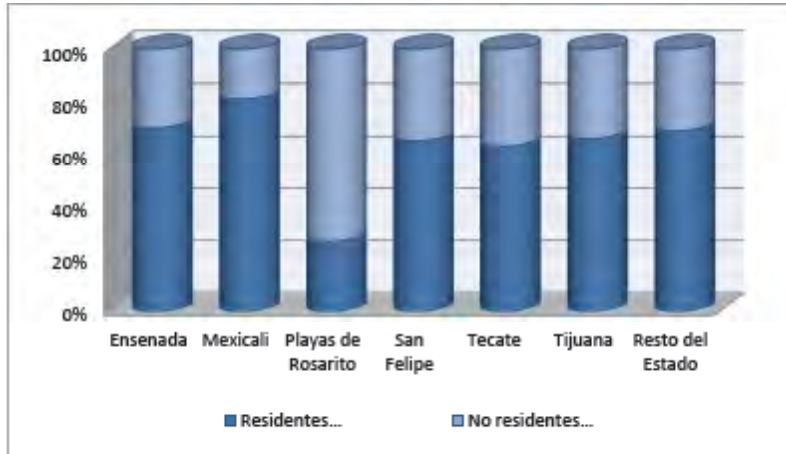
### 3.8.4.4 Aeropuertos: número de vuelos y pasajeros

El estado cuenta con cuatro aeropuertos, tres comerciales con carácter de internacionales (Tijuana, Mexicali, San Felipe) y uno militar, en El Ciprés, municipio de Ensenada, el cual presta servicios para el arribo de

vuelos especiales y hacia la Isla de Cedros. A ese aeropuerto no llegan vuelos comerciales regulares.

El aeropuerto Abelardo L. Rodríguez de Tijuana es el que cuenta con mayor capacidad instalada y posee la pista de mayor longitud (2.96 km). El Aeropuerto de Mexicali General Rodolfo Sánchez Taboada se localiza a 20 kilómetros de la ciudad y ofrece servicio tanto a vuelos comerciales como privados. No obstante, a pesar de ser internacional, en los últimos años solamente se han reportado vuelos nacionales, la pista del aeropuerto de Mexicali con 2.6 km de longitud (SCT, 2005).

Figura 3.23. Turistas que se hospedaron en establecimientos de hospedaje de 1 a 5 estrellas.



Fuente: SECTURE (2011)

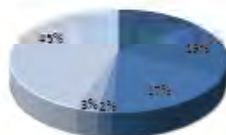
Tabla 3.29. Oferta hotelera por localidad y por categoría en Baja California (2010)

HOTELES	5 estrellas		4 estrellas		3 estrellas		2 estrellas		1 estrella		Otros		TOTAL	
	Est.	Hab.	Est.	Hab.	Est.	Hab.	Est.	Hab.	Est.	Hab.	Est.	Hab.	Est.	Hab.
Ensenada	6	467	13	764	21	740	25	492	27	554	38	958	130	3975
Mexicali	3	604	5	683	9	536	22	921	28	998	0	0	67	3742
Playas de Rosarito	2	569	6	581	8	570	6	102	8	203	0	0	30	2025
San Felipe	2	55	3	277	5	205	2	57	4	91	35	831	51	1516
Tecate	1	87	1	89	3	131	5	123	0	0	7	176	17	606
Tijuana	7	1447	14	1363	34	1808	32	1443	22	621	68	2115	177	8797
<b>Total</b>	<b>21</b>	<b>3229</b>	<b>42</b>	<b>3757</b>	<b>80</b>	<b>3990</b>	<b>92</b>	<b>3138</b>	<b>89</b>	<b>2467</b>	<b>148</b>	<b>4080</b>	<b>472</b>	<b>20661</b>

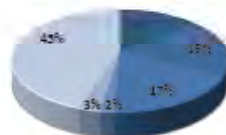
Fuente: SECTURE (2011)

Figura 3.24. Distribución de establecimientos y habitaciones por localidad y categoría (2010)

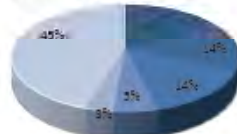
Porcentaje de habitaciones de 5 estrellas por localidad



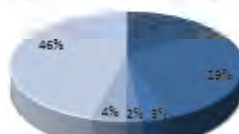
Porcentaje de habitaciones de 4 estrellas por localidad



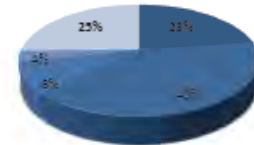
Porcentaje de habitaciones de 3 estrellas por localidad



Porcentaje de habitaciones de 2 estrellas por localidad



Porcentaje de habitaciones de una estrella por localidad



■ Ensenada ■ Mexicali ■ Playas de Rosarito  
■ San Felipe ■ Tecate ■ Tijuana

Fuente: SECTURE (2011)

San Felipe cuenta con un aeropuerto Internacional, que tiene la capacidad para recibir todo tipo de pequeñas y medianas aeronaves, ya sean éstas Helar Jets o hasta DC-3 de hélice con capacidad para 80 pasajeros y tiene una pista de 1.5 km. Este aeropuerto es operado con todos los servicios necesarios para operaciones internacionales, sobresaliendo como uno de los aeropuertos que más vuelos privados recibe en el país (SCT, 2005).

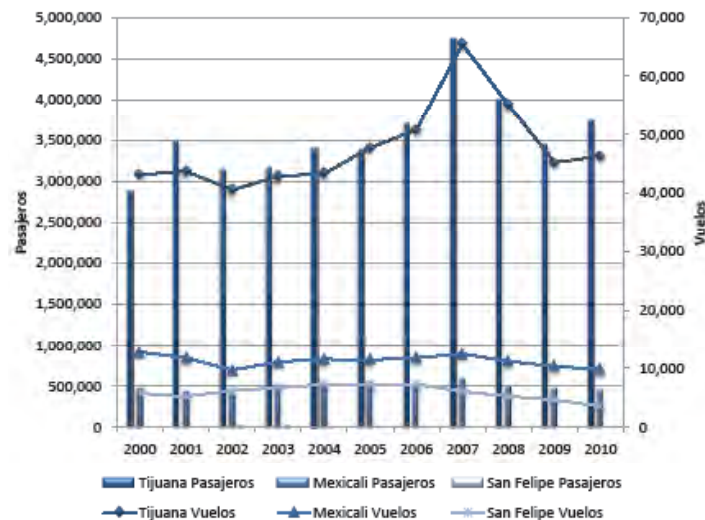
Las principales actividades del transporte aéreo se desarrollan en Tijuana, con más del 70% del total de operaciones áreas durante el período de 2000 a 2010. En el 2000 hubo 61,726 operaciones en el estado y para el 2005 se incrementaron un 7.1% para luego sufrir una disminución del 11.2% en el 2010. El aeropuerto de Tijuana disminuyó en un 3.1% sus operaciones mientras que el de San Felipe, que es el que menor capacidad tiene sufrió una baja del 102.2%. (ver figura 3.31.). A pesar de que se registró una baja en el número de vuelos, se incrementó en 5.5% el número de pasajeros del 2005 al 2010, en el caso de Tijuana el incremento fue del 9.1% y en el caso de Mexicali hubo un decremento del 16.3% y el caso de San Felipe experimentó un dramático descenso del 273% en el número de pasajeros (ver figura 3.25.).

### 3.8.4.5 Arribo de cruceros y pasajeros en Ensenada

Ensenada tiene una fuerte vocación para el turismo de cruceros. Al puerto llegan cruceros internacionales con una frecuencia de tres arribos semanales. Durante el 2010 Ensenada ocupó el sexto lugar nacional en la llegada de cruceros, después de Cozumel, Cabo San Lucas, Mahahual, Puerto Vallarta y Mazatlán (SECTUR, 2011).

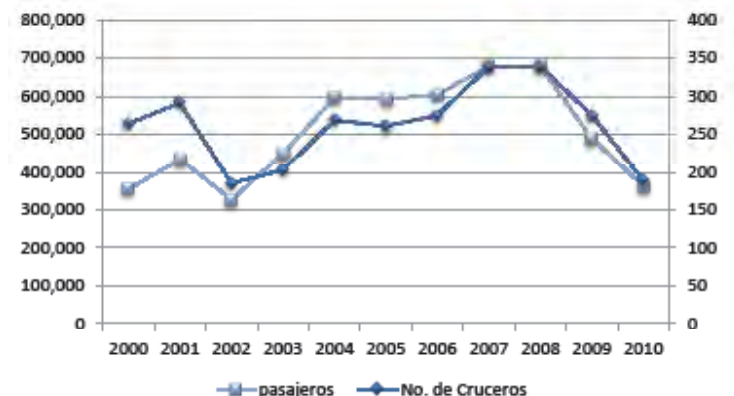
Durante el 2000 el puerto de Ensenada recibió 264 embarcaciones de cruceros, los cuales atrajeron a 353, 854 visitantes del día. Para el 2002 se registró una caída drástica en el número de cruceros (185), lo que significó una disminución del 42.7% en la llegada de embarcaciones y el 33% menos en el número de visitantes. Para el 2004 se restableció la llegada de cruceros, en un 31.2% (269) y en los años subsiguientes se registró un crecimiento constante hasta el 2008, año en que se recibieron 339 embarcaciones. Nuevamente de 2008 al 2010

Figura 3.25. Aeropuertos internacionales en BC: número de vuelos y pasajeros



Fuente: Elaboración propia con base en información de las Comandancias de los Aeropuertos de Tijuana, Mexicali y San Felipe S.C.T. Varios años, procesado por SECTURE (2011)

Figura 3.26. Arribo de cruceros y pasajeros al puerto de Ensenada



Fuente: Elaboración propia con base en información de la Capitanía de puerto de Ensenada, B.C. Varios años, procesado por SECTURE (2011)

hubo una caída drástica que se reflejó en una baja del 79% en el número de cruceros que arribaron al puerto y en una disminución del 87% en los flujos de pasajeros (362,833), estando ligeramente superior que el volumen registrado en el 2000 (ver figura 3.26).

## 3.8.5 Los impactos del turismo asociados al cambio climático en Baja California

### 3.8.5.1 Incremento en las temperaturas

Uno de los objetivos del PEACC-BC fue construir escenarios regionales de cambio climático para el siglo XXI, en este caso bajo dos escenarios de aumento de gases de efecto de invernadero (GEI): B1 (bajas emisiones) y A2 (altas emisiones). Los resultados preliminares, presentados capítulos anteriores, prevén un aumento de 1°C en la temperatura media anual para los próximos 20 años y hasta 5°C a finales de este siglo (con respecto a 1961-1990). Si estos escenarios resultan válidos afectarán el tipo de actividades que se pueden realizar al aire libre, teniendo en cuenta criterios climáticos como son la temperatura, la visibilidad, nubosidad, cobertura e la nieve y precipitaciones (véase tabla 3.30).

Las actividades que en Baja California podrían ser afectadas durante el día serían los paseos en los sitios donde la temperatura esté por encima de los 32°C y sobre todo las actividades que generalmente se realizan en las playas, de las cuales depende gran parte del turismo que visita el estado, sobre todo en el COCOTREN, San Felipe y Bahía Los Ángeles (BLA) y para la población local que realiza actividades recreativas en Playas de Tijuana. Si bien es cierto que en el estado no hay milímetros suficientes de nieve para practicar deportes de invierno, aunque con el incremento de las temperaturas las sierras y montañas del estado podrían ser el escenario propicio para desarrollar actividades hasta ahora insuficientemente inexploradas como el alpinismo y el rappel.

Tabla 3.30. Criterios climáticos para la práctica de actividades recreativas al aire libre

Actividad	Temperatura (°C)	Visibilidad (Km)	Nubosidad (Décimas)	Velocidad del viento (Km/hr.)	Cobertura de nieve (mm)	Precipitación
Pasear	-	>4.8	no aplica	< 42.8	no aplica	cero
Esquiar	-	>0.8	no aplica	< 25.7	25	cero a ligera
Actividades Pasivas (parques recreativos)	> 12.2	> 1.6	< 8	< 33.8	no aplica	cero
Actividades Vigorosas (deportes)	12.8 a 31.7	> 3.2	no aplica	< 33.8	no aplica	cero
Actividades de playa	> 17.8	> 1.6	< 8	< 25.7	no aplica	cero

Fuente: Masterson en Wittrock et. al., tomado de International Institute for Sustainable Development (1997)

Estimaciones realizadas por Herguera y Ortiz (2010) para las próximas tres décadas señalan que durante el verano la temperatura y la evaporación se incrementarán, lo que puede generar ondas de calor más intensas con las consabidas consecuencias en la salud. Cabe destacar que la seguridad de los turistas está estrechamente vinculada con las condiciones climáticas favorables, por lo que las ondas de calor proyectadas para la parte oriental del estado tendrán repercusiones negativas en el turismo, inclusive se pueden generar muertes, principalmente en personas de la tercera edad o niños y costos hospitalarios fuertes, tal como sucedió en Francia en el 2003 (Becken, 2010).

La actividad económica de gran parte de los destinos turísticos costeros está determinada por la explotación del mar, el sol, la playa y la arena para la realización de actividades recreativas al aire libre. Cualquier cosa que amenace dichos recursos o la infraestructura asociada a ellos es muy probable que sea desfavorable para sus economías (Wall, 1998).

### 3.8.5.2. Incremento en el nivel del mar

Reconociendo las diferencias existentes en la variabilidad diaria de las mareas, la falta de observaciones continuas y otros factores que afectan el nivel del mar, Herguera y Ortiz (2010) resaltan que es difícil determinar con exactitud el incremento en el nivel del mar, pues no se sabe a ciencia cierta cuáles y a qué velocidad serán las contribuciones del deshielo. No obstante, teniendo en cuenta estas limitantes se han propuesto dos escenarios, uno de ellos prevé un aumento de un metro en el nivel del mar para finales del presente siglo y otro escenario que considera una subida de dos metros. Para tratar de complejizar esta situación, calculamos un escenario adicional de hasta tres metros, Cabe recalcar que todas estas estimaciones tienen un margen de error y solo son aproximaciones que tendrán que verificarse y corregirse en un futuro próximo.

El incremento del nivel del mar en las costas bajacalifornianas, además de que propiciará la erosión e inundación de algunas playas, afectará también la infraestructura marina y el equipamiento turístico existente sobre todo en las zonas más desarrolladas como son Playas de Tijuana, Rosarito, Ensenada y San Quintín. En forma preponderante afectará la Laguna Salada y el Delta del Río Colorado y el de Mexicali.

En el mapa 3.1 se muestran los tres escenarios antes señalados, mismos que se elaboraron a partir de la información provista por la National Aeronautics and Space Administration (NASA) (<http://flood.firetree.net/>) y digitalizando en pantalla considerando una escala de 1:20,000 en las zonas costeras que creemos serán más vulnerables para la actividad turística.

Los cálculos realizados muestran que si se incrementa el nivel del mar un metro se afectará una superficie de aproximadamente de 108,370.70 hectáreas, principalmente en la Laguna Salada y el Delta del Río Colorado (88%), Delta de Mexicali (Río Nuevo) un 9%, en Vicente Guerrero, al norte y sur de San Quintín se impactarían 3,484.72 Has. Lo que representa el 3% de la superficie y en menor proporción en la Lengüeta arenosa y el Estero Beach en Ensenada. Igualmente se verían afectados cuatro hoteles y el Centro Estatal de las Artes en Mexicali, por ubicarse en sobre el lecho del Río Nuevo (Delta Mexicali). Si se incrementa el nivel del mar en dos metros a finales de siglo, tendríamos que se impactaría por inundación una superficie de aproximadamente 51,564.13 hectáreas, fundamentalmente en la Laguna Salada (30%), el Delta del Río Colorado (50%), Delta de Mexicali (8%) y San Quintín (6%) (véase mapa 3.1).

En el peor escenario de crecimiento del nivel el mar en tres metros, como es obvio se presentaría un panorama más crítico, se inundarían 63,972.49 has., con lo cual además de dañaría infraestructura muy importante como sería el puerto, terminal de cruceros, muelle y malecón de Ensenada, el Malecón Playas de Tijuana y atracadero de Rosarito, la marina dela Salina, playas de la misión y más de 50 hoteles y trailer parks que se encuentran ubicados en los frentes de Mar, principalmente en la lengüeta arenosa, el Estero Beach y el puerto de Ensenada y la Bahía de San Quintín. Afectará también poblados como Rosarito, Primo Tapia y poblaciones asentadas sobre los márgenes del Río Nuevo en Mexicali y Santa Isabel (véase mapa 3.1).

Todo lo anterior se reflejará también en pérdidas económicas cuantiosas para el sector turismo y en la huída de los flujos turísticos hacia otros destinos más seguros. El incremento en los niveles del mar seguramente traerá aparejado además problemas en la salud por la propagación de plagas y mosquitos y por la falta de alimentos.

### 3.8.5.3 Estimaciones del CO<sub>2</sub> generado por actividades asociadas al turismo en BC

El turismo, al igual que otros sectores económicos, es causante del 5% de las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero (OMT, 2007), de las cuales la mayor parte de ellas son atribuidas al transporte aéreo princi-

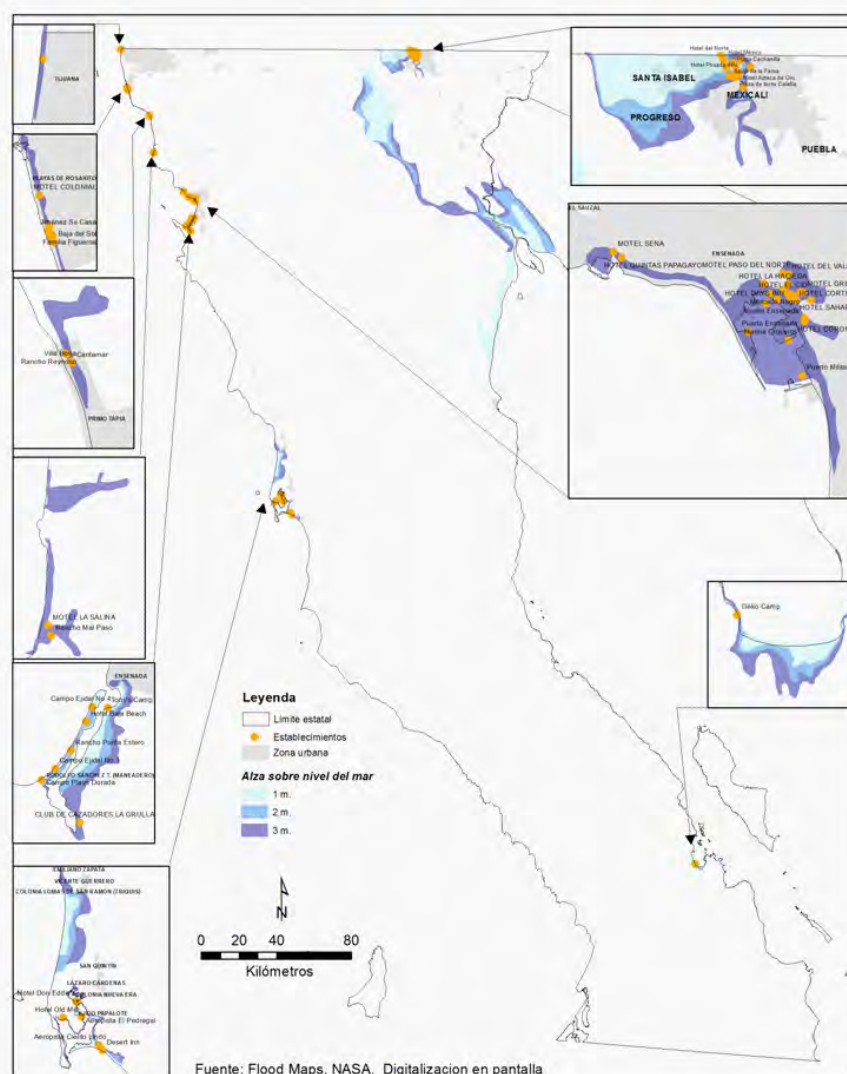
palmente y a las instalaciones de alojamiento, por el alto consumo que hacen de energía eléctrica, agua y gas. Para analizar cuanto contribuye el sector turismo al calentamiento global del estado se calcularon las emisiones de CO<sub>2</sub> generadas principalmente por el transporte aéreo, el terrestre y el de cruceros. Igualmente se realizaron cálculos de los establecimientos turísticos del estado considerando las emisiones de los hoteles de una a cinco estrellas.

### 3.8.5.3.1 Generación de CO<sub>2</sub> por el uso de transporte

#### ■ Estimaciones de CO<sub>2</sub> del transporte

En este apartado se pretende mostrar la cantidad de CO<sub>2</sub> que genera el transporte aéreo en los principales puertos de arribo del estado, que son Tijuana y Mexicali. Cabe destacar que entre ambos aeropuertos reciben poco más del 90% del total de operaciones aéreas al estado. Tan solo Tijuana concentró en todo el período, poco más del 70% del total de arribos aéreos registrados en el estado (SECTUR, 2011).

Obtener la información sobre el origen y destino de los vuelos directos o en escala que recibe el estado no ha sido tarea fácil y sólo se obtuvo acceso a la información de los vuelos directos que llegan a Tijuana y Mexicali durante el período 2005-2010, por lo que es pertinente mencionar que la información presentada está subestimando el aporte real de CO<sub>2</sub> a la atmósfera, producto de la aviación en Baja California.



Mapa 3.1. Zonas costeras vulnerables en Baja California: escenarios de la subida del nivel del mar a 1, 2 y 3 metros.

Durante el período que comprende del 2005 al 2010 hubo una disminución en el número de vuelos nacionales e internacionales en los aeropuertos del estado, el 2007 fue el año que se registró el mayor número de vuelos de la década, la desaparición de líneas aéreas como Aerocalifornia y Mexicana produjo un reacomodo del espacio aéreo y una redistribución de las rutas.

El aeropuerto de Mexicali a pesar de ser internacional solo recibió durante el 2008 un vuelo de Los Ángeles y dos de San José, California (SCT y programa WSpan). Tijuana por su parte recibe un mayor número de vuelos internacionales, en el 2006 abre una ruta que conecta a México con Tokio, Japón y en el 2008 se abre la ruta hacia Shanghai, China, pero los vuelos hacia Los Ángeles se eliminaron y en el 2009 se abre una ruta hacia Oakland California. (SCT y programa WSpan).

A partir de la información disponible sobre vuelos directos a los principales dos aeropuertos del estado se estima que durante el 2005 se generaron 18,683 toneladas de CO<sub>2</sub> en el estado, de las cuales el 87% corresponden a Tijuana. El 2006 fue el año en el que se registró la mayor concentración de CO<sub>2</sub> en el estado (25,531.89), Tijuana contribuyó con el 91.7 % de este total. Para el 2007 la concentración de CO<sub>2</sub> disminuyó 16.4% y descendió 58.7% más en el año 2008 (13,822.40), nuevamente en el 2009 disminuyó un 37%. En el 2010 la producción de CO<sub>2</sub> fue de 10,105 toneladas, estuvo muy por debajo de la registrada en el 2005 (18,683 ton.) Esta disminución de CO<sub>2</sub> se ve correspondida con el recorte de vuelos hacia los aeropuertos del estado (ver tabla 3.31).

Tabla 3.31. Generación de CO<sub>2</sub> por el uso del transporte aéreo en Mexicali y Tijuana (2005-2010) (toneladas)

Aeropuertos	CO <sub>2</sub> -2005	CO <sub>2</sub> -2006	CO <sub>2</sub> -2007	CO <sub>2</sub> -2008	CO <sub>2</sub> -2009	CO <sub>2</sub> -2010
<b>Mexicali</b>						
Vuelos nacionales	2,420.54	2,115.32	1,728.50	1,187.97	1,324.26	1,323.01
Vuelos internacionales	--	--	--	0.471	--	--
Subtotal Mexicali	2,420.54	2,115.32	1,728.50	1,188.44	1,324.26	1,323.01
<b>Tijuana</b>						
Vuelos nacionales	16,260.61	23,386.22	19,968.61	12,274.56	8,444.22	8,528.46
Vuelos internacionales	1.9	30.36	237.23	359.39	301.05	254.06
Subtotal Tijuana	16,262.51	23,416.58	20,205.84	12,633.96	8,745.27	8,782.52
<b>TOTAL BC</b>	<b>18,683.05</b>	<b>25,531.89</b>	<b>21,934.34</b>	<b>13,822.40</b>	<b>10,069.54</b>	<b>10,105.54</b>

Fuente: elaboración propia con base en cálculos de CO<sub>2</sub> considerando la distancia del origen en Km, el número de vuelos por año y el factor de conversión considerado la emisión de CO<sub>2</sub> del avión fue de 0.25 Kg/Km.

### ■ Estimaciones de CO<sub>2</sub> del transporte terrestre

Como se mencionó anteriormente, la mayor parte de los flujos de visitantes del exterior que llegan al estado lo hacen por vía terrestre. De hecho la frontera de Baja California y California es la más dinámica del mundo por el número de cruces que se registran en ambos sentidos. Los flujos turísticos hacia ambos lados de la frontera son un ejemplo de la articulación espacial e integración socioeconómica regional.

Históricamente por Tijuana ha cruzado el mayor número de personas que viajan hacia México en sus vehículos particulares. En el período que va el 2000 al 2010 no ha sido la excepción, pues como se muestra en la figura 2.33, por las dos garitas de Tijuana -San Ysidro y Otay- cruza el mayor porcentaje de vehículos y por lo mismo se produce las dos terceras partes del CO<sub>2</sub> generado por estos automóviles en la línea de regreso hacia Estados Unidos. Desde el 9/11 se ha registrado un mayor control de las puertas de entrada hacia Estados Unidos, lo que ha provocado largas filas de espera, lo cual se acompaña de una alta concentración de CO<sub>2</sub>, pues en promedio el tiempo de espera para cruzar hacia el vecino país es de hora y media y se estima que un automóvil con el motor encendido consume por una hora 2.5 litros de gasolina (COLEF, 2007).

Teniendo presente lo anterior se tiene que en el 2001 en las dos garitas de cruce hacia Estados Unidos



de Tijuana se produjeron 78,322.8 toneladas de CO<sub>2</sub>, para el 2002 se incrementaron en un 13.6% y para el 2006 nuevamente hubo una alza de 8.7 %, con lo que se emitieron a la atmosfera 101,785.7 toneladas de CO<sub>2</sub>, estas emisiones fueron las más altas registradas en todo el período en Tijuana y a partir de ese año inició un descenso, de tal manera que para el 2010 las emisiones de CO<sub>2</sub> se redujeron en un 51% con respecto al 2006, siendo de 67,397.5 toneladas, cifra menor a la registrada en el 2001, que fue el año de emisiones más bajas registrada hasta entonces (73,938 toneladas) (ver figura 3.27.) .

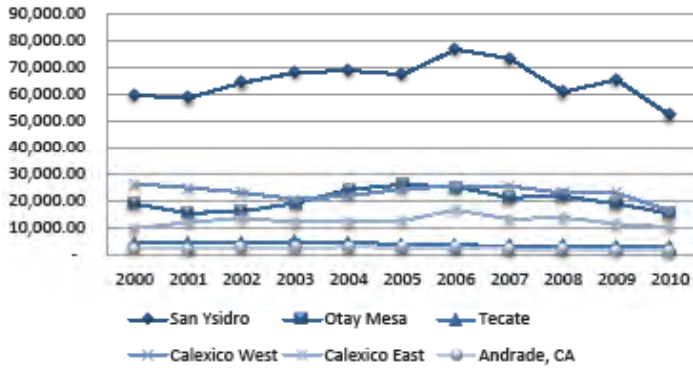
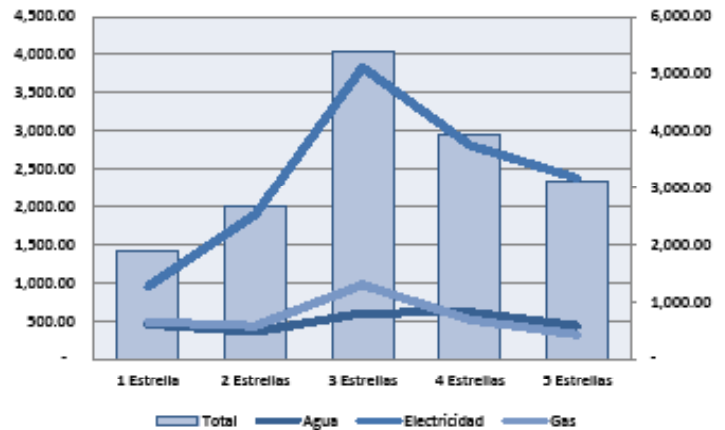


Figura 3.27. CO<sub>2</sub> generado por vehículos particulares en los puertos internacionales de B. C.

Figura 3.28. Generación de CO<sub>2</sub> en toneladas: hoteles de 1 a 5 estrellas (2010)

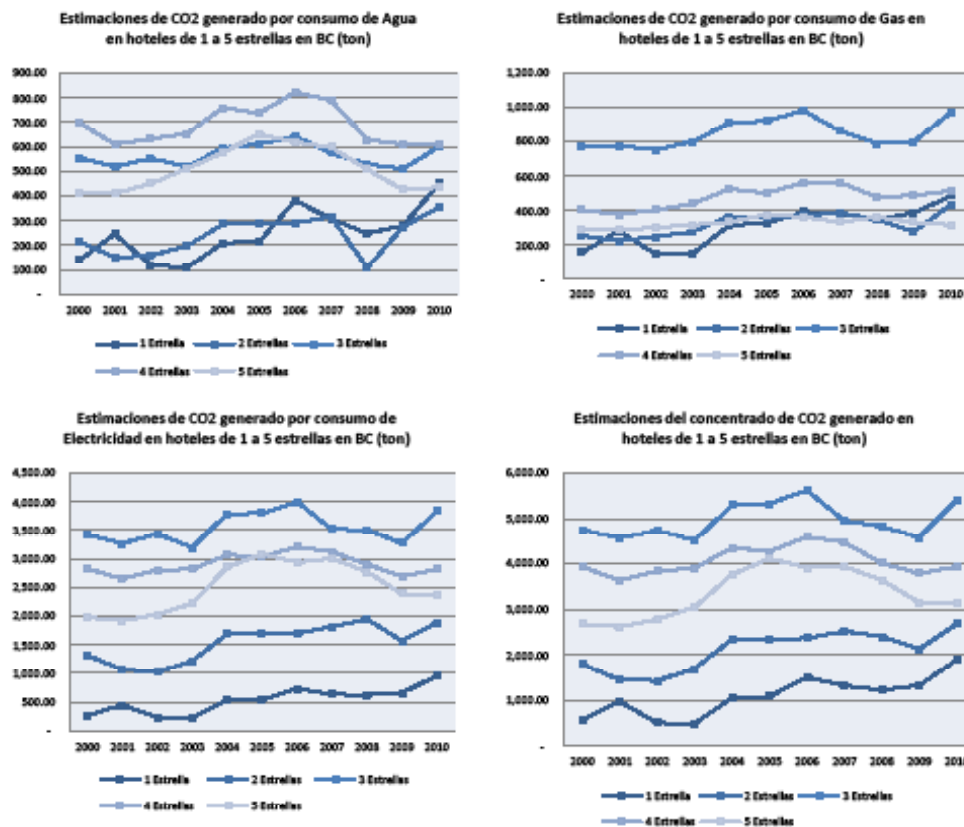


El caso de Mexicali presenta menores participaciones de CO<sub>2</sub>, en el 2000 por sus dos garitas internacionales se generaron 36,253 toneladas de CO<sub>2</sub>, situación que permaneció similar hasta el 2003, año en que se registraron las más bajas emisiones del período (32,622). Para el 2006 se registró un incremento del 23% en las emisiones de CO<sub>2</sub>, misma que fue la mayor concentración de todo el periodo (42,139) y a partir de ese año las emisiones de CO<sub>2</sub> fueron disminuyendo progresivamente. Del 2006 l 2010 se experimentó un descenso del 59% en la producción de CO<sub>2</sub>, hasta alcanzar las 26,431 toneladas de CO<sub>2</sub>, cantidad por debajo de la obtenida en el 2003, que fue el año mas bajo del periodo. Tecate contribuye en promedio con el 3.2 % de las emisiones de CO<sub>2</sub> generadas en el estado en el período estudiado y la garita de Los Algodones con el 1.2% en promedio (ver figura 3.27.).

### 3.8.5.3.2 Estimaciones de CO<sub>2</sub> generado en hoteles de una a cinco estrellas en Baja California

La pernocta de un visitante en cualquier cuarto de hotel deja una huella de carbono. La estancia en una habitación de hotel genera CO<sub>2</sub>, como consecuencia de utilizar energía eléctrica en los cuartos para el aire acondicionado, la calefacción, la televisión, música, secadoras, electrodomésticos y la iluminación del cuarto. Igualmente se genera CO<sub>2</sub> por el uso del agua, para regar las áreas verdes, para la alberca, sobre todo para el baño, la ducha, por cambiar y lavar constantemente las sábanas y tollas del cuarto, para lo cual también se utiliza gas. El gas en los hoteles se utiliza también para las calderas de las albercas, para la calefacción, agua caliente en los cuartos y para la cocina principalmente. Por ello no es de sorprender que las instalaciones de hospedaje contribuyan fuertemente al calentamiento global.

Durante el período del 2000 al 2010 los hoteles del estado que más generaron CO<sub>2</sub> por concepto de agua fueron los hoteles de cuatro estrellas, seguido muy de cerca por los de tres estrellas. En cambio fueron los hoteles de tres estrellas los que generaron más CO<sub>2</sub> por consumo de gas y electricidad, seguido de los hoteles de cuatro estrellas. Destaca el hecho de que en los últimos años, los hoteles de dos y una estrella hayan generado casi la misma cantidad de CO<sub>2</sub> producto del uso de gas, que los hoteles de cinco estrellas (ver figura 3.29.).

Figura 3.29. Estimaciones de CO<sub>2</sub> generado en hoteles de una a cinco estrellas (toneladas)

Fuentes: Elaboración propia con base en datos de SECTURE (2011). Norma ambiental para el distrito federal NADF-008-AMBT-2005, Gobierno del Distrito Federal "Normas Técnicas Complementarias del Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal", 2004, México. Normas Mexicanas NMX-TT-005/006 y 007:1996 IMNC (1996).

Para hacer los cálculos de la cantidad de CO<sub>2</sub> generada por consumo de agua en los hoteles de diferente categoría se estimó que por cada m<sup>3</sup> de agua consumida se generan 1,5 kg de CO<sub>2</sub>. Para la electricidad se estimó que por cada Kwh de consumo se emiten 0.41 kg y para el gas se estimó que por cada m<sup>3</sup> consumido, se emiten 1.7 kg. de CO<sub>2</sub>. Se sacaron consumos promedios mensuales y posteriormente se calcularon a un año. Una vez obtenida esta información se ponderó en función de la ocupación hotelera mensual por categoría y ciudad. Para la generación de CO<sub>2</sub> en hoteles se consideraron las características de un cuarto tipo establecido por el Instituto Mexicano de Normalización y certificación (<http://www.imnc.org.mx/>).

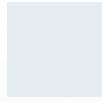
Lo anterior muestra que en el 2010 todos los hoteles generaron 2,454 toneladas de CO<sub>2</sub> por consumo de agua, pero los hoteles que mayormente contribuyeron a generarla fueron los de cuatro (25%) y tres estrellas (24%). En el mismo año se produjeron 11,870.4 toneladas de CO<sub>2</sub> por consumo de electricidad, siendo los hoteles de tres estrellas quienes emanaron más CO<sub>2</sub> (32.2%), le siguieron los de cuatro estrellas con el 24% de emisiones. Por concepto de gas se arrojaron al ambiente 2,722.3 toneladas de CO<sub>2</sub> y nuevamente fueron los hoteles de tres estrellas los responsables del 35.7% de estas emisiones de CO<sub>2</sub>, seguido de los hoteles de cuatro estrellas responsables del 19% del total emisiones (ver figura 3.28.).

<sup>i</sup> El evento que marcó el interés mundial sobre "Turismo y Cambio Climático" fue la primera Conferencia organizada por la Organización Mundial del Turismo (OMT) en Djerba, Túnez en abril del 2003 y propició una reflexión seria sobre el papel del turismo en el calentamiento global (OMT, 2003).

<sup>ii</sup> El alto consumo en climatización en un hotel turístico puede representar más del 60 % del consumo total de electricidad. (Cabrera, et al, 2004)

<sup>iii</sup> El Hotel Barceló La Boadilla 5 GL (Granada) ha reducido un 80 por ciento sus emisiones de CO<sub>2</sub> usando huesos de aceituna como fuente de energía, según informa la compañía con motivo de la celebración este domingo del Día Mundial del Medio Ambiente. Cf. [http://www.ecoticias.com/imprimir\\_noticia.php?id\\_noticia=49594](http://www.ecoticias.com/imprimir_noticia.php?id_noticia=49594), consultado 15 de julio 2011.

# 3.9 Salud



### 3.9.1. Impacto del cambio climático sobre la salud

Entre las posibles consecuencias del cambio climático, se encuentran los efectos en la salud de la población. Las transformaciones en el medio ambiente tienen impacto sobre la salud por diversas vías. Iniciaremos detallando los aspectos generales de la relación entre cambio climático y salud, para después proponer los temas de salud pública más relevantes para Baja California en relación con el cambio climático.

El cambio climático se asocia con un incremento en desastres naturales, como inundaciones o huracanes, que ocasionan daños directos a las personas y sus bienes, así como el aumento en problemas de salud debidos al desplazamiento forzado y la concentración en refugios. En estas condiciones, se incrementa el riesgo de enfermedades transmisibles y problemas de salud mental.

Estos eventos de efecto inmediato, que tienen también un gran impacto mediático, no son, sin embargo, el aspecto más preocupante del cambio climático. Los cambios lentos pero sostenidos en los patrones de lluvia, tanto las lluvias extremas como las sequías, al dañar las fuentes de subsistencia de las poblaciones en ocupaciones agrícolas, pueden provocar asimismo desplazamientos de población. Al mismo tiempo, la producción de alimentos puede verse afectada, lo que a su vez tendría impacto en la población más amplia.

Las temperaturas extremas, aún dentro de los rangos que permiten la vida humana, pueden afectar la salud de personas vulnerables, como los adultos mayores, personas de escasos recursos, o quienes carecen de una vivienda adecuada. Las personas sin recursos para protegerse de los extremos del clima, ya sea mediante sistemas de acondicionamiento artificial de la temperatura, o simplemente por no contar con una vivienda, ropa o alimentación apropiadas, pueden sufrir, además de daños a la salud directamente relacionados con las temperaturas extremas, enfermedades infecciosas o exacerbaciones de enfermedades crónicas. Los eventos de calor extremo que se presentaron en Europa en 2003 provocaron defunciones por enfermedades cardiovasculares, sobre todo en mayores de 65 años, en quienes la deshidratación facilita el descontrol metabólico (Campbell-Lendrum y Woodruff, 2006).

Los patrones de distribución de vectores transmisores de enfermedades podrían también modificarse como resultado del cambio climático. El incremento en precipitaciones y temperaturas facilitaría la extensión de la población de mosquitos, garrapatas y otros insectos capaces de transmitir infecciones como dengue, paludismo, enfermedad de Lyme y tifo, entre muchas otras. El desplazamiento de población también podría hacer entrar en contacto más estrecho a las personas con especies que son el reservorio de patógenos.

Un tema de particular interés es el de las enfermedades asociadas a la carencia de agua. El agua es esencial para la vida humana, ya que sin una hidratación adecuada el organismo no puede sobrevivir. Pero contar con agua en cantidad necesaria para cubrir esta necesidad no es suficiente. Se requiere, además, que el agua utilizada para beber y en la preparación de alimentos tenga características de higiene adecuadas, ya que de otro modo se convierte en una vía de transmisión de enfermedades. Por otra parte, la escasez de agua obliga a las personas a limitar su uso en prácticas que también son importantes para evitar la transmisión de enfermedades, como el lava-

do frecuente de manos, el baño y la limpieza de espacios donde se habita. Así, una provisión inadecuada de agua puede tener efectos negativos sobre la salud mucho antes de volverse crítica en el sentido de la hidratación.

Por último, la calidad del aire resiente también el efecto de la actividad humana. La industrialización, el uso de automóviles y el desarrollo de grandes concentraciones urbanas, provocan la emisión de contaminantes. Este incremento se acompaña de mayor incidencia de enfermedades crónicas respiratorias como el asma, así como de mayor susceptibilidad a las infecciones de vías respiratorias.

El efecto del cambio climático sobre la salud, por lo tanto, puede ser extremadamente complejo. La preparación a nivel regional exige contar con líneas generales de trabajo para la protección de la salud de la población. En el siguiente apartado se presentan los principales problemas de salud que requieren ser abordados en el contexto de Baja California. La selección de estos se basa, primero, en su sensibilidad al cambio climático, y segundo en su importancia actual para la salud pública de la entidad.

### **3.9.1.1. Caracterización de la zona de estudio**

El clima de gran parte de Baja California se caracteriza por extremos de frío y calor. Aunque en su región noroeste el clima es mediterráneo, al oriente se encuentra una amplia región de clima extremo semiárido, y en las zonas altas correspondientes a las sierras de Juárez y San Pedro Mártir pueden presentarse temperaturas extremadamente frías.

### **3.9.1.2. Diagnóstico del sector**

Se analizaron impactos del cambio climático a nivel regional sobre la salud pública, relacionando algunas enfermedades potencialmente indicadores de acuerdo al criterio del panel de expertos. Con la información disponible del Sistema Nacional de Vigilancia Epidemiológica de la Secretaría de Salud (SINAVE) y el Sistema Meteorológico Nacional, se documentó la dinámica de diversos padecimientos como las infecciones respiratorias agudas, las enfermedades diarreicas agudas y las lesiones ocasionadas por exposición ambiental, entre otros.

Se encontró que el patrón cíclico de lluvia y temperatura estacional no tuvo correlación con diferentes modelos estadísticos bioclimáticos para la mayor parte de los padecimientos y su mortalidad asociada. Sin embargo, se documentó un incremento significativo en los últimos 20 años en la incidencia de Fiebre Tifoidea, enfermedad infecciosa que se relaciona principalmente con el consumo de alimentos y agua contaminadas con heces fecales. Se pudo relacionar la incidencia de este padecimiento con el incremento de la temperatura máxima promedio y la precipitación pluvial acumulada regional para nuestro estado, lo que nos lleva a proponer a la Fiebre Tifoidea como un indicador potencial para el seguimiento a futuro de los impactos relacionados con el cambio climático en Baja California.

## **3.9.2. Evaluación de los impactos asociados al cambio climático sobre el energético de Baja California**

Debido a estas variaciones, se conoce ya en el estado la importancia de prevenir los daños a la salud por temperaturas extremas. Un problema menos abordado es el efecto de las condiciones de temperatura en la exacerbación de padecimientos crónicos. Como se mencionó más arriba, las olas de calor provocan defunciones principalmente por complicaciones asociadas a esos padecimientos. Las enfermedades crónicas son actualmente

la principal causa de defunciones en Baja California, por lo que es necesario diseñar estrategias para la protección de la población especialmente vulnerable a estas condiciones. En este sentido, se requieren estrategias de promoción de la salud y atención a personas de edad avanzada, sobre todo a quienes presentan padecimientos como diabetes o hipertensión arterial, así como a quienes viven en situación de calle o en viviendas que no cuenten con protección adecuada contra extremos de temperatura.

En cuanto a las enfermedades transmitidas por vectores, la distribución de los organismos transmisores en el estado podría cambiar al incrementarse la temperatura ambiental. A nivel mundial, se ha estimado que el cambio climático podría exponer a 2 billones de personas actualmente no expuestas al mosquito transmisor del dengue. Aunque Baja California se encuentra actualmente en la zona considerada de bajo riesgo para la existencia de este vector, el cambio climático podría incrementar ese riesgo (WHO, 2009). Otros vectores, como la garrapata transmisora de la rickettsiosis, podrían estar en la misma situación. El trabajo que se presenta en la siguiente sección muestra estimaciones en este sentido.

Si bien la morbilidad asociada a las enfermedades diarreicas ha disminuido en la última década en Baja California (Secretaría de Salud de Baja California, 2011), las infecciones gastrointestinales se encuentran actualmente entre las diez primeras causas de muerte en menores de edad. En el año 2008, se presentaron 26,140 casos de infecciones gastrointestinales en menores de 5 años de edad, lo que equivale a 9,507 casos por cada 100 mil habitantes en ese grupo de edad (Secretaría de Salud). De acuerdo con un estudio realizado en Perú, las hospitalizaciones por diarrea en pacientes pediátricos se incrementan en un 5% por cada 1°C de aumento de temperatura (Checkley et al, 2000). Considerando que el escenario de cambio climático para el estado, de acuerdo al Instituto Nacional de Ecología, es de un aumento de entre 1 y 1.5°C para el año 2020, y asumiendo que esta relación se mantiene para los casos no hospitalizados, se esperarían entonces 9,982 casos por cada 100 mil niños menores de 5 años en ese año. La prevención de enfermedades diarreicas, y el asegurar el manejo oportuno de estas, debe ser uno de los objetivos de la preparación ante un posible escenario de cambio climático. Además, en una situación de este tipo, los patrones de lluvia regionales cambiarían radicalmente. En particular en Baja California, se espera que el cambio climático ocasione sequías asociadas a cambios en el patrón del fenómeno de El Niño. Un escenario de escasez extrema, la falta de agua limpia para beber y para la preparación higiénica de alimentos podría comprometer los logros alcanzados en el combate a las enfermedades diarreicas.

Igualmente, las infecciones respiratorias se encuentran entre las 10 primeras causas de defunción, tanto en adolescentes como en adultos, en la entidad. El riesgo de cambio en el patrón epidemiológico de enfermedades endémicas regionales, como es el caso de la Coccidioidomicosis, podría aumentar debido al cambio en condiciones ambientales, facilitando la distribución del patógeno en zonas geográficas más amplias, incrementando los casos de enfermedad tanto en humanos como en animales de interés económico, como ganado bovino, con las consecuentes repercusiones en el sector ganadero. Para otras, el riesgo estaría dado sobre todo por el efecto de la temperatura extrema en la capacidad del organismo para resistir a la infección, y por el daño al tejido de las vías respiratorias relacionado con la presencia de contaminantes en el ambiente. La calidad del aire se relaciona también con la presencia de asma, que actualmente es una de las principales causas de morbilidad en Baja California, y de enfermedad pulmonar obstructiva crónica, una de las primeras causas de muerte en adultos.

### 3.9.3. Escenarios de cambio

Asimismo, se llevó a cabo la modelación de la distribución espacial potencial de la Coccidioidomicosis, enfermedad infecciosa endémica en nuestro estado, vinculada con patrones de sequía y lluvias anómalas en regiones desérticas de Norteamérica. Se estima un incremento importante en el reporte de casos y en las muertes asociadas a esta enfermedad regional y probablemente cambios en sus áreas de distribución con incrementos estimados de 1.5 a 4.5°C en las temperaturas medias máximas.

Se estima que el aumento en la incidencia y prevalencia de lesiones por exposición ambiental afectará de manera particular en el valle de Mexicali y la costa del golfo de California, incrementándose el reporte de casos de golpe de calor, insolación y deshidratación, con el consecuente aumento en la demanda de atención médica y un incremento importante en la mortalidad asociada a estos padecimientos, especialmente en los grupos vulnerables como adultos mayores. Para los meses invernales se estima también un incremento importante en el reporte de problemas de salud relacionados con exposición a bajas temperaturas como hipotermia, intoxicación por monóxido de carbono y quemaduras por fuego, especialmente en grupos de niveles socioeconómicos bajos y grupos indígenas por su mayor riesgo de exposición y técnicas tradicionales para mantener calientes sus hogares y lugares de trabajo.

Muchos de los impactos al sector salud relacionados con el cambio climático para nuestro estado serán difíciles de evaluar debido al subregistro de los principales indicadores propuestos y a que muchos de los impactos no implican causalidad directa, existiendo diversas variables confusas y que muchos de los casos de enfermedades asociadas al cambio climático se presentan tiempo después de ocurridos los fenómenos.

## ■ 3.10 Economía





## 3.10.1. Impactos económicos del cambio climático en Baja California

### 3.10.1.1. Aspectos económicos del Estado

Por encima de las condiciones anteriormente descritas en el plan estatal de acción climática -tanto geográficas, climáticas como demográficas-, el desarrollo en Baja California ha seguido la pauta que le ha marcado el modelo de desarrollo internacional, transitando de ser una economía dedicada al sector primario a ser una economía secundaria y terciaria orientada más al sector de manufactura, comercio y servicios (ver tablas 3.32. y 3.34.).

#### 3.10.1.1.1. Período 2004

De acuerdo con las estadísticas del Producto Interno Bruto Estatal (PIBE) de Baja California, la distribución sectorial presentaba los siguientes valores, expresados en millones de pesos constantes de 2003.

Tabla 3.32. Producto Interno Bruto Estatal, 2003.

Sector Económico	Total	(%)
Sector primario	8,303	3.63
Sector secundario	77,699	34.00
Sector terciario	142,525	62.37
<b>PIBE</b>	<b>\$228,527</b>	<b>100</b>

Fuente: cálculos propios a partir de INEGI (2004)

Tabla 3.33. Empleo sectorial

Sector Económico	Total	(%)
Sector primario	69,766	6.17
Sector secundario	361,297	31.99
Sector terciario	608,387	53.88
No especificado	89,336	7.91
<b>Empleo</b>	<b>1,129,092</b>	<b>100.00</b>

Fuente: cálculos propios a partir del INEGI (2004)

Al nivel de agregación de la tabla 3.32, es evidente que el sector terciario tiene la mayor participación en el PIB territorial (PIBE), con un 63%, aproximadamente, seguido por el sector secundario con un 34% y posteriormente por el sector primario con un 4%. Un análisis más detallado, fundamentado en datos publicados en 2004 por INEGI y la Secretaría de Desarrollo Económico del estado (SEDECO, 2004), revela las siguientes participaciones dentro del PIBE por Gran División del año 2004: agricultura, ganadería y pesca 3.63%; minería, 0.27%; manufactura, 21.46%; construcción, 10.15%; electricidad, 2.12%; transportes, 10.16%; comercio y servicios, 20.96%. En ese sentido los sectores secundario y terciario predominan como generadores de producción y queda claro que a nivel de sectores individuales estas actividades tienen un importante peso en el empleo.

El señalamiento anterior se constata al analizar los datos de empleo, pues de acuerdo a la información presentada en la fuente anterior las estadísticas para el año de 2004 mostraban que la distribución de la ocupación era la que se observa en la tabla 3.33.

Tabla 3.34. Producto interno bruto de Baja California, 2008.

Sector Económico	Total en Millones	(%)
Sector primario	7,731	3.02
Sector secundario	86,468	33.82
Sector terciario	161,493	63.16
<b>PIBE</b>	<b>\$255,692</b>	<b>100.00</b>

Fuente: cálculos propios a partir de INEGI (2008).

Tabla 3.35. Producto interno bruto de Baja California por Gran División

Total por gran división	2004	2008
Agropecuario, Silvicultura y pesca	3.63	3.02
Minería	0.27	0.22
Industria Manufacturera	21.46	21.97
Construcción	10.15	9.50
Electricidad, Gas y Agua	2.12	2.12
Comercio, Restaurantes y Hoteles	20.96	20.76
Transporte, Almacenamiento y comunicaciones	10.16	11.15
Servicios Financieros, seguros y bienes inmuebles	12.33	13.77
Servicios Comunes, Sociales y personales	15.62	14.85
Actividades del Gobierno	3.92	3.88
Servicios Bancarios imputados	-0.62	-1.22
<b>PIBE</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>

Fuente: cálculos propios a partir de INEGI (2004 y 2008).

De esta forma el sector primario, que comprende la agricultura, la ganadería, la silvicultura, la caza, y la pesca, mostraba la menor participación dentro del empleo total (aproximadamente 6.17%). El sector secundario, que incluye a la industria extractiva, la industria de la transformación, la construcción, la electricidad, emplea alrededor de una tercera parte de la fuerza de trabajo. Por su parte el sector terciario, compuesto por el comercio, el transporte y los servicios, participaba con 53.88 % del total de los trabajadores ocupados. Cabe señalar que en ese mismo año Baja California contaba con una tasa de participación en la fuerza laboral mayor a la tasa media nacional, pues en el estado el 40% de la población con edad de 12 años o más, era considerada población económicamente activa, mientras que al nivel nacional la cifra de participación era del 35% (INEGI, 2004).

Es de notar que hay grandes disparidades entre los niveles de producción y de empleo sectoriales. Definiendo convencionalmente a la productividad del trabajo como el valor de la producción, dividido entre el número de trabajadores, los datos anteriores de producción y empleo implicarían que el sector primario, con más de la mitad del empleo, generaba una producción por empleado de \$11,901, mientras que en el sector secundario, con 32% de la ocupación, produciría \$21,505 por trabajador. En términos de la productividad global del trabajo, el PIBE generado por cada empleado bajacaliforniano ascendería a \$20,240, en comparación con la media nacional de \$16,202, lo que significaría que el trabajador en Baja California es 18 % más productivo que el trabajador mexicano promedio en 2004. Algo similar ocurriría con el producto *per cápita*: en Baja California este indicador alcanzaría el valor de \$27,405, comparado con la media nacional del \$23,167, con el resultado de que si en ambos casos el valor de la producción se distribuyera de manera perfectamente igualitaria, podríamos afirmar que cada bajacaliforniano hubiese tenido acceso a una cantidad de bienes y servicios superior en 18% a la alcanzada por el mexicano promedio.

Si bien es cierto que con el paso del tiempo y por varias décadas, se ha llegado a observar una clara superioridad de la productividad e ingreso por habitante en Baja California, respecto del promedio nacional esto puede cambiar con los efectos del cambio climático.

### 3.10.1.1.2. Periodo 2008

Según las estadísticas del producto interno bruto estatal la distribución sectorial del PIBE, en millones de pesos de 2004, en el año 2008 era la siguiente:

En los 4 años transcurridos entre 2004 y 2008, el valor de la producción de Baja California (a precios de 2004) creció en 1.18%, es decir, a un ritmo inferior al observado en las décadas de los noventa (Fuentes, 2006). En

buena medida esto se explica por la crisis económica que azotó al país y al mundo a raíz de las crisis financieras. En efecto, la producción de economía nacional se incrementó en sólo 1.02 % durante ese mismo periodo. Aún así, el producto *per cápita* nacional, al alcanzar en 2008 la cifra de \$21,217, mostró un crecimiento real de 0.23%, mientras que en Baja California el producto por habitante, de nuevo a precios de 1994, se redujo de los \$27,405 en 2004, a \$24,333 en 2008, significando una reducción de 3.21%, a pesar del crecimiento del PIB. Indudablemente, este fenómeno obedeció al continuo crecimiento demográfico del estado, que de manera tradicional ha excedido al crecimiento de la población nacional, debido a los flujos migratorios provenientes del interior del país. De cualquier forma, en la medida que el producto por persona pueda interpretarse como un parámetro del bienestar, queda claro que la situación económica de los bajacalifornianos se deterioró ligeramente durante ese período.

Por otro lado, durante este periodo el estado muestra cambios significativos en la composición del PIB. Según las cifras de los Anuarios Estadísticos del Estado de Baja California entre 2004 y 2008 en la tabla 3.34, muestran que durante el año 2004 el sector primario constituía el 3.63% de éste, en 2008 representó solamente el 3.02 %. Los conocedores podrán asociar este cambio con los problemas ocasionados por el riego agrícola, salinidad de pozos, falta de agua, por cartera vencida, falta de financiamiento bancario, altas tasas de interés, deudas con proveedores entre los que se incluye la propia Comisión Federal de Electricidad, etcétera. Como se señaló anteriormente, el sector primario ya no tiene la preeminencia productiva con la cual fue, en alguna época, un bastión importante de la economía estatal. Aunque si es relativamente importante en términos de creación de empleo y de consumo de agua (Zavala y otros, 2010; Kretschmar y otros, 2010).

Por su lado, la minería no acusa un peso significativo. A excepción de los años ochenta, en los cuales el sector alcanzó su mayor importancia en la generación de la producción estatal (1.1 %), la actividad minera muestra poca importancia en 2004 que es 0.27 % y que desciende marginalmente al 0.22% en 2008.

La Industria Manufacturera, importante generadora de empleos y motor de la actividad económica, dinamizadora de la misma, ya sea en Baja California en cualquier otro estado de país, pasó de conformar el 21.46% del PIB para alcanzar en 2004 sólo el 21.97% de la producción en 2008. Es decir, en el lapso de cuatro años el sector manufacturero, generador nato de empleo y quizás menos susceptible a los altibajos que pueden representar otros agregados, tales como el comercio, aumento ligeramente su contribución al producto local. Debe hacerse notar que esta industria representa la producción de alimentos, bebidas y tabaco, textiles, prendas de vestir, artículos de cuero, productos de la madera, productos metálicos y toda otra suerte de bienes que en 2004 generaron remuneraciones por más de 56 mil millones de pesos y más de 300 mil empleos. De igual manera, los datos revelan que la industria no logra remontar niveles mínimos de participación (su contribución oscila entre el 21.47% y menos del 22%) y que, independientemente de los escasos intentos por expandir la industria local a para exportación, impulsada en fechas recientes en el estado, no ha sido capaz de conseguir un despegue adecuado.

La tabla 3.35. muestra también la caída, a lo largo del periodo, de la industria de la construcción, igualmente generadora de empleos y fuente de trabajo de mano de obra poco calificada. Los datos señalan que esta rama logró su mayor de participación dentro del PIB (10.15%) en 2004 para luego, entre alzas y bajas, llegar finalmente a representar el 9.50% durante el año 2008.

El tradicional sector comercial, impulsor tradicional de la actividad bajacaliforniana, se encuentra en iguales problemas que las restantes actividades productivas. En 2004 se ubicó en el nivel más bajo histórico. Aunque de todas maneras, e independientemente de los cambios ocurridos, la Gran División 6 sigue siendo uno de los de mayor peso relativo en el estado, dado que los datos más recientes la destacan con una participación del 20.76% de la producción. Aparte de la vocación comercial de Baja California, la cual todavía se conserva, aunque no en la magnitud que representó en el pasado, el peso específico de la Gran División 6 puede atribuirse a la caída del sector turístico, destacando de manera importante la clausura de importantes restaurantes, hoteles y establecimientos similares identificados con los servicios que se ofrecen a los turistas.

La Gran División 7 sigue siendo de un peso significativo en el estado, dado que los datos más recientes la destacan con una participación del 11.15% de la producción, la más significativa históricamente para esta divi-

sión. En estas divisiones se incluyen las actividades de transporte regular o no regular de pasajeros o de carga por ferrocarril, por carretera, o por vía acuática o aérea, así como las actividades de transporte auxiliares, como los servicios de terminal y de estacionamiento, de manipulación y almacenamiento de la carga, etc.

Un nuevo sector que parece descollar dentro de la actividad productiva local corresponde a la Gran División 8, denominada genéricamente Servicios Financieros, Seguros y Bienes Inmuebles, dedicada al financiamiento e intermediación financiera, servicios bancarios, factoraje financiero, actividades crediticias, de seguros y fianzas, o bien a transacciones relacionadas con bienes raíces, tales como compra, venta, alquiler, correduría, valuación y administración, tanto de bienes inmuebles propios como de propiedad de terceros, entre las más importantes. Incluye también las actividades que realizan las casas de cambio, las uniones de crédito, las cajas de ahorro popular, las de autofinanciamiento, etcétera.

Podemos considerar que este dinamismo de la actividad servicios se encuentre vinculado con la injerencia cada vez más participativa en condominios, tiempos compartidos y propiedades en manos de nacionales y extranjeros, ya sea que éstos estén ligados o relacionados con el sector turístico, o no que lo estén, pero que en todo caso se convierten en inversión privada, que va más allá de los hoteles, moteles, trailers park y/o establecimientos de alojamiento temporal, característicos y tradicionales del turismo destinado al paseo y esparcimiento. Otra alternativa consistiría en postular que dichos flujos pueden justificarse en términos de que constituyen inversiones y/o ahorros que son depositados al interior del sistema bancario, fruto o no de inversiones productivas, o simplemente se traduzcan en recursos monetarios que son depositados para su uso futuro, los cuales pueden traducirse a final de cuentas en consumo privado o en inversión.

Otra División que se revela interesante es la que corresponde a Servicios Comunales, Sociales y Personales (Gran División 9), ya que a lo largo del periodo considerado su participación dentro del PIB desciende del 15.62% en 2004 al 14.85% en 2008. Dentro de esta importante División deberemos recordar que se encuentra el sector gobierno, definido éste como un agente económico con características especiales que produce bienes y servicios que ofrece a la comunidad a precios subsidiados.

Los concededores de Baja California podrán advertir la importancia de éste y las implicaciones políticas y laborales que conlleva su ejercicio. De esta manera, la cuantía de los servicios que ofrece debe ser reconocida incluso por aquellos que propugnan por un adelgazamiento del aparato gubernamental. Absolutamente en el periodo analizado, la Gran División 9, que incluye además de las actividades gubernamentales, aquellas otras generadas por profesionistas y técnicos independientes, siempre ocupa el tercer lugar en cuanto a su importancia dentro de la producción estatal.

Profundizando el examen de la participación por las ramas de actividad al interior de cada Gran División en el estado, iniciamos con la División 1 en la que destacan la agricultura, ganadería, silvicultura y la pesca ya que entre ambas totalizaron el 3.63% del producto de esta División para el año 2004, mientras que en 2008 constituyeron el 3.02%. Sin embargo, la comparación entre años indica que el sector pesca mantuvo constante su participación dentro de esta División, lo cual se antoja absurdo en un Estado con una vocación y riqueza pesquera envidiable.

Además de las cifras que reflejan la distribución del PIB bajacaliforniano dentro de cada rama, la tabla 3.36 contiene datos al nivel nacional. Del análisis de este cuadro se desprende que, guardadas las debidas proporciones en cuanto a la magnitud de la producción nacional y la local, las estructuras porcentuales respectivas se encuentran relativamente lejanas en lo referente a la agricultura, ganadería y pesca. La participación de silvicultura se ha mantenido casi constante en el estado mientras que ha descendido a nivel nacional. Por su parte, la pesca contiene muy poca significación. Asimismo, la tabla 3.36 resalta el hecho de que la actividad agrícola reviste una importancia mucho mayor para la economía estatal, de lo que ocurre en el caso del país.

En el sector de la pesca Baja California domina sin sombra de duda a su homólogo nacional. Obsérvese que, con una participación del 6.56% al nivel nacional en 2004, o del 6,57% en 2008, la actividad pesquera no se revela como una prioridad que llame la atención de las autoridades del centro del país. Por tanto, deberán ser los

propios legisladores californianos quienes tomen bajo su responsabilidad la tarea de presentar, promover y defender proyectos novedosos que incidan en la expansión de esta vital actividad para la economía de bajacaliforniana considerando el impacto del cambio climático. Datos recientes de INEGI señalan la riqueza de nuestros mares, así, durante 2004 el volumen de captura de algunas especies en el estado, superó en más del 40% al volumen de las mismas especies capturadas a nivel nacional, de acuerdo con la tabla 3.37.

Tabla 3.36. Composición porcentual de la División 1 por rama de actividad.

Gran división 1: Agropecuario, Silvicultura y Pesca				
	2004		2008	
	Baja California	Nacional	Baja California	Nacional
Agricultura	76.46	59.39	68.20	58.46
Ganadería	15.99	31.77	24.13	31.15
Silvicultura	0.97	4.86	1.08	4.30
Pesca	6.56	3.97	6.57	4.10
<b>TOTAL</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>

Fuente: Elaborado a partir del *Anuario Estadístico...*, INEGI (2004 y 2008).

Tabla 3.37. Volumen de la producción pesquera según especies principales.

Especie	% respecto al total nacional	Posición nacional
Camarón	2.83	1.22
Pesca Tunidos	23.42	12.34
Sardina y Achoveta	18.04	4.87
Otras especies	9.64	4.34

Fuente: Perspectiva estadística de Baja California. INEGI (2008).

En cuanto a la minería, la tabla 3.38 señala que en el estado la prioridad se concentra en la rama canteras, arena, grava y arcilla, que comprende la extracción, explotación o beneficio de piedra caliza, yeso, arena, grava, granito, entre otras que son fácilmente identificables en la localidad.

Tabla 3.38. Composición porcentual de la División 2 por rama de actividad.

Gran División 2: Minería				
	2004		2008	
	Baja California	Nacional	Baja California	Nacional
Canteras, arena, grava	89.65	1.16	87.7	1.16
Otros minerales no metálicos	0.45	0.001	2.3	0.06
<b>TOTAL</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>

Fuente: Elaborado a partir de *Anuario Estadístico...*, INEGI (2004 y 2008).

Canteras, arena, grava y arcilla representó un importante 89.65 del PIBE minero en 2004. Para ese mismo año, el 0.45% restante se adjudicó a Otros minerales no metálicos, que contempla la extracción o explotación de minerales ampliamente conocidos en el Estado, tales como roca fosfórica etcétera. Nótese que la importancia relativa entre ambas ramas se mantuvo en 2008 y a la última de las mencionadas se le otorgó un prestigioso 87.3 %de la Gran División 2. De nueva cuenta, como en el caso de la pesca, aquí también vuelve a surgir la duda si el 1.17% que representó esta rama en el plano nacional en 2004, o el 1.16% de 2008. Esta rama de actividad es de importancia para los planificadores del estado.

Para el análisis de la Gran División 3, correspondiente a la Industria Manufacturera, el Anuario Estadístico del Estado de Baja California (INEGI, 2004) permite construir la puntualización que se muestra en la tabla 3.39.

En general, las diferencias entre la estructura productiva de la manufactura estatal y la nacional son muy notables, y se deben primordialmente a la inexistencia en el estado de aquellos sectores que son claves para la exportación. Por ejemplo, la rama textil en 2008 representaba 3.49% del PIBE manufacturero bajacaliforniano, comparado con poco más de 6.29% en el nacional. Más obvio es el caso de la rama sustancias químicas, derivados del petróleo, productos de caucho y plásticos, que depende significativamente de la actividad desarrollada por Pemex, muy importante en varios estados de la República, pero con poca presencia en Baja California. Así, durante ese mismo año, la rama mencionada contribuía casi con el 14.38% del PIB manufacturero nacional, pero sólo con un 6.67% del estatal. En la rama de productos metálicos es evidente una diferenciación similar en la producción

estatal y nacional: en la primera, esta rama representaba en 2008 menos de 52.33% del PIB de la manufactura, comparado con más de 31.47% al nivel nacional.

Tabla 3.39. Composición porcentual de la División 2 por rama de actividad.

Gran División 3: Industria Manufacturera				
	2004		2008	
	Baja California	Nacional	Baja California	Nacional
Productos alimenticios Bebidas y tabaco	14.06	26.53	13.22	26.30
Textiles, prendas de vestir e industria del cuero	3.94	6.98	3.49	6.29
Industria y productos de la madera	3.55	2.38	3.27	2.17
Papel, productos de papel, imprentas	3.49	4.32	3.69	4.27
Sustancias químicas, derivados del petróleo, productos de caucho y plástico	6.37	14.81	6.67	14.38
Productos minerales no metálicos, excluye los derivados del petróleo y del carbón	5.01	7.05	5.37	7.22
Metálicas básicas	0.65	5.12	0.83	5.07
Productos metálicos, maquinaria y equipo	50.81	29.90	52.33	31.47
Otras industrias	12.12	2.90	11.12	2.83
<b>TOTAL</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>

Fuente: Elaborado a partir de *Anuario Estadístico...*, INEGI (2004 y 2008).

La diferencia que resulta más notoria dentro de esta División 3 es la alta concentración que existe en Baja California con respecto a las ramas productoras de alimentos, bebidas y tabaco (tabla 3.40). Para los dos años exhibidos, Baja California supera en más de dos veces a lo que acontece al nivel nacional, señalándose así de nuevo la poca diversificación de la manufactura local.

Con respecto a la Gran División 6, denominada comercio, restaurantes y hoteles, desde la tabla 3.36 hemos advertido que, independientemente de los altibajos que ha sufrido durante la serie en estudio, es la actividad que representa una de las de mayor participación dentro del PIB. Esto se explica al impulso otorgado al sector comercio desde la creación de la Zona Libre en el estado. Si se desglosa la Gran División 6 en dos componentes, esto es, si se aísla el sector comercio y la componente restaurantes y hoteles, se nota la preeminencia del primero sobre el segundo, como se observa en la tabla 3.40. También se observa que el sector comercio es la principal componente de la Gran División 6, a pesar de que bajó 7.4 puntos porcentuales durante los años 2004 y 2008.

Tabla 3.40. Composición porcentual de la División 6 por rama de actividad

Gran División 6: Comercio, Restaurantes y Hoteles		
Composición porcentual de cada rama		
	2004	2008
Comercio	65.0	81.5
Restaurantes y Hoteles	35.0	18.5
<b>% Gran División 6 en el PIB</b>	<b>62.37%</b>	<b>63.16%</b>

Fuente: elaborado a partir de *Anuario Estadístico...*, INEGI (2004 y 2008).

### 3.10.1.2. Principales Impactos del cambio climático en la economía del Estado

De acuerdo al plan estatal de acción climática de Baja California los impactos principales tienen que ver principalmente con alteraciones en la estacionalidad e intensidad de las lluvias y sequías (Zavala y otros, 2010); la cantidad de precipitación al año y la variación en las temperaturas (Pombo, 2010); y con la severidad y redistribución de fenómenos hidrometeorológicos (Rodríguez, 2010).

Los impactos directos asociados al CC en el estado se relacionan principalmente con la actividad agrícola que es muy intensivo en el uso de agua (consume el 83 % del agua disponible del estado), la actividad agropecuaria que genera importantes emisiones de gases causantes del efecto invernadero (9 % de la emisión antropogénicas de bióxido de carbono, 37 % de la emisión de metano y 65 % de la emisión de óxido nítrico) y la actividad pesquera relacionada con la pesca marítima (cambios en la temperatura y del nivel del mar).

El cálculo de los impactos del CC en estas actividades a nivel nacional se basa en relaciones estadísticas entre variables climáticas e indicadores económicos de largo plazo (Galindo, 2009).<sup>1</sup> Sin embargo, en el caso de Baja California no es posible realizar esta aproximación debido a la falta de información temporal. No obstante, se recurrió a utilizar un modelo regional multisectorial de simulación dinámica para examinar el impacto sobre la producción agrícola, agropecuaria y pesquera respecto de otras actividades económicas debido a cambios tanto de precipitación pluvial como de la temperatura del agua.<sup>2</sup> El modelo regional multisectorial dinámico, empleando información sectorial, calcula los efectos de variaciones en variables climáticas, económicas y no económicas sobre el valor de la producción interna bruta del estado e inversión. Además, en el modelo se consideran los efectos de retroalimentación y los vínculos intersectoriales.<sup>3</sup>

El modelo está fundamentado en la matriz de insumo producto estatal, en su versión dinámica la cual fue construida en el software Stella (9.0.3), constando de tres módulos. El primer módulo denominado —capital regional introduce endógenamente el proceso de acumulación de capital al sistema económico regional. El segundo llamado —economía regional genera las trayectorias temporales de los niveles de producción sectorial y permite proyectar dichos niveles hacia el futuro si se conocen la tasa de crecimiento de las demandas finales autónomas y el nivel inicial de producción sectorial. El tercer módulo es nombrado —actividades agrícola/ganadero/pesca que es el módulo clave, que se supone orientado por el lado de la oferta y permite analizar los efectos esperados en la precipitación pluvial y temperatura del mar.

Para la realización de los impactos de la —actividad agrícola/agropecuario/pesca se requiere de un cambio en la estructura del modelo dinámico, por lo que pueden llevarse a cabo simulaciones alternativas a través de la sustitución por ejemplo de la —actividad agrícola e introduciendo cambios tanto en la precipitación pluvial como en la temperatura del mar (Fuentes y otros, 2010).

Cada escenario de simulación está diseñado para observar el movimiento de la producción, inversión y capacidad instalada de las actividades primarias en su vertiente agrícola/ganadera/pesca debido a que es el sector primario el que encara mayores limitaciones en la capacidad instalada, dado un cambio exógeno en la demanda final o una variación ocasionada por una caída o aumento en la precipitación pluvial o en la temperatura del agua.

Para el examen de la evolución de la economía estatal se examina un periodo antes del cambio, durante el cambio y los siguientes tres años (las unidades son anuales). En el análisis se muestran las trayectorias de los niveles sectoriales de producción e inversión, las limitaciones de capacidad instalada sectorial y el nivel de producción tendencial cuando todos los sectores crecen a una tasa proporcional constante, en el escenario base.

En este último se compara la dinámica del modelo regional intersectorial --producción, inversión y capacidad instalada— con el patrón de crecimiento proporcional en el sector primario en su vertiente agrícola/ganadera/pesca. En este escenario base, se puede constatar lo siguiente:

- Las proyecciones del modelo, por lo menos a corto, mediano y largo plazo, parecen “razonables”.
- La restricción de la capacidad instalada en el sector primario en su variante agrícola determina el máximo de producción de dicho sector en el corto plazo.
- El valor requerido de producción al inicio es igual a la capacidad instalada, sin embargo, debido al crecimiento de la demanda final y al impacto autónomo sectorial del 5 % del valor de su producción, el valor de producción es mayor a la capacidad instalada en el corto plazo. Es decir, existe un exceso de demanda regional.

- La expansión de la inversión (motivada por el aumento de producción sectorial) incrementa la capacidad de producción en el mediano plazo sujeta a un mayor rezago que la producción sectorial.
- Posteriormente, la capacidad instalada continúa incrementándose hacia su nivel deseado, a pesar de la disminución de la inversión.
- En el sector hay diferencias significativas en el corto plazo entre las trayectorias dinámicas del modelo y el patrón de crecimiento tendencial. Pero a mediano plazo, las diferencias desaparecen.
- La solución del modelo parece más —realista que la solución de crecimiento proporcional constante, porque toma en cuenta la formación de capital inducida por el crecimiento de la demanda final y el impacto autónomo sectorial del 5 % del valor de la producción.
- Por último, se comprueba la consistencia del movimiento de las variables del sector primario en su variante agrícola —respecto al sector secundario y terciario—ya que es el que encara mayores limitaciones en la capacidad instalada dado un cambio exógeno en la demanda final.

### 3.10.1.3. Evaluación económica de los impactos del cambio climático en Baja California

La cuantificación de los impactos esperados del cambio climático no es una tarea fácil o mecánica, pues se requiere de crear un modelo económico a nivel regional que sea coherente, capaz de generar escenarios económicos factibles y reconocer la existencia de un margen de incertidumbre importante dado la vulnerabilidad el fenómeno. No obstante, todo lo anterior, desde la óptica de la política pública y de la sociedad en general, resulta un ejercicio particularmente importante medir los posibles impactos del cambio climático sobre el ritmo de crecimiento regional en la medida que ello permite identificar opciones y alternativas, así como crear estrategias para enfrentar los efectos del cambio climático.

La cuantificación de los impactos esperados del cambio climático requiere, como se acordó anteriormente, de un cambio en la estructura del modelo intersectorial, por lo que pueden llevarse a cabo los posibles impactos del cambio climático a través de simulaciones alternativas del escenario base. En nuestro modelo intersectorial es necesario sustituir la ecuación:

Cantidad Sector Primario en su vertiente agrícola = Cantidad Fija

Por el conjunto de ecuaciones:

Cantidad Sector Primario = Cantidad Fija + Cantidad Variable

Cantidad Fija = 0.50 \* Cantidad Sector Primario

Cantidad Variable = Tasa de conversión lluvia en cantidad \* Lluvia

Tasa de conversión lluvia en cantidad = Cantidad / 30

Lluvia = Tabla Lluvia (Time)

Tabla Lluvia ([0,0) – (10,400)], (1, 180), (2, 250), (3, 110), (4, 280), (5,230))

Una vez introducidos esos cambios se puede ejecutar el modelo y se puede medir de los efectos del cambio climático sobre la producción, inversión y capacidad productiva del estado de Baja California. Respecto a los



cambios en el sector primario en su vertiente agrícola/agropecuaria/pesca se contempla una disminución en la precipitación pluvial y temperatura del agua.

Los resultados de la tabla 3.41 evidencian que la vulnerabilidad del estado ante el cambio climático es “moderada” cuantificado por la reducción de la producción e inversión. Sin embargo, es posible que la frecuencia e intensidad de las modificaciones en las precipitaciones pluviales y la temperatura del mar pueda provocar daños severos en la infraestructura y abruptas reducciones de los niveles de producción e inversión en la agricultura, ganadería, pesca, y ramas de las manufacturas que dependen de los insumos que son producidos en estas industrias.

Ello implicaría que uno de los componentes más importantes del probable daño económico en el estado de Baja California sea el aumento de la probabilidad de ocurrencia de este tipo de “catástrofes”. Este aumento en el riesgo asociado a estas catástrofes extremas puede aumentar sustancialmente el impacto del cambio climático, especialmente, si consideramos que el grado de vulnerabilidad de economía bajacaliforniana ante este fenómeno, en vez de reducirse parece aumentar con el nivel de desarrollo económico.

**Tabla 3.41. Impactos del cambio climático en el ritmo de crecimiento de Baja California**

Impactos en Producción (%)				
	Año 1	Año 2	Año 3	Promedio Escenarios
Agricultura*	0.82	1.33	1.64	
Ganadería*	0.54	0.49	0.58	
Pesca**	0.59	0.62	0.89	
Manufactura	0.31	0.32	0.35	
Impactos en Inversión (%)				
	Año 1	Año 2	Año 3	Promedio Escenarios
Agricultura*	0.77	0.78	0.79	
Ganadería*	0.43	0.42	0.49	
Pesca**	0.25	0.33	0.45	
Manufactura	0.21	0.25	0.25	
Impactos en Capacidad Productiva (%)				
	Año 1	Año 2	Año 3	Promedio Escenarios
Agricultura*	4.39	5.78	9.58	
Ganadería*	5.98	6.23	10.01	
Pesca**	7.43	6.23	12.13	
Manufactura	0.20	0.21	0.25	


Precipitación pluvial (\*) / Temperatura del mar (\*\*)

#### Notas:

<sup>1</sup> Entre las desventajas del enfoque se cuenta con que los precios de los productos agrícolas y los precios de la producción son considerados constantes, y que los factores clave que determinan la producción agrícola, tales como la disponibilidad de agua y la fertilización de carbono, generalmente son considerados como constante (Ramírez y otros, 2010).

<sup>2</sup> El modelo es una adaptación del proyecto TOPMARD desarrollado para ver los impactos en la agricultura y en el desarrollo rural de cambios ecológicos, económicos y sociales (Johnson, 2008).

<sup>3</sup> Una limitación del enfoque es que al modelar los impactos sectoriales lo hacen a costa de agregaciones considerables (Schlenker y otros, 2006).



# 4. Acciones de mitigación y estrategias de adaptación



## 4.1. Acciones de mitigación y adaptación al cambio climático para Baja California

En este apartado se describe, en primer lugar, el método utilizado para ordenar la información de los reportes de las diferentes mesas temáticas de trabajo que se organizaron para la elaboración del PEACC, con el objetivo de generar una lista de propuestas de acción base de decisiones de políticas estatales. En segundo lugar, el contenido de los talleres realizados con el equipo de trabajo del PEACC-BC, así como un taller realizado con la participación de un grupo de 21 funcionarios de diferentes instancias bajacalifornianas. El objetivo de estos talleres fue introducir a los miembros del grupo de trabajo al método de planeación del Marco Lógico y realizar un ejercicio de análisis de factibilidad de las propuestas. Los talleres tuvieron lugar los días 17 y 24 de Junio y 17 de Agosto de 2010.

### 4.1.1. Acciones propuestas

La información contenida en los reportes de las mesas de trabajo temáticas se reorganizó como recomendaciones de mitigación y adaptación para los sectores productivos de Baja California. Con esta reorganización se buscó reducir duplicidades y priorizar las líneas de acción de forma que los servidores públicos pudieran incorporarlas a sus políticas.

La información reorganizada también podía ya considerarse el diagnóstico que requiere la metodología del marco lógico, es decir un fundamento para plantear una estructura general de actuación frente al cambio climático en Baja California. Este esquema permitió establecer una secuencia en las acciones y dimensiones que impactan el problema del cambio climático de manera transversal más que sectorial.

Este trabajo de reorganización también sentó las bases para enfocar el cambio climático como un problema de desarrollo, es decir, acercar al sector académico involucrado en el proyecto, que por su perfil generalmente no considera objetivos sociales, a un planteamiento de impacto social de la situación diagnosticada como puente de la información técnica y la agenda de trabajo gubernamental.

El resultado de esta primera etapa del trabajo fueron los siguientes cuadros, en los que cada propuesta se clasificó como acción o propuesta general según su grado de concreción, y en de mitigación o adaptación según su contenido.

**Tabla 4.1. Propuestas en Recursos Hídricos**

Propuestas	General (G)	Mitig. (M)
	Acción (A)	Adapt. (A)
Planeación integral del uso y manejo del agua, mediante la vinculación interdisciplinaria, interinstitucional y la participación social.	G	A
Programación hidroagrícola a través de la vinculación interinstitucional y la participación social.	G	A
Participación de la sociedad en la planeación, programación, el seguimiento al cumplimiento de los objetivos, y en el financiamiento de las obras y acciones que la benefician.	G	A
Saneamiento y fortalecimiento de las finanzas y de los sistemas operadores con el objetivo de lograr su autosuficiencia.	A	A
Tarifas adecuadas al costo real y financiero del servicio en el corto y mediano plazo.	A	A
Simplificación administrativa.	G	A
Desregulación.	G	A
Transparencia en la información sobre disponibilidad, uso y manejo del agua, así como del ejercicio de los recursos.	A	A
Instituir la investigación y capacitación en materia de agua.	G	A
Restauración, conservación y uso sustentable de los acuíferos.	G	A
Seguimiento y evaluación de los Consejos Técnico Consultivo del sector Agua de la Frontera Norte y Consultivo del Agua del Estado de Baja California.	A	A
Desarrollo de la cultura del agua de acuerdo a las características de la región y el Estado.	G	A

**Tabla 4.2. Biodiversidad Terrestre**

Propuestas	General (G)	Mitig. (M)
	Acción (A)	Adapt. (A)
Resaltar tanto la importancia de los servicios ambientales, por ejemplo la cobertura vegetal y relevancia de las especies, como el beneficio socio-económico en cadena que los mismos traen al ser humano y los propios ecosistemas regionales.	G	A
Realizar estudios específicos de especies sensibles ante el cambio climático, enmarcando la importancia de estas especies en el ámbito no solo ambiental sino también socioeconómico de BC.	A	A
Actualizar las bases taxonómicas existentes e incluir éstas dentro de las normas de protección de especies de manera continua.	A	A
Formar recursos humanos especializados en estudios de biodiversidad florística y faunística de la región.	A	A
Priorizar los estudios de biodiversidad y muestreos florísticos y faunísticos, acorde con las zonas de alto riesgo por cambio de uso de suelo y aquellos eventos ligados al CC como inundaciones, huracanes, incremento del nivel del mar, aumento de calor, etc.	A	A
Realizar un monitoreo continuo de los cambios estacionales de los cuerpos de agua de la región y ascenso del nivel del mar; esto aunado a estudios locales de vulnerabilidad de las zonas costeras.	A	A
Considerar las experiencias previas en la entidad en cuanto a desastres y daños por lluvias, huracanes, etc. como un insumo para la planeación urbana y ordenamientos territoriales de BC. Considerar los extremos climáticos como resultado de las oscilaciones oceanográficas (inundaciones, ciclos de sequía, incendios forestales, etc.)	G	A
Realizar análisis de factibilidad de proyectos y obras de grandes dimensiones sobre todo en función de los eventos climáticos y zonas de riesgo identificadas.	G	A
Realizar estudios específicos de especies sensibles que se encuentren cercanas a zonas urbanas y donde el crecimiento poblacional se tiene esperado, esto es, principales en los alrededores de las ciudades de BC.	G	A

**Tabla 4.3. Energía**

Propuestas	General (G)	Mitig. (M)
	Acción (A)	Adapt. (A)
Diseñar en la actualidad sistemas futuros flexibles, tales que incorporen tecnologías para, por ejemplo en esta región semidesértica, conservar agua en los procesos de enfriamiento	G	M
Diversificar el mercado energético en BC, con una incorporación del uso de las energías renovables en sustitución de combustibles convencionales. Dicha incorporación debe hacerse de manera gradual empezando por el abastecimiento de edificios gubernamentales y escuelas, para terminar con “clusters” de energía renovables como celdas solares en techos de edificios en barrios, con propiedad de la comunidad y arreglo de líneas de transmisión para venta de excedente a la red	G	M/A
Promover del ahorro y uso eficiente de la energía	G	M
Sustituir y usar materiales de construcción que conservan o ahorran la energía en el hogar	G	M
Manejar mejor o aprovechar residuos tanto agrícolas, como residuos sólidos	G	M

**Tabla 4.4. Asentamientos urbanos y vivienda**

Propuestas	General (G) Acción (A)	Mitig. (M) Adapt. (A)
Aplicación de los programas de desarrollo urbano de los centros de población del estado existentes.	A	A
Incorporar el tema de las consecuencias del cambio climáticos en los futuros planes y programas de desarrollo urbano en el estado.	G	A
Seguimiento y evaluación de los programas de ordenamiento urbano y ecológico del estado.	A	A
Reorientar el desarrollo inmobiliario costero hacia zonas más seguras con motivo del aumento del nivel del mar.	G	A
Dotar de nuevas atribuciones y recursos económicos a la Secretaría de Infraestructura y Desarrollo Urbano para el cumplimiento de sus objetivos y metas.	A	A
Disminuir el rezago en materia de drenaje pluvial en los principales centros de población.	A	A
Construcción de tanques desarenadores y pluviales en asentamientos urbanos ubicados en cañones y cañadas.	A	A
Realizar obras civiles en la zona costera para disminuir los efectos del aumento en el nivel del mar.	G	A
Incentivos fiscales para el desarrollo y construcción de vivienda bioclimática que ahorre energía, agua y trate sus aguas servidas.	G	A/M (si incorpora refrig)
Incorporación de los grandes baldíos urbanos como áreas verdes.	A	A
Desarrollo de áreas verdes en los nuevos fraccionamientos.	A	A/M (sumideros)
Destinar el agua de reuso para riego de áreas verdes.	A	A (actual)
Creación de un sistema de alertamiento temprano para el monitoreo de eventos climáticos intensos.	A	A
Aplicación de la Ley Estatal de Protección Civil, así como su reglamento, desde una visión de planeación propositiva.	G	A
Elaborar el Atlas Estatal de Riesgo de Desastre ante Amenazas Climáticas a escala asentamiento humano, en colaboración con los municipios.	A	A
Fomentar que las unidades de protección civil municipales cuenten con los recursos económicos, materiales y de personal para el cumplimiento de sus responsabilidades.	G	A
Diseñar campañas de información sobre los efectos del cambio climático en las ciudades del estado.	A	A
Actualizar los planes y programas de protección civil estatal desde una perspectiva incluyente, donde participe la población local a nivel colonia, delegación y ciudad.	G	A

Tabla 4.5. Agricultura y Ganadería

Propuestas	General (G) Acción (A)	Mitig. (M) Adapt. (A)
Reducir la vulnerabilidad del sector agrícola	G	A
Promover la reconversión de cultivos y tecnologías en función de la disponibilidad de agua.	A	A
Modernización de infraestructura hidroagrícola y tecnificación de las superficies en producción.	G	A
Utilización de insumos agrícolas de origen biológico	A	A
Garantizar la producción y abasto suficiente de alimentos básicos	G	A
Determinación y actualización de coeficientes de agostadero	A	A
Reducción de carga animal	A	M
Reintroducción y siembras masivas de especies nativas en agostaderos y pastizales	A	A
Mejorar condiciones sanitarias de zonas y regiones pecuarias	A	A
Recuperación y mejoramiento de cobertura vegetal y suelos	A	A
Construcción de obras hidroagrícolas para retención, conducción y aprovechamiento de escurrimientos pluviales	G	A
Mejoramiento genético y utilización de razas animales más resistentes	A	A
Modelos de predicción de Cosechas y escenarios de aptitud.	A	A
Generación de tecnología sustentable para el manejo de suelos y predios agrícolas	G	M
Actualización de métodos de control de plagas y enfermedades	G	A
Generación y actualización de información sobre cultivos básicos y su capacidad de resistencia y recuperación, sus requerimientos agroecológicos	A	A
Determinación de reconversión productiva viable, zonificación	A	A
Planes de adaptación y mitigación en especies y predios agrícolas	G	M
Adaptación de especies y mejoramiento genético	G	A
Efectos en la productividad, distribución y diversidad de agostaderos	G	A
Prevención de enfermedades	G	A
Manejo de pastoreo y distribución de carga animal	A	A
Potencial productivo de especies alternativas	G	A
Diagnóstico actual del sector. Series de Tiempo, variables regionalizadas.	G	A
Medidas de Adaptación y Mitigación regionalizadas y subsectorizadas	G	A/M
Construcción de mapas de riesgo	A	A
Recomendaciones tecnológicas de producción agrícola y pecuaria con criterios de sustentabilidad, regionalizadas.	A	M

**Tabla 4.6. Protección civil**

Propuestas	General (G)	Mitig. (M)
	Acción (A)	Adapt. (A)
Creación de un sistema de alertamiento temprano para el monitoreo de eventos climáticos intensos.		A
Aplicación de la Ley Estatal de Protección Civil, así como su reglamento, desde una visión de planeación no reactiva.		A
Elaborar el Atlas Estatal de Riesgo de Desastre ante Amenazas Climáticas a escala asentamiento humano, en colaboración con los municipios.	A	A
Fomentar que las unidades de protección civil municipales cuenten con los recursos económicos, materiales y de personal para el cumplimiento de sus responsabilidades.	G	A
Diseñar campañas de información sobre los efectos del cambio climático en las ciudades del estado.	A	A
Actualizar los planes y programas de protección civil estatal desde una perspectiva incluyente, donde participe la población local a nivel colonia, delegación y ciudad.	G	A

**Tabla 4.7. Política urbana estatal**

Propuestas política urbana estatal	General (G)	Mitig. (M)
	Acción (A)	Adapt. (A)
Apoyar a los municipios en la aplicación de los reglamentos de construcción.	G	A
Incorporar el tema de las consecuencias del cambio climáticos en los futuros planes y programas de desarrollo urbano en el estado.	G	A
Fomentar en los municipios la inclusión del tema de cambio climático en los ordenamientos urbanos de su competencia.	G	A

## 4.1.2 Talleres

El primer objetivo de los talleres fue dar a conocer la metodología de marco lógico para lograr articular entre sí las propuestas de las mesas de trabajo sectorizadas en torno a problemas centrales compartidos. Para ello se organizó una primera sesión con los académicos involucrados en la realización del Programa Estatal de Acción ante el Cambio Climático en Baja California (PEACC BC). Los insumos técnicos de este grupo se utilizaron para plantear los árboles de problema, y otra se dedicó a los actores de gobierno involucrados. En la última sesión las recomendaciones resultantes se presentaron a los académicos para que estableciesen el plazo de implementación de las medidas como corto, mediano o largo.

### 4.1.2.1 La metodología de marco lógico

Con este enfoque se busca promover e institucionalizar las siguientes cuatro funciones básicas de planificación: 1) prospectiva o visión de largo plazo, 2) coordinación, 3) evaluación y 4) concertación estratégica. Estas funciones o tareas, independientemente de la institucionalidad, se enmarcan en el objetivo de definir una visión de futuro compartida, que facilite la formulación de planes y políticas multisectoriales, sectoriales o territoriales y apoyen la gestión por resultados para conocer los impactos y el cumplimiento de metas de los proyectos y programas.



La metodología de Marco Lógico permite:

- Clarificar el propósito y la justificación de un proyecto
- Identificar las necesidades de información
- Definir claramente los elementos clave de un proyecto
- Analizar el entorno del proyecto desde el inicio
- Facilitar la comunicación entre las partes implicadas
- Identificar cómo habría que medir el éxito o el fracaso del proyecto

Es decir, cumple con los objetivos buscados de plantear una propuesta integral contextualizada en la situación de la región, considera la participación de los diversos actores involucrados y prevé desde el inicio la necesidad de evaluar resultados.

El marco lógico es una herramienta analítica general con visión de sistema; es políticamente neutra en cuanto a cuestiones de distribución del ingreso, oportunidades de empleo, acceso a recursos, participación local, costo y factibilidad de estrategias y tecnología, o los efectos sobre el medio ambiente. Por lo tanto, el ML es solamente una herramienta entre muchas que se pueden usar durante la preparación, la ejecución y la evaluación del proyecto y no sustituye el análisis del grupo beneficiario, el análisis coste-beneficio, la planificación de tiempos o el análisis del impacto, entre otros. Algunas de sus ventajas son:

- Asegura plantear las preguntas fundamentales y el análisis de debilidades, brindando a los tomadores de decisiones una información mejor y más pertinente
- Guía el análisis sistemático y lógico de los elementos claves interrelacionados que constituyen un proyecto bien diseñado
- Mejora la planificación al resaltar los lazos que existen entre los elementos del proyecto y los factores externos. Facilita el entendimiento común y una mejor comunicación entre quienes toman las decisiones, los responsables y las demás partes involucradas en el proyecto
- La administración y la dirección se benefician de procedimientos normalizados para recoger y evaluar la información
- El uso del marco lógico y del seguimiento sistemático asegura la continuidad del enfoque cuando se sustituye el personal original del proyecto
- A medida que más instituciones adoptan el marco lógico, puede facilitarse la comunicación ente los gobiernos y otros actores
- El amplio uso de este método facilita la realización de estudios sectoriales y de estudios comparativos en general

Como toda metodología, esta también tiene limitaciones derivadas fundamentalmente de que puede inmovilizarse el proyecto cuando se fosilizan los objetivos y los factores externos especificados al comienzo; lo anterior se evita mediante revisiones regulares de las propuestas para volver a evaluar y ajustar los elementos clave (problemas y estrategias).

### **Identificación de actores y elaboración del diagnóstico**

Se procedió a la búsqueda de insumos para la realización de un inventario de información (que incluyó un proceso metodológicamente muy sólido de realización de un inventario de emisiones), se llevaron a repostes sectorizados en cada una de las mesas de trabajo.

El diagnóstico de las mesas de trabajo permitió identificar problemas y necesidades prioritarias, analizar el entorno en el que se inscribe el problema del cambio climático en la región, y definir los principales retos.

### **Identificación y priorización de problemas**

Una vez que en el diagnóstico se identificaron los principales problemas y ventanas de oportunidad, se plantearon acciones generales. Los problemas identificados como fundamentales se tomaron como orientadores de los objetivos y acciones. La variedad de propuestas planteadas en los diagnósticos incluyen los aspectos de mitigación y de adaptación de manera complementaria.

### **Establecimiento de objetivos**

Se definieron acciones generales que precisan el propósito y alcance del proyecto a largo plazo, los cuales se entienden como la gran visión del estado respecto al problema del cambio climático. También se formularon los objetivos específicos o inmediatos que reflejan los cambios que el proyecto espera alcanzar en el mediano y corto plazo. Parte del objetivo de la realización de los árboles de problemas fue establecer consistencia entre los objetivos a corto, medio y largo plazo, así como entre las propuestas de las distintas mesas de trabajo.

### **Modelo de solución**

Para alcanzar los objetivos específicos establecidos en el PEACC se formularon tres árboles de problema equivalentes a tres grandes ejes de acción sobre los cuales se espera alcanzar resultados previamente definidos y poder fincar indicadores.

En la fase de modelo de solución se cuenta entonces, con un esquema de proyectos que se concretarán en acciones establecidas posteriormente incorporando las estimaciones costo-beneficio de las acciones propuestas y la revisión de los programas que están ya en operación.

### **Evaluación y monitoreo**

Será necesario elaborar indicadores que permitan evaluar si se están obteniendo los resultados esperados. Esto requiere una tarea de monitoreo de las actividades para evaluar qué tanto se alejan o aproximan a los objetivos.

## **4.1.2.2 Talleres con académicos**

En los talleres con académicos el objetivo era construir los árboles del problema que orientasen transversalmente las acciones sectoriales. Para ello se decidió partir de tres grandes tipos de impactos: suelo, aire y agua.

Siguiendo el método de marco lógico se discutieron las causas y efectos de la degradación y contaminación de suelos, de la contaminación del aire por emisiones y presencia de partículas y de la contaminación del agua y la reducción de su volumen disponible.

Los resultados de estos ejercicios fueron los siguientes:

Figura 4.1. Árbol del problema del suelo



Figura 4.2. Árbol del problema del aire

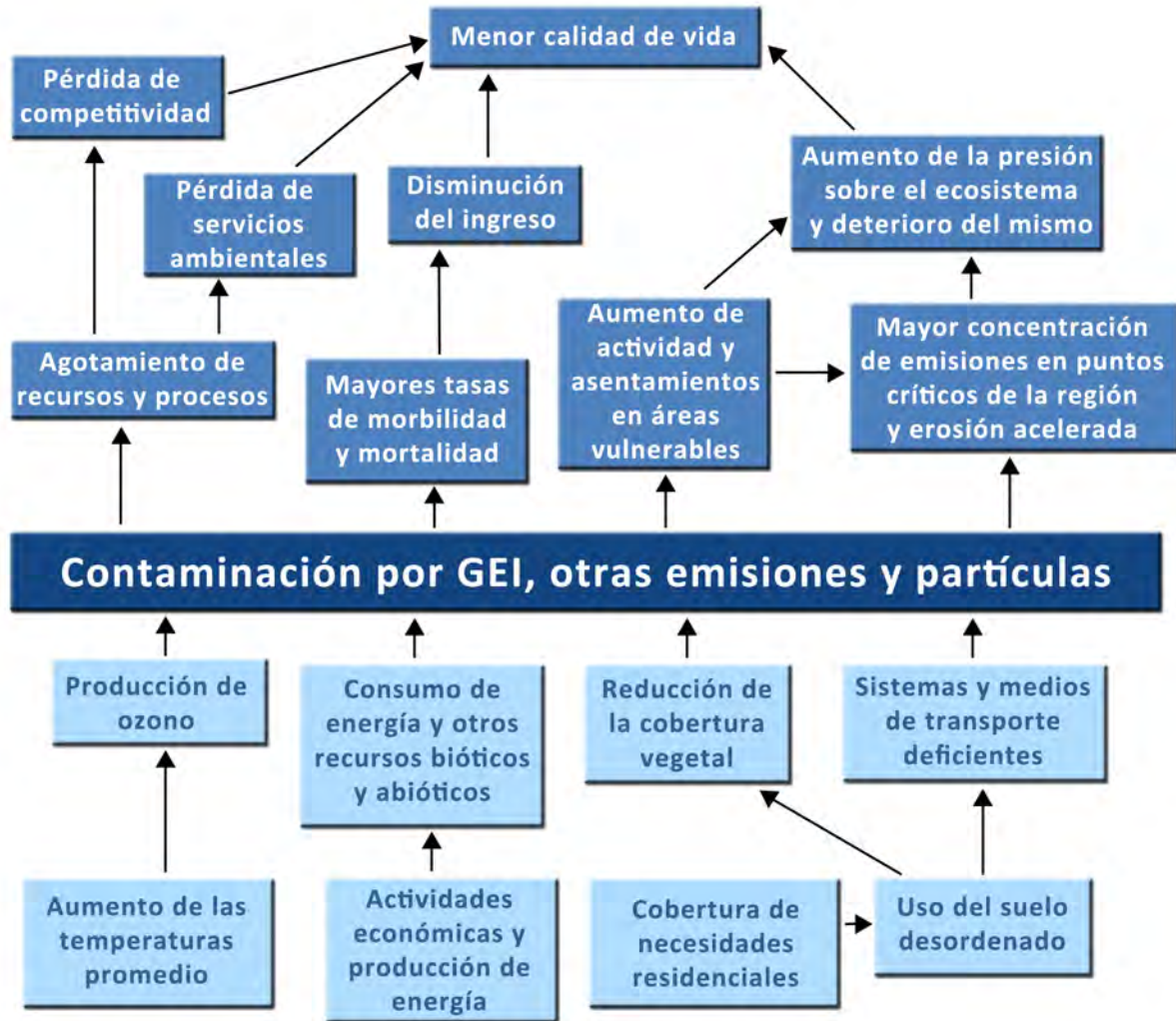
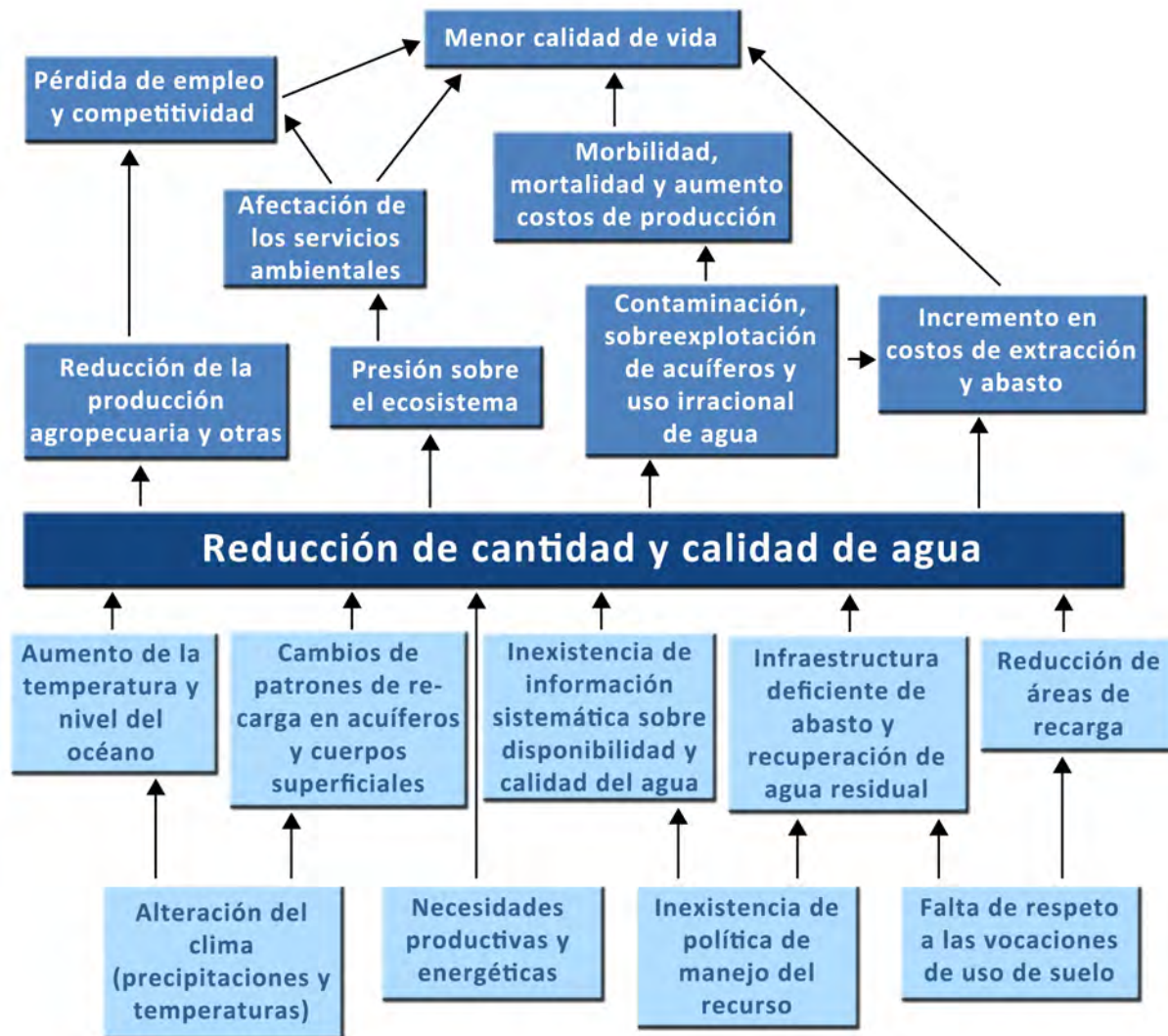


Figura 4.3. Árbol del problema del agua



Se puede observar como con estas explicaciones de los factores de alteración del medio y sus consecuencias pueden identificarse indicadores para evaluar los impactos de las acciones e intervenciones.

### 4.1.2.3 Taller con funcionarios

El taller con funcionarios tuvo el objetivo de presentarles también la metodología de marco lógico, discutir los árboles de problema ya elaborados por el equipo de trabajo y por último hacer un ejercicio de evaluación de factibilidad de las acciones propuestas.

En este ejercicio se distinguieron los aspectos institucionales (competencias y capacidad, económico y político (voluntad de apoyar la iniciativa).

A continuación se presentan los resultados de este análisis de factibilidad. Cabe resaltar que en casos contados se apunta la existencia de problemas institucionales para llevar a cabo las acciones propuestas. El factor económico parece de los más complicados de resolver.

**Tabla 4.8. Recursos Hídricos**

Propuesta	Factibilidad					
	Institucional		Económica		Política	
	SI	NO	SI	NO	SI	NO
Planeación integral del uso y manejo del agua, mediante la vinculación interdisciplinaria, interinstitucional y la participación social.	100%	0%	75%	25%	89%	11%
Programación hidroagrícola a través de la vinculación interinstitucional y la participación social.	100%	0%	67%	33%	86%	14%
Participación de la sociedad en la planeación, programación, el seguimiento al cumplimiento de los objetivos, y en el financiamiento de las obras y acciones que la benefician.	100%	0%	67%	33%	86%	14%
Saneamiento y fortalecimiento de las finanzas y de los sistemas operadores con el objetivo de lograr su autosuficiencia.	100%	0%	50%	50%	88%	12%
Tarifas adecuadas al costo real y financiero del servicio en el corto y mediano plazo.	86%	14%	50%	50%	83%	17%
Simplificación administrativa.	86%	14%	67%	33%	83%	17%
Desregulación.	80%	20%	50%	50%	75%	25%
Transparencia en la información sobre disponibilidad, uso y manejo del agua, así como del ejercicio de los recursos.	100%	0%	60%	40%	100%	0%
Instituir la investigación y capacitación en materia de agua.	100%	0%	83%	17%	88%	12%
Concurrencia presupuestal y financiera de la federación, los Estados, los municipios y la iniciativa privada.	100%	0%	100%	0%	100%	0%
Seguimiento y evaluación de los Consejos Técnico Consultivo del sector Agua de la Frontera Norte y Consultivo del Agua del Estado de Baja California.	87%	13%	80%	20%	83%	17%
Restauración, conservación y uso sustentable de los acuíferos.	83%	17%	60%	40%	100%	0%
Desarrollo de la cultura del agua de acuerdo a las características de la región y el Estado.	100%	0%	86%	14%	88%	12%

Tabla 4.9. Biodiversidad Terrestre

Propuesta	Factibilidad					
	Institucional		Económica		Política	
	SI	NO	SI	NO	SI	NO
Resaltar tanto la importancia de los servicios ambientales, por ejemplo la cobertura vegetal y relevancia de las especies, como el beneficio socioeconómico en cadena que los mismos traen al ser humano y los propios ecosistemas regionales.	100%	0%	67%	33%	50%	50%
Realizar estudios específicos de especies sensibles ante el cambio climático, enmarcando la importancia de estas especies en el ámbito no solo ambiental sino también socioeconómico de BC.	100%	0%	67%	33%	67%	33%
Actualizar las bases taxonómicas existentes e incluir éstas dentro de las normas de protección de especies de manera continua.	100%	0%	67%	33%	100%	0%
Formar recursos humanos especializados en estudios de biodiversidad florística y faunística de la región.	100%	0%	67%	33%	100%	0%
Priorizar los estudios de biodiversidad y muestreos florísticos y faunísticos, acorde con las zonas de alto riesgo por cambio de uso de suelo y aquellos eventos ligados al CC como inundaciones, huracanes, incremento del nivel del mar, aumento de calor, etc.	100%	0%	50%	50%	50%	50%
Realizar un monitoreo continuo de los cambios estacionales de los cuerpos de agua de la región y ascenso del nivel del mar; esto aunado a estudios locales de vulnerabilidad de las zonas costeras.	100%	0%	75%	25%	100%	0%
Considerar las experiencias previas en la entidad en cuanto a desastres y daños por lluvias, huracanes, etc. como un insumo para la planeación urbana y ordenamientos territoriales de BC. Considerar los extremos climáticos como resultado de las oscilaciones oceanográficas (inundaciones, ciclos de sequía, incendios forestales, etc.)	100%	0%	67%	33%	100%	0%
Realizar análisis de factibilidad de proyectos y obras de grandes dimensiones sobre todo en función de los eventos climáticos y zonas de riesgo identificadas.	100%	0%	50%	50%	100%	0%
Realizar estudios específicos de especies sensibles que se encuentren cercanas a zonas urbanas y donde el crecimiento poblacional se tiene esperado, esto es, principales en los alrededores de las ciudades de BC.	100%	0%	67%	33%	67%	33%
Es importante que el PEAC puntualice los costos económicos y sociales que implicaría la no realización de ninguna acción en pro de la protección de la biodiversidad y de no estar preparados ante los otros impactos del CC.	100%	0%	75%	25%	100%	0%

Tabla 4.10. Energía

Propuesta	Factibilidad					
	Institucional		Económica		Política	
	SI	NO	SI	NO	SI	NO
Diseñar en la actualidad sistemas futuros flexibles, tales que incorporen tecnologías para, por ejemplo en este región semidesértica, conservar agua en los procesos de enfriamiento	100%	0%	75%	25%	100%	0%
Diversificar el mercado energético en BC, con una incorporación del uso de las energías renovables en sustitución de combustibles convencionales. Dicha incorporación debe hacerse de manera gradual empezando por el abastecimiento de edificios gubernamentales y escuelas, para terminar con "clústers" de energía renovables como celdas solares en techos de edificios en barrios, con propiedad de la comunidad y arreglo de líneas de transmisión para venta de excedente a la red	100%	0%	60%	40%	80%	20%
Promover del ahorro y uso eficiente de la energía	100%	0%	100%	0%	83%	17%
Sustituir y usar materiales de construcción que conservan o ahorran la energía en el hogar	83%	17%	60%	40%	50%	50%
Manejar mejor o aprovechar residuos tanto agrícolas, como residuos sólidos	60%	40%	60%	40%	100%	0%

Tabla 4.11. Infraestructura urbana

Propuesta	Factibilidad					
	Institucional		Económica		Política	
	SI	NO	SI	NO	SI	NO
Disminuir el rezago en materia de drenaje pluvial en los principales centros de población.	100%	0%	67%	33%	100%	0%
Construcción de tanques desarenadores y pluviales en asentamientos urbanos ubicados en cañones y cañadas.	100%	0%	71%	29%	100%	0%
Realizar obras civiles en la zona costera para disminuir los efectos del aumento en el nivel del mar.	67%	33%	75%	25%	67%	33%
Incentivos fiscales para el desarrollo y construcción de vivienda bioclimática que ahorre energía, agua y trate sus aguas servidas.	100%	0%	80%	20%	100%	0%
Incorporación de los grandes baldíos urbanos como áreas verdes.	100%	0%	60%	40%	67%	33%
Desarrollo de áreas verdes en los nuevos fraccionamientos.	100%	0%	71%	29%	83%	17%
Destinar el agua de reuso para riego de áreas verdes.	100%	0%	71%	29%	100%	0%



Tabla 4.12. Asentamientos urbanos y vivienda

Propuesta	Factibilidad					
	Institucional		Económica		Política	
	SI	NO	SI	NO	SI	NO
Aplicación de los programas de desarrollo urbano de los centros de población del estado existentes.	100%	0%	88%	12%	100%	0%
Incorporar el tema de las consecuencias del cambio climático en los futuros planes y programas de desarrollo urbano en el estado.	90%	10%	86%	14%	89%	11%
Seguimiento y evaluación de los programas de ordenamiento urbano y ecológico del estado.	100%	0%	86%	14%	100%	0%
Reorientar el desarrollo inmobiliario costero hacia zonas más seguras con motivo del aumento del nivel del mar.	87%	13%	80%	20%	89%	11%
Dotar de nuevas atribuciones y recursos económicos a la Secretaría de Infraestructura y Desarrollo Urbano para el cumplimiento de sus objetivos y metas.	86%	14%	80%	20%	89%	11%
Apoyar a los municipios en la aplicación de los reglamentos de construcción.	100%	0%	80%	20%	71%	29%
Fomentar en los municipios la inclusión del tema de cambio climático en los ordenamientos urbanos de su competencia	82%	18%	71%	29%	80%	20%
Disminuir el rezago en materia de drenaje pluvial en los principales centros de población.	100%	0%	78%	22%	100%	0%
Construcción de tanques desarenadores y pluviales en asentamientos urbanos ubicados en cañones y cañadas.	100%	0%	78%	22%	88%	12%
Realizar obras civiles en la zona costera para disminuir los efectos del aumento en el nivel del mar.	67%	33%	50%	50%	67%	33%
Incentivos fiscales para el desarrollo y construcción de vivienda bioclimática que ahorre energía, agua y trate sus aguas servidas.	90%	10%	80%	20%	90%	10%
Incorporación de los grandes baldíos urbanos como áreas verdes.	75%	25%	71%	29%	75%	25%
Desarrollo de áreas verdes en los nuevos fraccionamientos.	100%	0%	100%	0%	75%	25%
Destinar el agua de reuso para riego de áreas verdes.	100%	0%	89%	11%	100%	0%
Creación de un sistema de alertamiento temprano para el monitoreo de eventos climáticos intensos.	88%	22%	83%	17%	67%	33%
Aplicación de la Ley Estatal de Protección Civil, así como su reglamento, desde una visión de planeación y no reactiva.	100%	0%	83%	17%	67%	33%
Elaborar el Atlas Estatal de Riesgo de Desastre ante Amenazas Climáticas a escala asentamiento humano, en colaboración con los municipios.	100%	0%	80%	20%	60%	40%
Fomentar que las unidades de protección civil municipales cuenten con los recursos económicos, materiales y de personal para el cumplimiento de sus responsabilidades.	100%	0%	86%	14%	83%	17%
Diseñar campañas de información sobre los efectos del cambio climático en las ciudades del estado.	100%	0%	87%	13%	86%	14%
Actualizar los planes y programas de protección civil estatal desde una perspectiva incluyente, donde participe la población local a nivel colonia, delegación y ciudad.	86%	14%	83%	17%	67%	33%

Tabla 4.13a. Agricultura y Ganadería

Propuesta	Factibilidad					
	Institucional		Económica		Política	
	SI	NO	SI	NO	SI	NO
Reducir la vulnerabilidad del sector agrícola	75%	25%	75%	25%	83%	17%
Asegurar la biodiversidad	83%	17%	80%	20%	80%	20%
Elevar la Adaptabilidad	100%	0%	50%	50%	0%	100%
Promover la reconversión de cultivos y tecnologías en función de la disponibilidad de agua	83%	17%	80%	20%	100%	0%
Aplicar tecnología que no deprede el medio natural, suelos, flora y fauna benéfica	100%	0%	80%	20%	60%	40%
Utilización de insumos agrícolas de origen biológico	100%	0%	67%	33%	67%	33%
Modernización de infraestructura hidroagrícola y tecnificación de las superficies en producción.	100%	0%	100%	0%	75%	25%
Garantizar la producción y abasto suficiente de alimentos básicos	100%	0%	80%	20%	100%	0%

Tabla 4.13b. Agricultura y Ganadería

Propuesta	Factibilidad					
	Institucional		Económica		Política	
	SI	NO	SI	NO	SI	NO
Reducir Vulnerabilidad, elevar Adaptabilidad de las diversas actividades productivas pecuarias.	100%	0%	50%	50%	75%	25%
Determinación y actualización de coeficientes de agostadero	100%	0%	100%	0%	67%	33%
Reducción de carga animal	100%	0%	100%	0%	75%	25%
Reintroducción y siembras masivas de especies nativas en agostaderos y pastizales	75%	25%	50%	50%	50%	50%
Mejorar condiciones sanitarias de zonas y regiones pecuarias	100%	0%	80%	20%	100%	0%
Recuperación y mejoramiento de cobertura vegetal y suelos	100%	0%	80%	20%	100%	0%
Construcción de obras hidroagrícolas para retención, conducción y aprovechamiento de escurrimientos pluviales	100%	0%	100%	0%	100%	0%
Mejoramiento genético y utilización de razas animales más resistentes	83%	17%	40%	60%	80%	20%
Garantizar la producción y abasto suficiente de alimentos básicos de origen animal	100%	0%	75%	25%	75%	25%

Tabla 4.13c. Agricultura y Ganadería

Propuesta	Factibilidad					
	Institucional		Económica		Política	
	SI	NO	SI	NO	SI	NO
Evaluar (análisis) vulnerabilidad y efectos en el sector agrícola	80%	20%	75%	25%	75%	25%
Modelos de predicción de Cosechas y escenarios de aptitud.	100%	0%	75%	25%	100%	0%
Generación de tecnología sustentable para el manejo de suelos y predios agrícolas	100%	0%	67%	33%	75%	25%
Actualización de métodos de control de plagas y enfermedades	100%	0%	75%	25%	100%	0%
Determinación de zonas agrícolas en riesgo	100%	0%	80%	20%	100%	0%
Determinación de reconversión productiva viable, zonificación	100%	0%	33%	67%	100%	0%
Generación y actualización de información sobre cultivos básicos y su capacidad de resistencia y recuperación, sus requerimientos agroecológicos	75%	25%	50%	50%	100%	0%
Identificación y protección de zonas agrícolas potenciales y alternativas	100%	0%	67%	33%	67%	33%
Planes de adaptación y mitigación en especies y predios agrícolas	100%	0%	50%	50%	67%	33%
Tecnología sustentable para manejo y aprovechamiento de residuos agrícolas	100%	0%	33%	67%	75%	25%

Tabla 4.13d. Agricultura y Ganadería

Propuesta	Factibilidad					
	Institucional		Económica		Política	
	SI	NO	SI	NO	SI	NO
Efectos en la productividad, distribución y diversidad de agostaderos	100%	0%	50%	50%	67%	33%
Adaptación de especies y mejoramiento genético	100%	0%	67%	33%	80%	20%
Manejo de pastoreo y distribución de carga animal	100%	0%	50%	50%	50%	50%
Prevención de enfermedades	100%	0%	80%	20%	80%	20%
Potencial productivo de especies alternativas	100%	0%	100%	0%	100%	0%

Tabla 4.14. Protección civil

Propuesta	Factibilidad					
	Institucional		Económica		Política	
	SI	NO	SI	NO	SI	NO
Creación de un sistema de alerta temprana para el monitoreo de eventos climáticos intensos.	100%	0%	75%	25%	75%	25%
Aplicación de la Ley Estatal de Protección Civil, así como su reglamento, desde una visión de planeación y no reactiva.	100%	0%	50%	50%	67%	33%
Elaborar el Atlas Estatal de Riesgo de Desastre ante Amenazas Climáticas a escala asentamiento humano, en colaboración con los municipios.	100%	0%	67%	33%	75%	25%
Fomentar que las unidades de protección civil municipales cuenten con los recursos económicos, materiales y de personal para el cumplimiento de sus responsabilidades.	100%	0%	75%	25%	75%	25%
Diseñar campañas de información sobre los efectos del cambio climático en las ciudades del estado.	100%	0%	67%	33%	75%	25%
Actualizar los planes y programas de protección civil estatal desde una perspectiva incluyente, donde participe la población local a nivel colonia, delegación y ciudad.	100%	0%	67%	33%	75%	25%

Tabla 4.15. Política urbana estatal

Propuesta	Factibilidad					
	Institucional		Económica		Política	
	SI	NO	SI	NO	SI	NO
Aplicación de los programas de desarrollo urbano de los centros de población del estado existentes.	100%	0%	75%	25%	100%	0%
Incorporar el tema de las consecuencias del cambio climático en los futuros planes y programas de desarrollo urbano en el estado.	100%	0%	100%	0%	100%	0%
Seguimiento y evaluación de los programas de ordenamiento urbano y ecológico del estado.	100%	0%	67%	33%	75%	25%
Reorientar el desarrollo inmobiliario costero hacia zonas más seguras con motivo del aumento del nivel del mar.	50%	50%	50%	50%	0%	100%
Dotar de nuevas atribuciones y recursos económicos a la Secretaría de Infraestructura y Desarrollo Urbano para el cumplimiento de sus objetivos y metas.	100%	0%	67%	33%	50%	50%
Apoyar a los municipios en la aplicación de los reglamentos de construcción.	100%	0%	0%	100%	100%	0%
Fomentar en los municipios la inclusión del tema de cambio climático en los ordenamientos urbanos de su competencia.	100%	0%	75%	25%	67%	33%

## 4.2. Propuestas de mitigación y adaptación al cambio climático para Baja California



Esta sección presenta un análisis costo/beneficio de propuestas selectas de acciones de mitigación y adaptación al cambio climático en Baja California. Las propuestas aquí detalladas son 16, estas cubren 6 rubros: Energía (2), Desechos (4), Agricultura (6), Cambio de uso de suelo (1), Recursos hídricos (2), Infraestructura urbana (2). Las primeras cuatro categorías y sus respectivas propuestas conforman lo que se denominó “Plan de Mitigación”; en tanto que las propuestas de recursos hídricos e infraestructura urbana integran el “Plan de Adaptación”. Ver tablas 4.16 y 4.17.

La selección de propuestas listadas se hizo en base a la serie de recomendaciones resultantes del “Taller de Instrumentación de políticas públicas de medidas de adaptación y mitigación de cambio climático”, compuesto de tres sesiones que tuvieron lugar en el Colegio de la Frontera Norte los días 17 y 24 de junio y 17 de agosto de 2010.

El proceso de selección para el Plan de Mitigación inició con un cruce de todas las recomendaciones contra el actual Inventario Estatal de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero, a fin de identificar aquellas medidas de mayor capacidad de mitigación y mayor factibilidad técnica y/o, económica. Las medidas identificadas fueron priorizadas por el impacto que tendrían en las categorías de emisión más importantes; después se procedió al costeo de medidas, lo que sirvió de primer filtro. Las medidas resultantes fueron analizadas en sus potenciales beneficios económicos y sociales, lo que sirvió de criterio de selección final.

El proceso de selección para el Plan de Adaptación, fue muy similar al del Plan de Mitigación, con la diferencia de que se partió de medidas relacionadas a los sectores identificados como más vulnerables en el estado; los recursos hídricos y la infraestructura urbana.

Los costos se calcularon determinando las principales repercusiones en las modificaciones de las conductas. Si este cambio de conductas representaba la adquisición o instalación de equipo se cotizó el costo de instalación, operación y mantenimiento a partir de los costos presentados por proveedores de los equipos o de lo reportado en proyectos similares.

Se consideraron las características del estado, como el crecimiento poblacional, las características climáticas y topográficas, así como la situación de frontera con los Estados Unidos. Los tratados binacionales, las leyes, normas y reglamentos mexicanos vigentes, los programas de apoyo por parte de las secretarías y los planes de desarrollos estatales y municipales. Se utilizaron las investigaciones científicas y tecnológicas principalmente locales, elaboradas por los centros de investigación del estado, o en su defecto, nacionales e internacionales que se adaptaran a las condiciones de la región.

Tabla 4.16. Propuestas del Plan de Mitigación para Baja California

Categoría	Objetivo	Propuestas	Reducción (Gg de CO <sub>2</sub> e/año)	Costo	Beneficios económicos y sociales
<b>Energía</b>	Disminución de la quema de combustibles por el transporte	Instalación del tren ligero en Tijuana y Mexicali	732	5 mil quinientos millones de pesos	Reducción del pago de subsidios a los combustibles. Población saludable. Transporte eficiente.
		Producción de biocombustibles a partir de desechos de carne, de Jatropha y de semilla de algodón.	347.26	1.51 millones de dólares	
<b>Desechos</b>	Manejo de los desechos sólidos municipales	Instalación de tecnologías para transformar los desechos sólidos	294.4	80 millones de pesos	Energía limpia. Población ambientalmente educada.
<b>Agricultura</b>	Quemas agrícolas.	Disminución de las quemas agrícolas.	377.7	500 millones de pesos	Mayor eficiencia en la agricultura
	Ganadería: Fermentación entérica y manejo del estiércol.	Disminuir el uso de fertilizantes sintéticos.			Menores costos de producción agrícola y ganadera
	Suelos agrícolas.	Reducción de la carga animal. Modificación de la dieta de los bovinos. Implementación de la tecnología para el manejo del estiércol. Continuar con los programas de apoyo a la agricultura y la ganadería.			Energía limpia
<b>Cambio de uso de suelo y silvicultura</b>	Incremento de la captura de carbono	Incrementar a 5 m <sup>2</sup> el área verde por habitante.		20 millones de pesos	Mayor calidad de vida de la población. Reducción de la temperatura en las ciudades. Ciudades estéticamente agradables.

## 4.2.1 Energía

La propuesta de reducción de las emisiones en el sector de energía están dirigidas al sector transporte, específicamente interurbano, ya que es el principal emisor de GEI en el estado. La propuesta es reducir el uso del automóvil y por tanto las emisiones directas de la quema de combustibles. Las estrategias son:

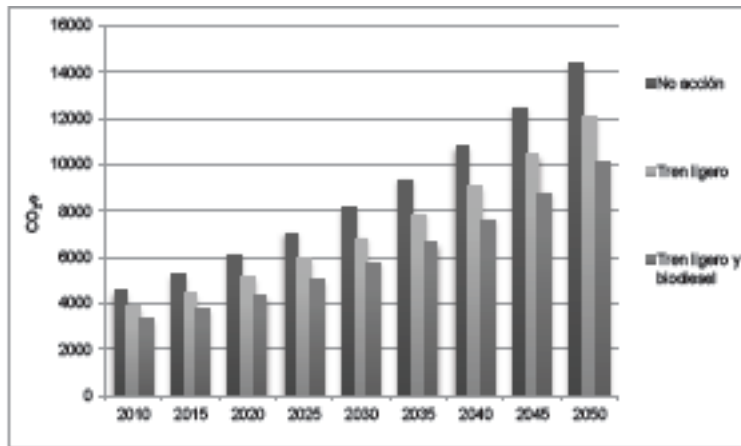
- La instalación del tren ligero en Tijuana y Mexicali y desalentar el uso del automóvil. Los beneficios asociados incluirían mejoramiento de la movilidad en el transporte público y de pasajeros, disminución del ruido, contaminación y tiempo de traslado; así como una mejora en la interconexión del transporte además de un incremento en la seguridad de los ciudadanos. y desalentar el uso del automóvil.
- La producción de biocombustibles tiene una probada capacidad de mitigación de GEIs. A ello se agrega que al producir biocombustibles de 2a y 3a generación se evita el uso de tierras y agua que compiten su uso en la producción alimenticia, además de que reduce la generación de residuos sólidos y evita la generación de GEIs y lixiviados producto de la descomposición de éstas materias.

Tabla 4.17. Propuestas del Plan de adaptación para Baja California

Sector	Propuesta	Implicaciones Sociales	Costos Económicos	Beneficios sociales y económicos
<b>Recursos hídricos</b>	Instalación de sistemas de riego por goteo en la agricultura	Probable resistencia del sector agrícola en Mexicali	\$ 60 millones de dólares	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Ahorro de 264 millones de m<sup>3</sup> de agua (9.4% del uso actual).</li> <li>· Ahorro de 3 millones de pesos anuales por infraestructura de adaptación.</li> <li>· Ahorro de 11.4 millones de pesos anuales por consumo de energía.</li> </ul>
	Incremento del 1% en el precio del agua urbana	Poca aceptación social		<ul style="list-style-type: none"> <li>· Ahorro de 2.7 miles de m<sup>3</sup> de agua. Distribuidos 0.18% en Tijuana y 0.86% en Mexicali</li> </ul>
<b>Infraestructura urbana</b>	Creación de drenaje pluvial y pavimentación hidráulica		3 mil y 6 mil pesos por mililitro de capacidad  500 y 2 mil pesos por metro cuadrado de obra	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Minimización de riesgo de desastres ante lluvias</li> </ul>
	Creación de un fondo permanente para limpieza de cajones desarenadores y sedimentadores y drenajes pluviales		6 millones de pesos anuales	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Minimización de inundaciones</li> </ul>

Las propuestas en conjunto podrían reducir hasta 3269 Gg de CO<sub>2</sub>e al año, tomando como base 2010. La figura 4.4 muestra la diferencia de emisiones obtenida aplicando y no aplicando el plan de acción para la categoría de energía.

Figura 4.4.. Emisiones de CO<sub>2</sub>e (Gg) esperadas para el periodo 2010-2050 bajo diferentes escenarios.



### 4.2.1.1 Instalación de un tren ligero en Tijuana

Se considera que la obra debería estar compuesta de dos rutas troncales. Una ruta recorriendo de norte a sur, desde la garita Internacional del San Isidro hasta El Refugio. La segunda de este a oeste, desde Santa Fe a la Mesa de Otay. El proyecto de la instalación de un tren ligero para Tijuana y Mexicali está estimado en 5 mil quinientos millones de pesos. Se amortiza a 30 años y tendría un impacto de 16% menos de usuarios en automóvil. Esto se traduciría en la disminución de 732 Gg de CO<sub>2</sub>e al año 2010.

A la par es necesario desalentar el uso de automóviles y controlar hasta la eliminación el flujo de vehículos ineficientes provenientes de los Estados Unidos. Finalmente es preciso mencionar que esta medida requiere de una voluntad política firme y la habilidad de dialogar y consensuar con cooperativas operantes de transporte público.

### 4.2.1.2 Producción de biocombustibles

Producción de biocombustibles a partir de desechos de carne, de Jatropha y de semilla de algodón. La producción Jatropha y de semilla de algodón generará 3 millones de litros de biocombustible al año, mientras que la de los residuos en los rastros generará 1.3 kton por año de biodiesel (Toscano et al., 2011).

Producción de biocombustibles a partir del 10% de la producción de cultivos actual: Alfalfa verde (tallo), Avena forrajera, Sorgo, Trigo y Ryegrass. Esta producción equivale a 8 mil litros de biocombustible con una capacidad energética de 274 miles de Gj.

Los costos totales de operación para los biocombustibles fueron estimados en 13974 miles de dólares, lo que corresponde a 0.37 dólares por litro de biocombustible (Lozada, 2010). Este costo incluye la materia prima, los servicios, los costos de mantenimiento y operación, los costos de administración y la depreciación.

Adicionalmente, la construcción y operación de una planta de biodiesel Multi-materias primas es de 1.5 millones de dólares. Con lo cual se reducirían 347.26 Gg de CO<sub>2</sub>e.

Para obtener una mezcla B20 de biodiesel son necesarios 85.7 miles de litros de biodiesel al año. El costo de dicha cantidad de biodiesel es 31.7 miles de dólares al año. Considerando que en promedio por año para el periodo 2000- 2010 fueron consumidos 429 miles de litros de diesel.



### 4.2.1.3 Medidas adicionales

Reorientar las políticas públicas para:

- Reforzar los programas existentes de manejo de demanda eléctrica. Para mitigar las emisiones del sector energético, en el rubro de generación de electricidad (lado de la oferta), es necesario establecer programas que promuevan el ahorro y el uso eficiente del recurso (lado de la demanda). Un ejemplo de esto es el Programa de Ahorro Sistemático Integral (PASI) que considera la incorporación de inspecciones energéticas, el aislamiento térmico de techos y paredes, compra de equipos de A/A y refrigeradores eficientes, sustitución de luminarias, entre otros. Promoviendo el ahorro y uso eficiente de energía.
- Controlar hasta la eliminación el flujo de aparatos y vehículos ineficientes de los Estados Unidos.
- Incrementar eficiencia energética. Utilizar fuentes renovables de energía, iniciar un proceso paulatino de valoración del carbono en la economía nacional y de descarbonización energética.

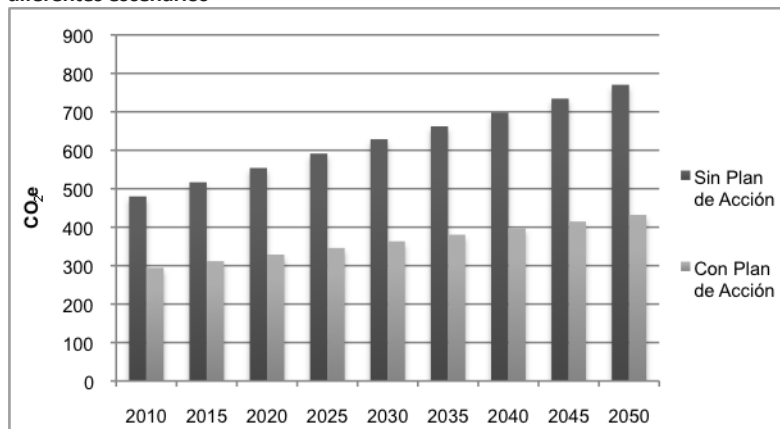
### 4.2.2 Desechos sólidos municipales

La mitigación de las emisiones provenientes de los desechos sólidos municipales se debe llevar a cabo a través de un programa integral de manejo de desechos. El programa es de aplicación gradual y podría llegar a reducir las emisiones de ésta fuente hasta un 80%, lo equivalente a 294.4 Gg de CO<sub>2</sub>e del año 2010. El plan sería aplicable en las ciudades de Tijuana, Mexicali y Ensenada. El costo sería de 20 millones de pesos por ciudad. La reducción total de la fuente clave de desechos sería del 40%.

Dicho programa debe incluir los siguientes puntos en el orden establecido:

- Disminución de los desechos.
- Separación de la basura y recolección eficiente.
- Transformación de la basura en energía limpia y en abono orgánico.
- Programa de educación ambiental.

Figura 4.5. Emisiones de CO<sub>2</sub>e (Gg) provenientes de los residuos sólidos bajo diferentes escenarios



### 4.2.2.1 Disminución de los desechos

Un programa orientado a la disminución de los desechos disminuirá los costos por la instalación de la tecnología para la generación de biogás. Por lo tanto, será necesaria la inversión en un proyecto de educación ambiental destinado a la población urbana, que tenga por objetivo la reducción de la cantidad de basura per capita. Actualmente se estima que en Baja California se generan 400 kg per capita de desechos, de los cuales se recuperan y reciclan el 80%. Llegar a reducir 30% la cantidad de basura, reduciría en igual proporción los costos por instalación. El costo estimado por biodigestor es 1.6 millones de pesos por 2400 m<sup>2</sup> de tratamiento. Se recomienda también hacer cumplir los reglamentos de limpia municipales ya existentes.

### 4.2.2.2 Separación y Recolecta

La separación de la basura desde su origen, reducirá los costos por transporte hasta los sitios de confinamiento. El requisito indispensable para el inicio de esta actividad es concederle la cualidad de obligatorio a través de su inclusión en los Reglamentos Municipales. De forma práctica, se requiere de adquisición de camiones separadores de basura, cuyo costo de inversión sería de 3.75 millones por camión. Se plantea en un inicio la adquisición de 10 camiones.

### 4.2.2.3 Generación de biogás y composta a partir de desechos

El costo de la instalación de un biodigestor para cada ciudad es de 20 millones por ciudad. El biodigestor transformaría la basura en energía limpia, en este caso biogás. Si se instalarán 3 biodigestores en Baja California, en las ciudades de Tijuana, Mexicali y Ensenada, se amortizarían a 20 años.

Al mismo tiempo, se propone el uso de desechos orgánicos sólidos, recolectados por los sistemas de basura municipal, para que se abonen y fertilicen tierras urbanas inhabitadas. Diariamente se recuperan 3 mil 562 toneladas de residuos sólidos de los cuales 50% corresponde a desechos de jardines y comida. Si se usa una combinación de estos para crear capas de un espesor mínimo de 50 centímetros que cubran las tierras urbanas abandonadas se estará optando por emitir CO<sub>2</sub> en vez de metano. Además que se prepara la tierra para la conservación y la captación de agua. Los municipios cuentan ya con trabajadores de limpia que bien pueden ocuparse de rehabilitar estos baldíos, por lo que no hay costos extras al gasto corriente. Si se incorpora esta propuesta, y se usa el 10% de los desechos de jardinería y comida para el abono de la tierra, se estaría impidiendo la emisión de 1000 toneladas anuales de CO<sub>2</sub>.

### 4.2.2.4 Programa de educación ambiental

Las tecnologías propuestas requieren muchos costos de inversión y mantenimiento, que bien pueden tener una vida útil de 20 a 30 años. Por esto, es necesaria la aplicación de un programa de educación ambiental que a largo plazo disminuya la generación de basura desde los hogares, desaliente el consumo de productos no favorables al ambiente o generadores de desechos, y que enseñe a los integrantes del hogar a tratar sus propios desechos orgánicos.

## 4.2.3 Agricultura y ganadería

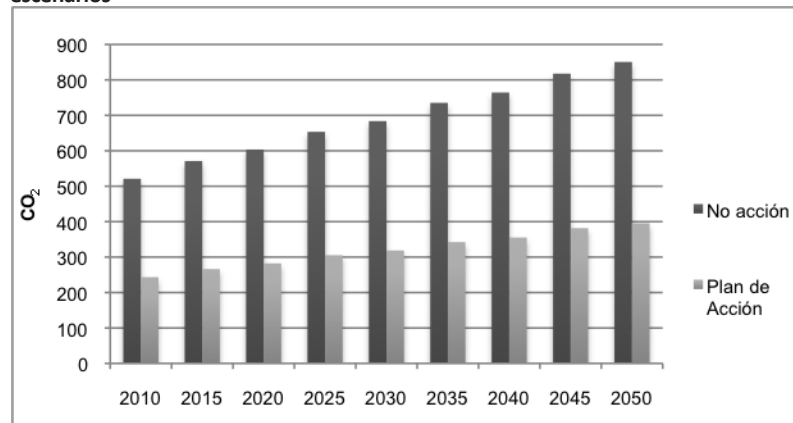
Las propuestas concretas para disminuir las emisiones de las actividades agropecuarias son:

- Llevar a cabo un programa de disminución de las quemas agrícolas.
- Llevar a cabo un programa para disminuir el uso de fertilizantes y sustituirlos por fertilizante orgánico y de lenta liberación.
- La reducción de la carga animal en la engorda de bovinos.
- La modificación de la dieta de los bovinos de engorda y la inclusión de aditivos en ella.
- La implementación y mejora de la tecnología para el manejo del estiércol.
- Continuar con los programas de apoyo a la agricultura y la ganadería.

Las propuestas en conjunto reducirían el 44% de las emisiones de la agricultura, correspondiente a 377.7 Gg de CO<sub>2</sub>e al año. La reducción se distribuye en 30% de las emisiones por fermentación entérica, 80% de la gestión del estiércol; 70% de las quemas agrícolas y 18% de las emisiones directas de los suelos agrícolas.

El costo de la mitigación ascendería a 500 millones, divididos en 8 millones para el manejo del estiércol, 70 millones para la quema de residuos, 352 millones de pesos para la reducción de la carga animal y 750 mil pesos para la modificación de la dieta de los animales.

Figura 4.6. Emisiones de CO<sub>2</sub>e (Gg) provenientes de la ganadería bajo diferentes escenarios



#### 4.2.3.1 Estrategia para reducir las emisiones por quemas de los residuos agrícolas

La propuesta consiste en un programa temporal de pago para discontinuar prácticas tradicionales de quema de residuos de los cultivos. Se propone el pago de 100 dólares por tonelada de residuo de cultivo no quemada. Lo cual podría reducir hasta 70% las emisiones de esta fuente, de acuerdo con datos estimados por Quintero-Núñez y Moncada-Aguilar (2008). El pago estará condicionado a la adopción gradual de la tecnología necesaria para el uso de la biomasa como fuente de energía o como composta, justificado a través de un plan de acciones y la vigilancia de la no quema.

La tecnología para la no quema de los residuos agrícolas es a través de un biodigestor para la producción de biogás. La producción de esquilmos agrícolas es 280320 tonMS/año para el rastrojo de trigo; 140160-280320 tonMS/año para los residuos de algodón; 140-28000 tonMS/año para el rastrojo de maíz y de sorgo.

Considerando que al año se generan aproximadamente 700 mil toneladas de residuos, se calcula un costo de 70 millones anuales por pago. El costo está justificado para la construcción de la tecnología requerida para la transformación de los desechos en energía limpia.

### 4.2.3.2 Disminución del uso de fertilizantes

La disminución de los fertilizantes se puede llevar a cabo a través de la aplicación de un programa que incentive la sustitución de los inorgánicos por la composta. Implica la modificación programa del apoyo económico que otorga la SAGARPA para la adquisición de fertilizantes, otorgando éste sólo a los productores que usen fertilizantes orgánicos como la composta o de lenta liberación. El uso de fertilizantes de lenta liberación y fertilizante orgánico disminuye 144 kg N ha<sup>-1</sup>.

De forma paralela se debe continuar con la mejora genética de los cultivos y hacer más eficiente el uso del agua en éstos. Especialmente en el cultivo del algodón se debe aplicar el 35% de humedad en etapa vegetativa y el 57% del agua en etapa productiva, que de acuerdo a los estudios regionales es el punto óptimo entre productividad y el mínimo consumo de agua (Escoboza-García, 2008).

### 4.2.3.3 Reducción de la carga animal

La reducción del número de animales de engorda tendría un costo de \$2000 por animal que no se finalice. Considerando que el costo de un animal finalizado en Baja California es de 17.58 pesos, con un peso promedio de 388 kg por animal (SAGARPA, 2009).

La reducción del 30% de la carga animal disminuiría 5 Gg anuales de CO<sub>2</sub> las emisiones por fermentación entérica. Considerando una población de ganado bovino de 176 miles, se calcula un costo de 352 millones de pesos al año.

### 4.2.3.4 Modificaciones en la dieta de los animales

La modificación de la dieta de los bovinos de engorda ha sido probada como una de las mejores y más eficientes estrategias de reducción de las emisiones de toda la agricultura. La modificación consiste en el reemplazo de forrajes por concentrados y la inclusión de mayor cantidad de aceites en la dieta (Smith, 2008). Se debe promover la inclusión de aditivos, específicamente ionóforos en el alimento ofrecido, los cuales incrementan la eficiencia alimenticia. Se sugiere la implementación de un programa de apoyo para la adquisición de estos productos: 750 mil pesos por proyecto.

### 4.2.3.5 La implementación y mejora de la tecnología para el manejo del estiércol

De acuerdo con el estudio de factibilidad realizado para los establos lecheros de Tijuana, es posible implementar los biodigestores para el manejo del estiércol, a un costo de inversión de 8 millones de pesos.

### 4.2.3.6 Continuar con los programas de apoyo a la agricultura y la ganadería

La inversión en los programas de apoyo al campo, a través de la implementación de la tecnología, del mejoramiento genético de los cultivos y de las especies animales, del uso de medicamentos y de la calidad en la nutrición animal; se ha calculado que resulta en la disminución de 13.1 Gt CO<sub>2</sub>e anuales por 10 pesos invertidos (Burney et al., 2010).

## 4.2.4 Cambio de uso de suelo

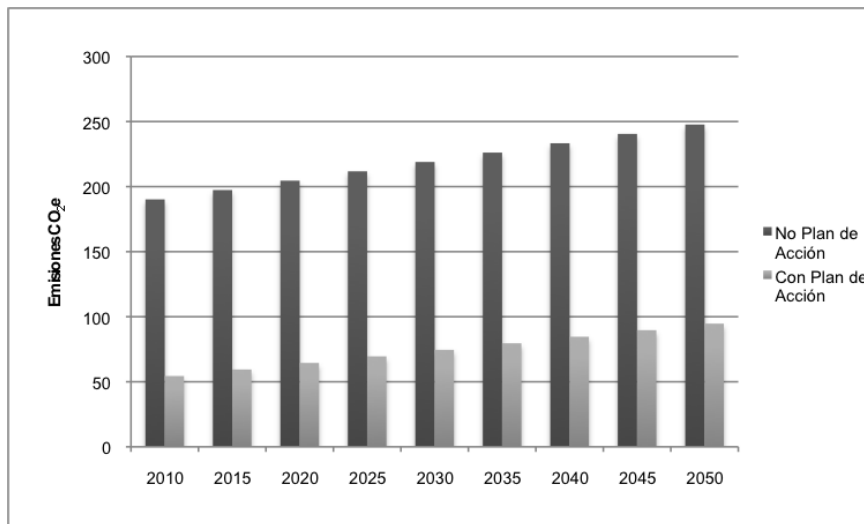
La propuesta principal es aplicar un programa de forestación intensivo en las ciudades y la recuperación de los espacios baldíos.

### Programa de forestación

El objetivo es alcanzar por lo menos 5 m<sup>2</sup> por habitante. El programa debe considerar la condición desértica de Baja California, de tal manera que la forestación será con matorral xerófilo preferentemente (Ojeda-Revah y Álvarez, 2000). Se debe hacer cumplir la Ley de Desarrollo Forestal Sustentable para el Estado de Baja California.

Considerando que un árbol listo para su plantación se encuentra a un costo no menor de 20 pesos. El costo por 1 millón de árboles es de 20 millones de pesos. La diferencia de captura de carbono anual sería de 30%.

Figura 4.7. Emisiones de CO<sub>2</sub>e (Gg) debido al Cambio de uso de suelo bajo diferentes escenarios



## 4.2.5 Recursos hídricos

### 4.2.5.1 Disminución del consumo del agua en la agricultura

La disminución del 9% del consumo del agua de la agricultura se llevará a cabo haciendo más eficiente los sistemas de riego en la agricultura y destinando el ahorro al sector urbano. La disminución del consumo de agua en la agricultura depende de la instalación del riego por goteo. Se propone instalar en 20% de los siguientes cultivos: alfalfa, algodón, trigo y sorgo, en la región agrícola del Valle de Mexicali.

El sistema de riego que ha demostrado ser más eficiente es el sistema por goteo (Medellín-Azuara et al., 2010). El riego por goteo permite un mejor aprovechamiento del agua por parte del cultivo y un ahorro entre el 60 y 80% del agua. En el estado de Baja California, el riego de los cultivos de algodón, sorgo y alfalfa es aplicado por inundación. El riego por inundación es altamente ineficiente porque permite la evaporación de la mitad del agua. El mayor inconveniente del riego por goteo es el costo de inversión. El costo inicial es de 1,200 dólares por 0.40 ha.

La agricultura posee un volumen de extracción de aguas subterráneas de 948 miles de m<sup>3</sup> el año. La propuesta ahorra 198 miles de m<sup>3</sup> en el peor escenario, o 264 miles de m<sup>3</sup> en el mejor escenario. Es decir, se ahorra de 7.1 a 9.4% del agua consumida en la agricultura.

Tabla 4.18. Costo de inversión por instalación del riego en los principales cultivos del municipio de Mexicali.

Cultivo	Superficie cultivada 2009 (ha)	Superficie de instalación del riego por goteo (ha)	Costo por instalación de riego por goteo (dólares)
Alfalfa	30,853.50	6,170.70	11,878,597.50
Algodón	16,760.60	3,352.12	6,452,831.00
Trigo	102,469.00	20,493.80	39,450,565.00
Sorgo	8,016.70	1,603.34	3,086,429.50
			<b>60,868,423.00</b>

## 4.2.6 Infraestructura urbana

Estas propuestas consideran la creación y mantenimiento óptimo de infraestructura urbana para contrarrestar los efectos de los fenómenos hidrometeorológicos. A manera de tener una idea del costo de inacción, en la tabla 4.19 se presentan los efectos directos debido a los desastres ocurridos en Baja California, y los principales costos económicos que estos han generado.

### 4.2.6.1 Creación de drenaje pluvial y pavimentación hidráulica

Como producto de las esporádicas y descontroladas lluvias que han azotado la ciudad de Tijuana en los últimos 20 años, se conoce ya la importancia de contar con un drenaje pluvial que desahogue arterias definidas de la ciudad. Se sabe que aunque ya han existido lluvias más copiosas que las de 1993, fueron las de ese año las que más daño causaron debido a la total ausencia de infraestructura adecuada. A decir de las autoridades el 60% de la ciudad cuenta con drenaje pluvial, entre el superficial, el de tubería y el de canal a cielo abierto. Alcanzar una cobertura del 100% sería, junto a otras medidas, una garantía de minimización de desastres ante lluvias.

En México los costos por drenaje pluvial (hechos de mampostería, cemento y arena), en canal, oscilan entre 3 mil y 6 mil pesos por mililitro de capacidad. Otra opción es la de utilizar las cunetas de concreto de las calles. De esta forma al pavimentar, se estaría creando también infraestructura hidráulica. En esta opción el costo en el país oscila entre los 500 y 2 mil pesos por metro cuadrado de obra. Una inversión que bien vale la pena al considerar que en las recientes lluvias de 2010 el daño provocado por inundaciones, deslaves, rupturas y derrumbes asociados a los fenómenos hidrometeorológicos resultó “incalculable”.

### 4.2.6.2 Creación de un fondo permanente para limpieza de cajones desarenadores y sedimentadores y drenajes pluviales

Aunque las lluvias en Tijuana no son siempre copiosas, en comparación con años históricos (1993) o estadísticas de lluvias en otras regiones, un factor que juega a favor de las inundaciones es la gran cantidad de basura y desechos que se almacena en los drenajes y cajones desarenadores. Según datos de la Unidad Municipal de Urbanización de Tijuana, hasta el 30% del presupuesto destinado para el funcionamiento de dicha dependencia, se destina a la limpieza de éstas vías de desagüe. Lo que entorpece la creación de nueva infraestructura y además ocasiona que la limpieza se realice por sorteo o por gravedad antes que por norma y prevención. Un monto mínimo de 6 millones de pesos anuales aseguraría el óptimo desahorro de la ciudad, sin las consecuentes inundaciones de año con año.

Tabla 4.19. Efectos directos de los fenómenos meteorológicos extremos, y los costos estimados de los daños materiales.

Año	Lluvias e Inundaciones				Ola de calor		Costos de Daños Materiales
	Muertos	Damnificados	Afectados	Evacuados	Muertos	Enfermos	
1987	6	300	0	76			300000000
1988	1	52	650	0			0
1989	21	0	5000	6590	5	0	0
1990	0	0	0	557	4	400	0
1991	4	145	0	82			0
1993	2	0	0	0	4	0	0
1994	30	1300	0	2700	0	0	0
1995	2	0	0	0			0
1996	0	60	0	0			0
1998	1	240	0	0	0Al menos 1		0
2000	2	12	11422	1244			0
2001	4	0	6200	0	31	2400	5900000
2002	0	0	0	500	31	0	0
2003	0	0	0	0			0
2004	2	10	50	600	2	0	0
2005	1	0	0	0	16	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>76</b>	<b>2119</b>	<b>23322</b>	<b>12349</b>	<b>93</b>	<b>2800</b>	<b>\$305,900,000.00</b>

# 5. Elementos de política transversal





## 5.1. Políticas públicas y fortalecimiento institucional

La Secretaría de Protección al Ambiente del Estado de Baja California como responsable del sector en materia de protección al medio ambiente en el estado, necesita atender los compromisos que en materia de cambio climático deben asumir los gobiernos locales, por ello necesita llevar a cabo un análisis detallado del marco institucional y legal del estado, para identificar los ajustes, modificaciones y nuevas disposiciones que deberán de implementarse para lograr instrumentar y operar las acciones para dar cumplimiento a los siguientes compromisos nacionales e internacionales:

- Protocolo de Kyoto
- Mecanismo para un desarrollo limpio (MDL)
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo
- Plan Nacional de Desarrollo 2007-2012
- Estrategia Nacional de Cambio Climático

Los compromisos que se establecen están centrados en dos objetivos principales:

- Reducir las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI); e
- Impulsar medidas de adaptación a los efectos del cambio climático.

Como se ha informado a lo largo del presente documento, los efectos del cambio climático se han dejado sentir principalmente en la modificación de la temperatura en la tierra, provocando que fenómenos naturales tales como los deshielos de los polos, huracanes, tornados, mareas, etc., se presenten con capacidades de destrucción más elevadas y generen nuevos fenómenos como la modificación de las estaciones climáticas y la presencia de nuevos fenómenos meteorológicos.

El cambio climático tendrá un impacto tanto directo sobre el desarrollo de actividades susceptibles a variaciones climáticas (tales como la agricultura); como indirecto en cuestiones sociales (por ejemplo pobreza y educación). Adicionalmente, el fenómeno climático tiene la probabilidad de incrementar desigualdades debidas a la distribución diferenciada de los costos destinados a reparar daños (por variaciones climáticas) y de la imple-

mentación de medidas de mitigación y adaptación.

En este sentido, Baja California necesita prepararse y para ello, un paso importante es revisar el marco institucional y jurídico, para contar con los instrumentos necesarios que nos permitan incentivar todas aquellas acciones que realicen los particulares, las organizaciones, las empresas y el propio gobierno en favor del medio ambiente y sancionar aquellas prácticas que deterioren nuestros recursos naturales y pongan en riesgo el bienestar y el hábitat de las generaciones futuras.

Los instrumentos institucional y jurídico relevantes para la implementación del PEACC-BC son:

### ■ Marco institucional de la Secretaría

- Constitución Política del Estado Libre y Soberano de Baja California
- Ley Orgánica de la Administración Pública del Estado de Baja California
- Ley de Protección al Ambiente para el Estado de Baja California
- Ley de prevención, mitigación y adaptación al cambio climático para el Estado de Baja California (Promulgada el 1o. de Junio de 2012)
- Ley de prevención y gestión integral de residuos para el Estado de Baja California.
- Reglamento Interno de la Secretaría de Protección al Ambiente
- Plan Estatal de Desarrollo 2007-2013
- Programa Estatal de Protección al Ambiente de Baja California 2009-2013.

### ■ Marco Legal del Estado de Baja California

- Ley de Desarrollo Forestal Sustentable para el Estado de Baja California
- Ley de Desarrollo Urbano del Estado de Baja California
- Ley de Edificaciones del Estado de Baja California
- Ley de Fomento a la Competitividad y Desarrollo Económico del Estado de Baja California
- Ley de Fomento Agropecuario y Forestal del Estado de Baja California
- Ley de las Comisiones Estatales de Servicios Públicos del Estado de Baja California
- Ley de Pesca y Acuicultura Sustentables para el Estado de Baja California
- Ley de Prevención y Gestión Integral de Residuos para el Estado de Baja California.
- Ley de Protección a los Animales para el Estado de Baja California
- Ley de Salud Pública para el Estado de Baja California.
- Ley de Educación del Estado de Baja California.
- Ley de Turismo del Estado de Baja California

- Ley de Urbanización del Estado de Baja California
- Ley General del Transporte Público del Estado de Baja California
- Ley que Reglamenta el Servicio Público de Agua Potable en el Estado de Baja California
- Ley de Protección Civil del Estado de Baja California
- Ley de Energías Renovables para el Estado de Baja California.
- Ley de Impulso a la eficiencia energética para el Estado de Baja California.

Es bajo éste marco institucional y normativo que en la actualidad existen programas ambientales que juegan un papel importante en pos de la mejora de la calidad del medio ambiente en el Estado.

También, es importante destacar que al contar con la Ley de prevención, mitigación y adaptación al cambio climático para el Estado de Baja California, promulgada el pasado mes de junio de 2012, contaremos con una instancia denominada Consejo de Cambio Climático como Órgano Técnico Colegiado con carácter permanente, y que tendrá por objeto la definición de la Estrategia Estatal para la prevención, mitigación y adaptación al cambio climático, a través de planes y programas; así como establecer la coordinación entre el Gobierno Estatal y de los Municipios.

Dicha instancia colegiada, viene a fortalecer la transversalidad en la implementación de las políticas públicas para mitigar y adaptarnos al cambio climático, sumándole capacidades institucionales al sector medioambiental que actualmente y de acuerdo con la Ley de Protección al Ambiente para el Estado de Baja California, cuenta con el Consejo Estatal de Protección al Ambiente del Estado, donde se encuentra representada la sociedad civil.

Adicionalmente, el Poder Ejecutivo del Estado contará con una Comisión Intersecretarial de Cambio Climático de Baja California, que apoyado por grupos de expertos, vendrá a complementar y facilitar los procesos de implementación, seguimiento y evaluación de las políticas de mitigación y adaptación y que funcionará de acuerdo al siguiente esquema: Es bajo éste marco institucional y normativo que a la actualidad existen programas ambientales que juegan un papel importante en pos de la mejora de la calidad del medio ambiente en el Estado. Tales programas aunados a medidas adicionales tales como proyectos de fomento de energías renovables, podrían contribuir a la mejora en la calidad del aire para el Estado en Baja California, como se muestra en la figura 5.1.

En este mismo sentido, el fortalecimiento del marco legal, los programas existentes y las medidas adicionales que se han implementado por parte del Gobierno del Estado, así como los proyectos de fomento de energías renovables, podrían contribuir a la mejora en la calidad del aire para el Estado en Baja California, por ejemplo:

### **Aumento en el número de calles pavimentadas**

En el estado se cuenta con un programa de pavimentación que se conoce como Programa Integral de Pavimentación y Calidad del aire (PIPCA), que es independiente de las políticas municipales de pavimentación. Se puede esperar que la contaminación via material particulado disminuya a través del PIPCA ya que debido a éste ejercicio se redujo la emisión de material particulado en un 24% desde el inicio del programa (IIS-UABC, 2004). Se estima que la reducción de emisiones PM10 alcanzó 7,552 ton/año por la pavimentación de nuevas avenidas en los 5 municipios del Estado a través del programa PIPCA, es decir 9.57% de las emisiones de PM10 por fuentes de área en el Estado según los inventarios de Mexicali y Tijuana-Rosarito para el 2005. Si se mantiene el mismo ritmo de pavimentación por año, se podrían abatir las emisiones de PM10 por fuentes de área en el estado en 68339.2 toneladas al 2025, eso sin considerar la contribución de reducción por las calles pavimentadas por los municipios.

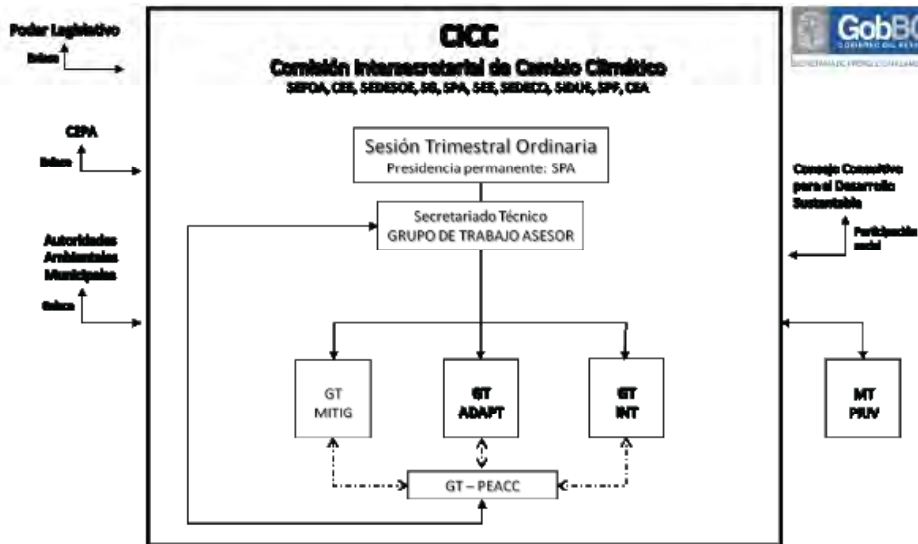


Figura 5.1. Comisión Intersecretarial de Cambio Climático

### Implementación del sistema de verificación vehicular

El 18 de diciembre de 2009 se aprueba en el pleno del Congreso del Estado, por unanimidad la iniciativa para que entre otras atribuciones la Secretaría de Protección al Ambiente (SPA) establezca y opere Centros de Verificación Vehicular. El 5 de enero del 2010 se publicó la reforma citada, en el Periódico Oficial del Estado de B.C., y entró en vigor al siguiente día de su publicación. La SPA arrancó oficialmente su programa de verificación vehicular el 16 de enero de 2012; con una primera etapa de socialización que consta de 6 meses de servicio gratuito del 16 de enero al 15 de julio de 2012 en los 5 municipios, por un periodo anual a todo vehículo registrado en el estado; a partir del 16 de Julio la aplicación del programa será obligatorio; el costo será 5 o 6 salarios mínimos. Con esta medida, Baja California es el primer estado fronterizo que cuenta con un programa de verificación vehicular ambiental. 16 estados de la República lo tienen ya en operación.

Adicionalmente, a partir del noviembre de 2011 se publica el Nuevo Decreto de Importación de Vehículos Usados por la Secretaría de Economía que condiciona la entrada de vehículos a México a la verificación vehicular. La introducción de la legislación anterior tendrá impacto en la actual generación de emisiones atmosféricas, se espera reducciones de 23.92 %, 20.7 %, 11.61 %, 17.93 % y 24.26 % en CO, VOC, NOx, PM y CH4; respectivamente. Las reducciones, respecto a la línea base al año de entrada del programa, se muestran en la figura 5.2.

La reducción de emisiones (CO, NOx, COV, PM y CH4) mediante el programa de verificación vehicular sería de 17,571 tons/anuales en Mexicali y de 21,487 en el caso de Tijuana-Rosarito serían (SPA, 2012). El total de la reducción de la contaminación para las tres ciudades sería de 39,058 Tons/año. Si se considera un incremento de las emisiones vehiculares de 5.68% por año de la flota vehicular estatal calculado por Galindo et al (2012), para CO2 equivalente, el total de emisiones evitadas para el 2020 sería de 89,455.4 Tons/año.

### Uso de fuentes alternas para la generación de energía eléctrica

Actualmente en Baja California se cuenta con la generación de energía eléctrica basada en fuentes renovables como la energía geotérmica y la eólica. La capacidad de la actual geotermoelectrica de Cerro Prieto (CP) se ha visto menguada por la antigüedad de algunas de sus instalaciones como la Planta CP I, de ahí que su capacidad de placa de 720 MW esté disminuía a 490 MW actualmente y sigue su declinación por el agotamiento

del yacimiento y la falta de nuevas exploraciones que amplíen potencialmente la explotación del recurso. Dado este escenario se está planeando usar el espacio de Cerro Prieto para instalar sistemas de generación eléctrica via solar; se habla de llevar a cabo un proyecto “piloto” de 5MW cuyo inicio supuesto habría sido Marzo del 2012 pero está aplazado indefinidamente.

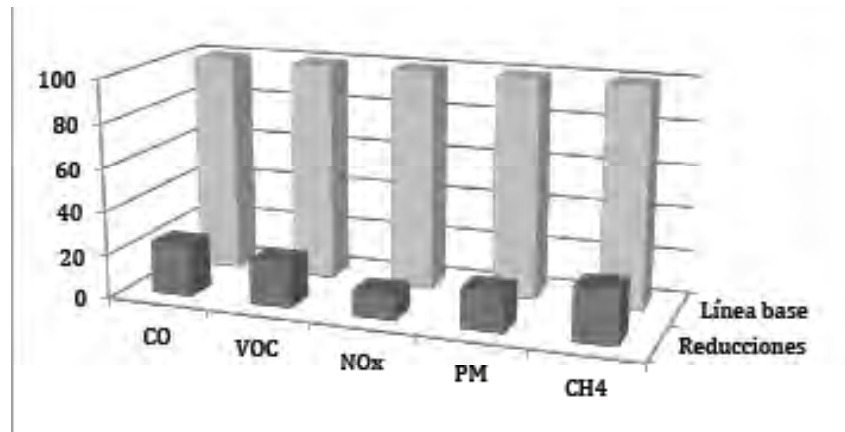


Figura 5.2. Expectativas de reducción de contaminantes a mediano plazo por la entrada del Programa de Verificación Vehicular

En 2009 se instaló un parque eólico de 10 MW de electricidad en la Rumorosa, de parte del gobierno del estado de Baja California, lo que constituye el inicio de un esfuerzo por abrazar el recurso viento en el estado en beneficio de las clases sociales mas depauperadas en Mexicali.

La puesta en marcha del parque eólico de “La Rumorosa” podría constituir el arranque de la instalación de más aerogeneradores en esa zona y ya se han hecho propuestas para la instalación de 1260 MW (SENER, 2010a) o 320 MW (SENER, 2010b) de nuevos parques eólicos (para exportación), lo que significaría el crecimiento de la generación de electricidad pero sin incrementar la emisión de gases efecto invernadero ni otros contaminantes característicos en la generación con combustibles convencionales; suponiendo que se desplace el uso de gas natural para la producción de electricidad, se estarían evitando emitir 2231.24 tCO<sub>2</sub>eq. para la instalación de 1260 MW y 566.67 tCO<sub>2</sub>eq para 320 MW.

Resumiendo las mejoras ambientales, se estima que si se mantiene el actual ritmo de pavimentación del programa PIPCA, se podrían evitar emitir al aire 68,339.2 tons de PM para el 2025, eso sin considerar la contribución de reducción por las calles pavimentadas por los municipios (ver cuadro A). Por otro lado, la legislación que vuelve obligatoria la verificación vehicular -incluidos aquellos autos usados que se importan- tendrá impacto en la actual generación de emisiones atmosféricas, se espera reducciones de 209 ton. CO, 181 ton VOC, 159 ton NOx y 4 ton PM para la región Tijuana-Rosarito en el periodo 2013 – 2025. En tanto la reducción en el mismo periodo para Mexicali sería de 20 ton. CO, 200 ton. COV, 108 ton. NOx, 8 ton. PM y 4 CH<sub>4</sub> (ver tabla 5.1.).

Concentrándose específicamente en las emisiones de CO<sub>2</sub>eq, se nota que las emisiones proyectadas en el inventario estatal de gases de efecto invernadero (Muñoz y Vázquez, 2012) para el sector energético, se verían reducidas tanto por la entrada del programa de verificación vehicular - en 89,455.40 ton. CO<sub>2</sub>eq (Galindo et al, 2012)- como por la introducción de sistemas eléctricos usando fuentes de energía renovable mismas que evitarían la emisión de 2,231.2 tCO<sub>2</sub>eq en la instalación de 1260 MW de capacidad instalada usando energía eólica en lugar de gas natural. Por su parte, en caso de la instalación de 320 MW usando energía eólica en lugar de gas natural, la reducción sería de 566.7 tCO<sub>2</sub>eq (ver tabla 5.2.).

**Tabla 5.1. Resumen de las mejoras ambientales para Baja California por programas ambientales existentes**

Reducciones debidas a	Cantidad, toneladas
<b>Pavimentación</b>	
PM <sub>10</sub>	68,339
<b>Verificación vehicular</b>	
CO	7,856
COV	15,098
NO <sub>x</sub>	18,987
PM	849
CH <sub>4</sub>	127

Fuente: Muñoz et al, 2012

**Tabla 5.2. Resumen de las emisiones de CO2 eq. asociadas al sector energético en Baja California en el periodo 2011-2025**

Toneladas de CO2 eq debidas al Transporte	Toneladas de CO2 eq asociadas a a la Industria generadora de electricidad	Total ton. CO2 eq	Total GgCO2 eq	
3003224.6	2136448.8	5139673.4	5139.7	para 1206 MW
	2138113.3	5141337.9	5141.3	para 553MW

Fuente: Muñoz et al, 2012

Si bien es posible reconocer que los marcos institucionales son básicos para moldear cualquier intervención, la administración de las municipalidades fronterizas de Baja California han demostrado que factores regionales además de la organización institucional son críticos para describir la realidad circundante.

Bajo este contexto, el PEACC BC es un instrumento de política pública fundamental para el desarrollo regional bajo condiciones de cambio climático (Martínez-Pellegrini et al, 2010). La operación del instrumento requiere inclusión de los sectores público, privado, académico y gubernamental, a fin de movilizar recursos existentes a niveles locales y lograr el empoderamiento del instrumento. Por otro lado, la implementación de la herramienta requiere de una buena dosis de voluntad política y presión social a fin de alcanzar objetivos a largo y mediano plazo. Dada la naturaleza dinámica y compleja del fenómeno, el PEACC debe ser revisado periódicamente para su actualización y validez.

El desarrollo del PEACC BC fue un primer ejercicio que evidenció la necesidad de coordinación entre los tres órdenes de gobierno: federal, estatal y municipal, a fin de implementar políticas públicas ambientales que sean integrales y den respuesta a problemas a largo plazo con impactos a tiempos diversos, incluso inmediatos. La coordinación, sin embargo, no se limita al país; dada la ubicación de Baja California, se reconoce que se comparten con California vulnerabilidades debidas al cambio climático, muchas de ellas están determinadas por características biofísicas comunes, éste hecho sugiere que las estrategias de mitigación y adaptación al cambio climático entre ambos países podrían ser complementarias; el reto es trabajar para alcanzar la armonización de indicadores y estrategias a fin de andar la misma senda a paso diferenciado.

## 5.2. Educación y difusión

El fenómeno del cambio climático es un desafío que ha puesto a prueba los paradigmas de la forma como el ser humano se relaciona con la naturaleza, los métodos que utiliza para transformar los recursos en satisfactores, distribuye la riqueza, utiliza los espacios, maneja sus desechos y entiende el desarrollo.

También ha puesto en el centro de la discusión el concepto de responsabilidad colectiva, social y ambiental, toda vez que este fenómeno es ocasionado principalmente por las acciones del ser humano.

En este sentido, las personas deben tomar conciencia sobre los siguientes aspectos:

- El cambio es la norma en los sistemas naturales de la tierra.
- Los sistemas de la tierra están enlazados en interacciones complejas.
- El cambio global afecta a toda vida.
- Los cambios locales, regionales y globales a menudo están relacionados.
- Los seres humanos se han convertido en los principales agentes del cambio global y por tanto del cambio climático.
- El cambio climático es una oportunidad para relacionarnos de manera distinta con la naturaleza.

Para lograr esto, como todos sabemos el elemento fundamental de toda política transversal que nos permite lograr cambios profundos y transformadores, es la educación tanto formal como informal, que de acuerdo con el “Informe de la UNESCO de la Comisión Internacional para la Educación en el Siglo XXI”, los cuatro pilares de la educación son:

- Aprender a conocer
- Aprender a hacer
- Aprender a vivir juntos, aprender a vivir con los demás
- Aprender a ser

Estos cuatro pilares, le dan una dimensión distinta a la educación y la conciben como un todo y un proceso a lo largo de la vida.

Congruente con estos planteamientos el Gobierno del Estado de Baja California, tiene como premisa mejorar la calidad de vida de los habitantes, fomentando la corresponsabilidad social, manteniendo la armonía con el medio ambiente y sus recursos naturales, a partir de los principios del desarrollo sustentable.

Por todo ello, la educación tanto formal como informal es el instrumento de política pública más importante para la adaptación al cambio climático, por lo que las estrategias y líneas de trabajo que se impulsen deben ser el resultado de un proceso colectivo desarrollado por representantes de diferentes grupos y sectores sociales e institucionales, considerando lo siguiente:

I. Para educar a la población sobre cambio climático es necesario ayudar a las personas a saber y entender lo que pasa en el entorno como consecuencia de las amenazas y como aprovechar las oportunidades del cambio climático.

- Un programa de educación y comunicación para la sustentabilidad en condiciones de Cambio Climático.
- Incorporar al sistema educativo estatal el tema de cambio climático como una actividad extracurricular obligatoria, en una primera etapa.
- Promover programas educativos de cambio climático particulares en las instituciones académicas de los distintos niveles, públicas y privadas del estado.
- Una red educativa que abarque instituciones de educación formal e informal.
- Un programa de capacitación y desarrollo de materiales didácticos a docentes en el tema de cambio climático.
- Incorporar a las organizaciones de la sociedad social para multiplicar los procesos de educación sobre cambio climático y desarrollo sustentable.

II. Para comunicar la problemática a la población y sus posibles soluciones es necesario una estrategia de comunicación social y educativa sobre el cambio climático a nivel local y regional.

- Un programa de difusión y comunicación social y educativa sobre cambio climático a la población en general y por sectores socioeconómicos de manera coordinada con el Consejo de Cambio Climático y el Consejo Estatal de Protección al Ambiente.
- Fortalecer y actualizar la utilización de los medio electrónicos de comunicación disponibles (Portales de Internet, Boletines electrónicos, etc.).
- Realizar conferencias, foros, mesas de discusión, etc. para la difusión del conocimiento del cambio climático en el estado.



III. Para complementar y fortalecer todos estos procesos, es importante aumentar el conocimiento del fenómeno, por lo que es necesario promover la investigación científica y la innovación tecnológica en materia de mitigación y adaptación al cambio climático.

- Implementar mecanismos e incentivos para el financiamiento de proyectos prioritarios y el desarrollo de tecnologías más eficientes.
- Contar con una cartera de proyectos de investigación y desarrollo tecnológico en temas relacionados al cambio climático.
- Crear una red de instituciones de educación e investigación articulada sólidamente con el sector económico y gubernamental.

La información, el aprendizaje y el conocimiento a través de los procesos de educación formal e informal, permitirán que el presente programa y todas y cada una de las políticas identificadas para mitigar, pero especialmente para adaptarnos a las nuevas condiciones que está generando el cambio climático, así como para encarar con mayor resolución los retos que nos plantea y aprovechar las oportunidades que habrán de presentarse.

El fenómeno del cambio climático es el reto más importante que enfrentan las actuales generaciones, pero también en las oportunidades para que se modifiquen las formas como los seres humanos entendemos a la naturaleza y sólo el cambio permanente que se logra a través de la educación nos permitirá transitar hacia estas nuevas realidades.



El Programa Estatal de Acción ante el Cambio Climático de Baja California (PEACC) es una iniciativa del Gobierno del Estado de Baja California, realizado a través de la Secretaría de Protección al Ambiente (SPA).

Dicho programa fue elaborado por el personal de la SPA, la Universidad Autónoma de Baja California (UABC), el Colegio de la Frontera Norte (COLEF) y el Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE).

### **COORDINACIÓN INSTITUCIONAL GENERAL:**

Dr. Efraín Carlos Nieblas Ortiz, Secretario de Protección al Ambiente.

Lic. Luis Alberto Ocampo Blanco, Director de Gestión Ambiental (SPA).

Ing. Angela Nayeli Treviño Gil, Auditor Ambiental (SPA).

### **COORDINADORES ACADÉMICOS POR INSTITUCIÓN:**

Dra. María Tereza Cavazos Pérez (CICESE).

Dr. Rafael García Cueto (UABC).

Dra. Gabriela Muñoz Meléndez (COLEF).

Dra. Sarah Eva Martínez Pellegrini (COLEF).

## Participantes por parte del CICESE:

Mesa de Trabajo	Nombre
Escenarios climáticos	Dra. Tereza Cavazos Dra. Sarahí Arriaga-Ramírez Dr. Juan Carlos Herguera Dr. Edgar G. Pavía Dr. Federico Graef Ziehl Dr. Ismael Villanueva Dr. Modesto Ortiz
Recursos hídricos	Dr. Thomas Kretzschmar
Biodiversidad	Dr. Steven Bullock
Salud pública	Dra. Meritxell Riquelme
Ecosistemas marinos	Dr. Timothy Baumgartner Dra. Bertha Lavaniegos Dr. Alejandro Pares Dr. Gilberto Gaxiola Dr. Oscar Sosa Dra. Gisela Heckel Dra. Sharon Herzka Dra. Lydia Ladah

## Participantes por parte del COLEF:

Mesa de Trabajo	Nombre
Agricultura y Ganadería	Dr. José Zavala Álvarez
Asentamientos urbanos	Dr. Juan Manuel Rodríguez Esteves Lic. Andrea Susana Orozco Alvarado Lic. Aurora Guadalupe Villa Aparicio
Biodiversidad	Dr. Hugo Eduardo Riemann González
Economía	Dr. Noé Aarón Fuentes Flores Dra. Patricia Rivera Castañeda
Energía	Dra. Gabriela Muñoz Meléndez
Inventario Estatal de Gases de Efecto Invernadero	Dra. Gabriela Muñoz Meléndez MAIA. Lilia Betania Vázquez González
Planes de mitigación y adaptación (costo-beneficio)	Dra. Gabriela Muñoz Meléndez MAIA. Lilia Betania Vázquez González MEA Adán Fausto Castillo Benítez

Mesa de Trabajo	Nombre
Propuestas de políticas públicas	Dra. Sárah Eva Martínez Pellegrini
Recursos hídricos	Dr. Oscar Alberto Pombo López
Salud pública	Dra. Ietza Rocío Bojorquez Chapela
Turismo	Dra. Nora Leticia Bringas Rábago

## Participantes por parte de la UABC:

Mesa de Trabajo	Nombre
Escenarios Climático Regionales	Dr. Rafael García Cueto
	M.I. Adriana Camargo Bravo
Agricultura y Ganadería	Dr. Roberto Soto Ortiz
	Dr. Leonel Avendaño Reyes
	M.C. Ángel López López
	M.C. Luis Fernando Escoboza García
	M.C. Silvia Mónica Avilés
	Dr. Jesús Adolfo Román Calleros
Asentamientos urbanos y vivienda	Dr. Rafael García Cueto
	Dra. Ramona Alicia Romero Moreno
	Dr. Anibal Luna León
Transporte	Dr. Gonzalo Bojórquez Morales
	Dr. Moisés Galindo Duarte
	Ing. María de los Ángeles Santos Gómez
Energía	Arq. José Luis Benitez Zamora
	Dr. Margarito Quintero Núñez
Inventario de Gases Efecto Invernadero	Dr. Alejandro A. Lambert Arista
Ecosistemas Marinos	Dr. Eugenio Carpizo
	Dr. Reginaldo Durazo
	Dr. José Martín Hernández
	Dra. Gabriela Montañó
Recursos hídricos	Dr. Jaime A. Reyes López
Salud pública	M.C. Raúl C. Baptista Rosas
	Enf. Alma Aurora Arreola Cruz
	Enf. Patricia Radilla Chávez

## ACRÓNIMOS

CalCOFI	California Cooperative Oceanic Fisheries Investigations
CESP	Comisión Estatal de Servicios Públicos
CFE	Comisión Federal de Electricidad
CICESE	Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada
CMIP3	Proyecto de Intercomparación de Modelos Acoplados
CMNUCC	Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático
CNA	Consejo Nacional Agropecuario
COLEF	Colegio de la Frontera Norte
CONABIO	Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad
CONAFOR	Comisión Nacional Forestal
CONANP	Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas
COTUCO	Comité de Turismo y Convenciones
COVDM	Compuestos orgánicos volátiles diferentes del metano
CPCC	Coordinación del Programa de Cambio Climático
ERIC III	Extractor Rápido de Información Climatológica
FHE	Fenómenos Hidrometeorológicos Extremos
FONATUR	Fondo Nacional de Fomento al Turismo
GEI	Gases de Efecto Invernadero
IMECOCAL	Investigaciones Mexicanas de la Corriente de California
IMSS	Instituto Mexicano del Seguro Social
INE	Instituto Nacional de Ecología
INEGI	Instituto Nacional de Estadística y Geografía
IPCC	Panel Intergubernamental de Cambio Climático
ISSSTE	Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores del Estado
NCEP	Centro Nacional de Predicción Ambiental (por sus siglas en inglés)
OCV	Oficina de Convenciones y Visitantes
OMM	Organización Meteorológica Mundial

OMT	Organización Mundial de Turismo
PDO	Oscilación Decadal del Pacífico (por sus siglas en inglés)
PEACC-BC	Programa Estatal de Acción ante el Cambio Climático de Baja California
PIBE	Producto Interno Bruto Estatal
PNUMA	Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente
PROFEPA	Procuraduría Federal de Protección al Ambiente
SAGARPA	Secretaría de Agricultura
SCT	Secretaría de Comunicaciones y Transportes
SECTUR	Secretaría de Turismo
SECTURE	Secretaría de Turismo del Estado de Baja California
SEDECO	Secretaría de Desarrollo Económico del Estado
SEDESOL	Secretaría de Desarrollo Social
SEE	Sistema Educativo Estatal
SEFOA	Secretaría de Fomento Agropecuario
SEMARNAT	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales
SEP	Secretaría de Educación Pública
SIDUE	Secretaría de Infraestructura y Desarrollo Urbano del Estado
SMN	Servicio Meteorológico Nacional
SNG	Sistema Nacional de Gasoductos
SENER	Secretaría de Energía
SPA	Secretaría de Protección al Ambiente
SSA	Secretaría de Salud
TSM	Temperatura Superficial del Mar
UABC	Universidad Autónoma de Baja California
WMO	Organización Meteorológica Mundial (por sus siglas en inglés)

## BIBLIOGRAFÍA

### 1. INVENTARIO DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO DE BAJA CALIFORNIA

- AgCert. (2005). AWMS Methane recovery project MX05-S-11, Baja California, México. UNFCCC Clean Development Mechanism Simplified Project Design Document for Small Scale Project Activity. AgCert. 28 pp.
- Álvarez-Andrade, A. (2010). Las interacciones agricultura-agua y la modificación de los ambientes rurales: El caso del Valle de Mexicali. En: Gestión, Políticas y Culturas del Agua. Editado por: Torre Medina-Mora, L. y Hernández Suárez, C. Red de Colegios y Centros de Investigación (RECCI). El Colegio de San Luis. Pp. 54-67.
- Ayala-Oseguera, J., Pinos-Rodríguez, J.M., Sabas-Pérez, J.G., Salinas-Pérez, P.S. (2001). Perfil metabólico sanguíneo de vacas lecheras alimentadas con dietas conteniendo lasalocida y cultivos de levadura. *Investigación Agrícola: Producción, Sanidad Animal*. Vol. 16(1). 143-152.
- Baird, C. (2001). *Química ambiental*. Reverte. 622 pp.
- Berenson, M.L. (1999). *Estadística básica en administración, conceptos y aplicaciones*. Traducido por Domínguez A. 6ª ed. Pearson Educación. México. 943 pp.
- Cavazos, T. and D. Rivas, (2004). Variability of extreme precipitation events in Tijuana, Mexico. *Climate Research*, 25, 229-243.
- Centro de Calidad Ambiental (CCA) (2010). Programa de Acción ante el Cambio Climático para el Estado de Nuevo León . Instituto Tecnológico de Monterrey
- Comisión Nacional Forestal (CONAFOR), Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) En línea: <<http://www.conafor.gob.mx/portal/>>. Consultado en septiembre de 2010.
- CONAGUA (2010). *Estadísticas del Agua en México, edición 2010*. Comisión Nacional del Agua. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México. 249 pp.
- CONAPO (2010). Proyecciones de la población de México 2005-2030. Consejo Nacional de Población. Recuperado en septiembre de 2010 de <http://www.conapo.gob.mx>
- Cortez-Lara, A.A. (1999). Dinámicas y conflicto por las aguas transfronterizas del Río Colorado: el proyecto All-American Canal y la sociedad hidráulica del Valle de Mexicali. *Frontera Norte. II (21)*: Pp. 33-60.
- Gale, J. y Freund, P. (2001). Greenhouse Gas Abatement in Energy Intensive Industries. En: Greenhouse gas control technologies: Proceedings of the Fifth International Conference on Greenhouse Gas Control Technologies. Editado por: Durie, R.A., Williams, D.J. y McMullan, P. pp. 1211-1216.
- González-Ávalos, E. y Ruiz-Suárez, L.G. (2001). Methane emission factors from cattle manure in México. *Bioresource Technology*. 80: 63-71.
- Herrerías-Pleguezuelo R. y Palacios-González, F.(2007). *Curso de inferencia estadística y del modelo lineal simple*. Delta Publicaciones Universitarias. Madrid, España. 212 pp.
- INEGI (2010). Sistema de Cuentas Nacionales de México. Recuperado en noviembre de 2010 de <http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/scn/default.aspx?s=est&c=10203>.
- INEGI (2010a). Censos y conteos de población y vivienda. Recuperado en octubre de 2010 de <http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/Proyectos/ccpv/default.aspx>.
- INEGI (2010b). México en cifras. Información por entidad federativa. Estado de Baja California. Recuperado en octubre de 2010 de <http://www.inegi.org.mx/sistemas/bise/mexicocifras/default.aspx?ent=02>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) (2008). *Anuario Estadístico Baja California 2008*. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Gobierno del Estado de Baja California. México. 573 pp.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (1996). *IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Reference Manual*.



- IPCC (2007). Cambio climático 2007: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [Equipo de redacción principal: Pachauri, R.K. y Reisinger, A. (directores de la publicación)]. IPCC, Ginebra, Suiza, 104 pp.
- Jara-Jiménez, M.P. y Rosel-Remírez, J. (2002). *Análisis de series temporales. Un ejemplo de aplicación en ámbitos psicológicos*. Universitat Jaume I. España. 132 pp.
- Knutson, T. R. y R. E. Tuleya (2004). Impact of CO<sub>2</sub>-induced warming on simulated hurricane intensity and precipitation: Sensitivity to the choice of climate model and convective parameterization. *Journal of Climate*, 17, 3477-3495. Manahan, S.E. 2000. Environmental chemistry. 7<sup>a</sup> ed. Lewis Publishers. CRC Press LLC. 876 pp.
- Mancera-Pineda, J.E., Peña-Salamanca, E.J., Giraldo-Henao, R. y Santos-Martínez, A. (2003). *Introducción a la modelación ecológica. Principios y aplicaciones*. Universidad Nacional de Colombia. Universidad del Magdalena. Universidad del Valle. Colombia.
- Martínez-González, J.C., Tewolde Medhin, A., Castillo-Rodríguez, S.P. (2008). Suplementación de concentrado en la producción de leche y peso vivo de vaquillas de doble propósito de primer parto. *Avances en Investigación Agropecuaria*. Vol. 12. N° 002. pp. 59-64.
- Meehl G. A. y C. Tebaldi (2003). More intense, more frequent, and longer lasting heat waves in the 21st Century. *Science*, 305, 994-997.
- Medellín-Azuara, J. Howitt, R.E., Waller-Barrera, C. Mendoza-Espinosa, L.G., Lund, J.R. y Taylor, J.E. (2009). A calibrated agricultural water demand model for three regions in northern Baja California. *Agrociencia* 43: 83-96.
- Méndez, I. y Moreno, H. (2005). Razones de momios y cocientes de probabilidades, conceptos y estimación con modelos logísticos. *Monografías*. Vol 13. N° 29. Instituto de Investigaciones en matemáticas aplicadas y en sistemas. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Milly, P. C. D., J. Betancourt, M. Falkenmark, R. M. Hirsch, Z. W. Kundzewicz, D. P. Lettenmaier, y R. J. Stouffer (2008). Stationarity is dead: Whither water management. *Science*, 319, 573-574.
- Minitab (2000). Minitab Statistical software. Minitab Release 13.20. Minitab. Inc.
- Möllersten, K., Westermark, M. y Yan, J. (2001). Potential and cost-effectiveness of CO<sub>2</sub>-reducing measures in the pulp and paper industry. En: Greenhouse gas control technologies: Proceedings of the Fifth International Conference on Greenhouse Gas Control Technologies. Editado por: Durie, R.A., Williams, D.J. y McMullan, P. pp. 1253-1258.
- Moreno-Mena, J.A. (2002). *Los valles agrícolas de Baja California: espacios de agricultura para la exportación*. En: Migración, Poder y Procesos Rurales. Editado por: León-López Arturo, Canabal-Cristiani, Beatriz y Pimienta-Lastra, Rodrigo. Universidad Autónoma Metropolitana. Plaza y Valdes Editores. Pp. 65-78.
- Nemerow, N.L. y Dasgupta, A. (1998). *Tratamiento de vertidos industriales y peligrosos*. Ediciones Díaz de Santos. 822 pp.
- Ordóñez, J.A.B., De Jong, B.H.J., García-Oliva, F., Aviña, F.L., Pérez, J.V., Guerrero, G., Martínez, R., Masera, O. (2008). Carbon content in vegetation, litter, and soil under 10 different land-use and land-cover classes in the Central Highlands of Michoacan, México. *Forest Ecology and Management*. 255: 2074-2084.
- Peinado-Lorca, M. y Delgadillo-Rodríguez, J. (1990). Introducción al conocimiento fito-topográfico de Baja California (México). *Studia Botanica*. 9: 25-39 pp.
- Quintero-Nuñez, M. y Moncada-Aguilar, A. (2008). Contaminación y control de las quemas agrícolas en imperial, California, y Mexicali, Baja California. *Región y Sociedad, septiembre-diciembre, 043*. El Colegio de Sonora.
- REPDA (2010). Base de datos de la REPDA. Registro Público de Derechos del Agua. Comisión Nacional del Agua. México. Recuperado en noviembre de 2010 de <http://www.conagua.gob.mx/Repda.aspx?Id=427f4195-50f4-4ec9-86a3-82c473105d7c|%20%20Tr%C3%A1mites%20y%20Servicios|0|37|0|0>.
- Ruiz-Lorenzo, M.L. (2007). *Determinación y evaluación de las emisiones de dioxinas y furanos en la producción de cemento en España*. Tesis doctoral. Universidad Complutense de Madrid. Facultad de Ciencias Químicas. 375 pp.
- Ruiz-Suárez, L.R. y González-Avalos, E. (1997). Modeling methane emissions from cattle in Mexico. *The Science of the Total Environment*. 206:177-186.
- SAS Institute Inc. (1999). *SAS/ETS User's Guide, Version 8. Volume 1*. Cary, NC : SAS Institute Inc. Estados Unidos de América. 1532 pp.

- SEMARNAT (2006). *El medio ambiente en México 2005: En Resumen*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México. 91 pp.
- SEMARNAT (2010). Base de datos estadísticos. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Recuperado en septiembre de 2010 de <http://www.semarnat.gob.mx/informacionambiental/Pages/index-sniarn.aspx>.
- Sheinbaum Pardo, C. y O. Vázquez Mota. (2006). Estrategia Local de Acción Climática del Distrito Federal, México, Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal.
- SIACON (2009) Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Recuperado en septiembre de 2010 de [http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com\\_content&view=article&id=44&Itemid=337](http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=44&Itemid=337).
- Smith, M. (1997). *The U.S. Paper Industry and Sustainable Production: An Argument for Restructuring*. MIT Press. Estados Unidos. 303 pp.
- Tejeda Martínez A., M.E. Guadarrama Olivera, C.A. Ochoa Martínez, A. Medina Chena, Z. Equihua, M.E. Cejudo Zamora, C.M. Welsh Rodríguez, E. López Florez, T. García López y M. Marín Hernández M. (2008). *Programa Veracruzano ante el Cambio Climático*. Universidad Veracruzana, Instituto Nacional de Ecología, Embajada Británica México, Centro de Ciencias de la Atmosfera UNAM, Instituto Nacional de Ecología, A.C. México.
- UNEP (1996). *Environmental Management in the Pulp and Paper Industry*. United Nations Environment Programme: Industry and Environment. Technical report N° 34. UNEP/Earthprint. 232 pp.
- Villanueva-Ávalos, J.F., Negrete-Ramos, L.F., Villalobos-González, J.C. y Britton, C.M. (2008). Respuesta de seis gramíneas tropicales a la quema prescrita en la costa oeste de México. *Técnica Pecuaría en México*. Vol. 46. N° 004. Pp. 397-411.
- Westerling, A. L., H. G. Hidalgo, D. R. Cayan, T. W. Swetnam (2006). Warming and Earlier Spring Increase Western U.S. *Forest Wildfire Activity*. *Science*, 313, No. 5789, 940-943.

## 2. ANÁLISIS DE ESCENARIOS CLIMÁTICOS REGIONALES

### Variabilidad climática

- Cavazos T, Rivas D. (2004). Variability of extreme precipitation events in Tijuana, Mexico. *Clim. Res.* 25: 229–243.
- Englehart P. J., and Douglas A. V. (2004). Characterizing regional-scale monthly and seasonal temperature variations over Mexico. *Internacional Journal of Climatology*, 24: 1897-1909, DOI:10.1001/JOC.1117.
- Englehart P. J. and Douglas A. V. (2005). Changing behavior in the diurnal range of surface air temperatures over Mexico. *Geophysical Research Letters*, 32:L01701, DOI:10.1029/2004GL021139.
- Jones P. D. (1994). Hemispheric surface air temperature variations: a reanalysis and update to 1993. *Journal of Climate*, 7:1794-1802.
- Liverman D. M. O'Brien K. L. (1991). Global Warming and climate change in Mexico. *Global Environmental Change*, 1:351-364.
- Mosiño A. P. (1974). *El Escenario Geográfico. Introducción Ecológica*. Instituto de Prehistoria. Capítulo “Los climas de la República Mexicana”. SEP-INAH. 305pp.
- Pavía E. G., Graef F. and Reyes J. (2008). Annual and seasonal surface air temperature trends in Mexico. *International Journal of Climatology*. Royal Meteorological Society. DOI: 10.1002/joc.1787.
- Pavía EG, Badán A. (1998). ENSO modulates rainfall in the Mediterranean Californias. *Geophysical Research Letters*. 25(20): 3855–3858.
- PEACBC (2009). Plan Estatal de Acción Climática de Baja California. *Memorias del Segundo Taller*. Febrero 2009, Ensenada, Baja California.
- Solomon S., D. Qin, M. Manning, R. Alley, T. Berntsen, N. L. Bindoff, Z. Chen, A. Chidthaisong, J. Gregory, G. Hegerl, M. Heimann, B. Hewitson, B. Hoskins, F. Joos, J. Jouzel, V. Kattsov, U. Lohmann, T. Matsuno, M. Molina, N. Nicholls, J. Overpeck, G. Raga, V. Ramaswamy, J. Ren, M. Rusticucci, R. Somerville, T. F. Stocker, Ronald J. Stouffer, P. Whetton, R. A. & Wood, D. Wratt, (2007). Technical Summary. In: *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M.

Marquis, K. B. Averyt, M. Tignor and H. L. Miller (eds.). Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

Southworth J., Randolph J. C., Habeck M., Doering O. C., Pfeifer R. A., Rao D. G. and J. J. Johnston J. J. (2000). Consequences of future climate change and changing climate variability on maize yields in the midwestern United States. *Science* 82 : 1-3, p. 139-158.

### Incremento en el nivel del mar

Cazenave, A., W. Llovel (2010). *Annu. Rev. Mar. Sci.* **2**, 145.

Church, J. A., N. J. White (2010). *Geophys. Res. Lett.* **33**, L01602.

Chao, B. F., Y. H. Wu, Y. S. Li (2008). *Science* **320**, 212.

Howat, I. M., I. R. Joughin, T. A. Scambos (2007). *Science* **315**, 1559.

Intergovernmental Panel on Climate Change, M. L. Parry et al., Eds. (Cambridge Univ. Press, Cambridge, 2007).

IPCC, Climate Change (2007). The Physical Science Basis, Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, S. Solomon et al., Eds. (Cambridge Univ. Press, Cambridge, 2007).

Levitus, S. et al (2009). *Geophys. Res. Lett.* **36**, L07608.

Milly, P. C. D., et al (2010). Understanding Sea Level Rise and Vulnerability, J.A. Church et al., Eds. (Blackwell, New York, 2010).

Munk., W. Ocean Freshening, sea-level rising (2003). *Science*, **300**, 2041-2043.

Nicholls, R. J., et al (2007). Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, M. L. Parry et al. Eds. Cambridge Univ. Press, Cambridge.

Nicholls, R. J., et al (2008). Ranking Port Cities with High Exposure and Vulnerability to Climate Extremes: Exposure Estimates. Environment Working Papers No. 1. Organization for Economic Co-Operation and Development, Paris.

Mimura, N. L., et al., in Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the

Ortiz Figueroa Modesto, M. y J. I. Gonzalez Navarro (2005). *On the search for the sea-level datum 1983-2001 along the coast of Mexico*. Reunión Anual de la Unión Geofísica Mexicana. 30 de octubre al 04 de noviembre del 2005. Puerto Vallarta, Jalisco, México. Ponencia Oral. Publicado en: Resumen.

Ortiz Figueroa Modesto, Juan Ignacio González Navarro (2008). El nivel del mar como indicador del cambio climático: Historia, tendencias regionales y perspectivas en México, en Efectos del cambio climático en los recursos hídricos de México Volumen II, editores: Polioptro F. Martínez Austria y Ariosto Aguilar Chávez, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. ISBN: 978-607-7563-01-3, pp 59-72, 128p.

Sugiyama, M., et al (2008). *Estimating the Economic Cost of Sea- Level Rise*. MIT Global Change Joint Program Publications, Report 156 (Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, MA).

World Bank (2009). Economics of Adaptation on Climate Change, Consultation Draft. World Bank, Washington, DC.

Wunsch, C., R. M. Ponte, P. Heimbach, *J. Clim.* **20**, 5889 (2007).

## 3. DIAGNÓSTICO Y EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD E IMPACTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO PARA EL ESTADO DE BAJA CALIFORNIA

### Biodiversidad

Arriaga, L., J. M. Espinoza, C. Aguilar, E. Martínez, L. Gómez y E. Loa (coordinadores) (2000). *Regiones terrestres prioritarias de México*. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad. México.

- Benítez, H., C. Arizmendi y L. Márquez (1999). Base de Datos de las AICAS. CIPAMEX, CONABIO, FMCN y CCA. México. (<http://www.conabio.gob.mx>).
- Collins, M., Tett, S., Cooper, C. (2001). The internal climate variability of hadcm3, a version of the Hadley centre coupled model without flux adjustments. *Climate Dynamics* 17, 61–68.
- Comisión Estatal de Servicios Públicos de Ensenada, *et al.* (2008). Programa Integral de Agua de Ensenada. Ensenada, B.C.
- Comisión Nacional Biodiversidad, CONABIO (2009). ¿Qué es la biodiversidad? Consultado en: [http://www.biodiversidad.gob.mx/biodiversidad/que\\_es.html](http://www.biodiversidad.gob.mx/biodiversidad/que_es.html)
- CONABIO (2008). *Capital Natural de México, Vol. II: Estado de Conservación y Tendencias de Cambio*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.
- CONABIO (2010). Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, SEMARNAT. México. Recuperado el 12 de noviembre de 2010 de <http://www.conanp.gob.mx/>
- CONANP (2010). Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. SEMARNAT. México <http://www.conanp.gob.mx/>
- Conservation International (2010). Biodiversity hotspots. Recuperado el 10 de noviembre de 2010 de <http://www.biodiversityhotspots.org/xp/Hotspots>.
- CONAPO (2008). *Prontuario demográfico 2008*. Consejo Nacional de Población. Secretaría de Gobernación. México, D.F.
- Costanza R., d'Arge R., de Groot R., Farberk S., Grasso M., Hannon B., Limburg K., Naeem S., O'Neill R., Paruelo J., Raskin R., Suttonk P. & van den Belt M. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature* (387): 253-260.
- DOF (2000). LGVS. Diario Oficial de la Federación. 3 de julio de 2000. México
- DOF (2002). Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-2001. Diario Oficial de la Federación 6 de marzo de 2000. México.
- Easterling, D. R., G. A. Meehl, C. Parmesan, S. A. Chagnon, T. R. Karl and L.O. Mearns (2000). Climate extremes: Observations, modeling, and impacts. *Science*, 289: 2068-2074.
- El Colef-SEDESOL (2006). *Diagnóstico territorial de la franja fronteriza norte*. El Colegio de la Frontera Norte, Secretaría de Desarrollo Social. Reporte de investigación. México. D.F.
- Gobierno del estado de Baja California (2009a). Flora. Consultado en: <http://www.baja.gob.mx/estado/Aspectos%20Biologicos/Flora.html>
- Gobierno del estado de Baja California (2009b). Mapas de Áreas Naturales Prioritarias. Consultado en: [http://www.bajacalifornia.gob.mx/spa/areas\\_para\\_conservacion.html](http://www.bajacalifornia.gob.mx/spa/areas_para_conservacion.html)
- Grismer, L. L. (2002). *Amphibians and reptiles of Baja California. Including its Pacific islands and the islands of the Sea of Cortés*. University of California Press. Berkeley, CA.
- Hijmans, R.J., S.E. Cameron, J.L. Parra, P.G. Jones and A. Jarvis, (2005). Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology* 25: 1965-1978.
- Hódar J.A., Zamora R. y Peñuelas J. (2004). El efecto del cambio global en las interacciones planta animal. En Valladares F. 2004 Ecología del bosque Mediterráneo cambiante. Edit. Ministerio de Medio Ambiente Madrid. 461-478 pp.
- Minnich, R.A., Franco-Vizcaíno, E. y Dezzani, R.J. (2000). The El Niño/Southern Oscillation and precipitation variability in Baja California, México. *Atmósfera*, 13:1-20.
- INEGI (2006). Censo de Población y Vivienda 2005.
- Ochoa O. L.M. y Flores Villela O. (2006). Áreas de diversidad y endemismo de la herpetofauna mexicana. Edit. CONABIO. Consultado en: [http://books.google.com.mx/books?id=1zib6ltYfIUc&pg=PA153&lpg=PA153&dq=Caracter%20ADstic+bi%20C3%B3ticas+baja+california+norte&source=bl&ots=IB3oWEk4rl&sig=GjaurEEwxuk0tQ-VzGD2y0kjICU&hl=es&ei=ImF8SsnFDYfqsQPOibDvCg&sa=X&oi=book\\_result&ct=result&resnum=4#v=onepage&q=Caracter%20ADstic+bi%20C3%B3ticas%20baja%20california%20norte&f=false](http://books.google.com.mx/books?id=1zib6ltYfIUc&pg=PA153&lpg=PA153&dq=Caracter%20ADstic+bi%20C3%B3ticas+baja+california+norte&source=bl&ots=IB3oWEk4rl&sig=GjaurEEwxuk0tQ-VzGD2y0kjICU&hl=es&ei=ImF8SsnFDYfqsQPOibDvCg&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=4#v=onepage&q=Caracter%20ADstic+bi%20C3%B3ticas%20baja%20california%20norte&f=false)
- Peinado M. C. B. y Delgadillo J. (1991). Introducción al conocimiento fitotopográfico de Baja California, México. *Studia Botánica*, 9:25-39 pp.
- Peinado M. C. B.; Delgadillo J. y Aguado I. (1994). Piso de vegetación de la Sierra de San Pedro Mártir, Baja California, México. *Acta*

*Botánica Mexicana* 29: 1-30 pp.

- Raper, S. C. B. and F. Giorgi (2005). Climate Change Projections and Models. En: *Climate Change and Biodiversity*. Lovejoy, E. Thomas and Lee Hannah (Editors). 2005. Yale University Press, New Haven. PP 199-210.
- Riemann, H. and E. Ezcurra. 2005. Plant endemism and natural protected areas in the peninsula of Baja California, Mexico. *Biological Conservation*, 122: 141-150.
- Riemann, H. and E. Ezcurra. 2007. Endemic regions of the vascular flora of the peninsula of Baja California, Mexico. *Journal of Vegetation Science*, 18: 327-336.
- Root, T. L. and L. Huges (2005). Present and future Phenological changes in Wild Plants and Animals. En: *Climate Change and Biodiversity*. Lovejoy, E. Thomas and Lee Hannah (Editors). 2005. Yale University Press, New Haven. PP 61-69
- Rodríguez Esteves, Juan Manuel (2007). *La construcción social del riesgo de desastre en el noroeste de México: ENSO (El Niño/Southern Oscillation) en la cuenca del río Tijuana*. Tesis de doctorado. CIESAS-Occidente. Guadalajara, Jalisco.
- Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) (2009). Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas. Consultado en: <http://www.conanp.gob.mx/sinap-html>
- SEDESOL, et al (2007). *Delimitación de las Zonas metropolitanas de México*. 2005. Secretaría de Desarrollo Social, Consejo Nacional de Población, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, México, D.F.
- United Nations Environment Programme (UNEP) (2003). Medio Ambiente y medidas normativas: 1972-2002. En *GEO: Global Environment Outlook 3*. Pasado, presente y futuro. Consultado en: <http://www.grida.no/publications/other/geo3/?src=/geo/geo3/spanish/pdf.html>
- World Resources Institute and WRI and IUCN (1998) Climate, biodiversity and forest. Issues and opportunities emerging from the Kioto Protocolo DC. World Resources Institute.
- Wiggins, I. L. (1980). *Flora of Baja California*. Stanford University Press, Stanford.
- Worldclim 2010. Recuperado el 2 de octubre de 2010 de <http://www.worldclim.org/futdown.html>.

## Ecosistemas marinos

- Abraham C.L. y W.J. Sydeman (2004). Ocean climate, euphausiids and auklet nesting: Interannual trends and variation in phenology, diet and growth of a planktivorous seabird, *Ptychorampus aleuticus*, *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 274:235–250.
- Bargu S., M. Silver, T. Goldstein, K. Roberts y F. Gulland (2010). Complexity of domoic acid-related sea lion strandings in Monterey Bay, California: foraging patterns, climate events, and toxic blooms. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 418: 213–222.
- Barnett T.P., D.W. Pierce, K.M. AchutaRao, P.J. Gleckler, B.D. Santer, J.M. Gregory y W.M. Washington (2005). Penetration of Human-Induced Warming into the World's Oceans. *Science* 309:284-287.
- Baumgartner T., R. Durazo, B. Lavaniegos, G. Gaxiola, J. Gómez y J. García (2008). Ten years of change from IMECOCAL observations in the southern region of the California Current Ecosystem. *GLOBEC International Newsletter* 14:43-54.
- Bograd S.J., I. Schroeder, N. Sarkar, X. Qiu, W.J. Sydeman y F.B. Schwing (2009). Phenology of coastal upwelling in the California Current, *Geophys. Res. Lett.* 36, L01602, doi:10.1029/2008GL035933.
- Brinton E. y A. Townsend (2003). Decadal variability in abundances of the dominant euphausiid species in southern sectors of the California Current. *Deep-Sea Res. Pt. II*, 50:2449-2472.
- Brodeur R.D., S. Ralston, R.L. Emmett, M. Trudel, T.D. Auth y A.J. Phillips (2006). Anomalous pelagic nekton abundance, distribution, and apparent recruitment in the northern California Current in 2004 and 2005. *Geophys. Res. Lett.* 33, L22S08, doi:10.1029/2006GL026614.
- Chávez F.P., J. Ryan, S.E. Lluch-Cota y M. Niqun. (2003). From anchovies to sardines and back: multidecadal change in the Pacific-Ocean. *Science* 299:217-221.

- Chiba S. y K. Tadokoro. (2006). Effects of decadal climate change on zooplankton over the last 50 years in the western subarctic North Pacific. *Glob. Change Biol.* 12: 907-920.
- DiLorenzo E., A.J. Miller, N. Schneider y J.C. McWilliams (2005). The warming of the California Current system: Dynamics and ecosystem implications. *Journal of Physical Oceanography* 35:336-362.
- Feeley R.A., C.L. Sabine, J.M. Hernández-Ayón, D. Ianson y B. Hales (2008). Evidence for Upwelling of Corrosive “Acidified” Water onto the Continental Shelf. *Science* 320:1490-1492.
- Field D.B., T.R. Baumgartner, C.D. Charles, V. Ferreira-Bartrina y M.D. Ohman (2006). Planktonic Foraminifera of the California Current Reflect 20th-Century Warming. *Science* 311:63-66.
- Field J.C., K. Baltz, A. J. Phillips y W.A. Walker (2007). Range expansion and trophic interactions of the jumbo squid, *Dosidicus gigas*, in the California Current. *CalCOFI Rep.* 48:131-146.
- García-Mendoza E., D. Rivas, A. Olivos-Ortiz, A. Almazán-Becerril, C. Castañeda-Vega y J.L. Peña-Manjarrez (2009). A toxic Pseudo-nitzschia bloom in Todos Santos Bay, northwestern Baja California, Mexico. *Harmful Algae* 8:493–503.
- Gaxiola-Castro G., B.E. Lavaniegos, A. Martínez, R. Castro y T.L. Espinosa-Carreón (2010). *Pelagic ecosystem response to climate variability in the Pacific Ocean off Baja California* (pp. 163-182). En: S.W. Simard y M.E. Austin (eds.) *Climate Change and Variability*. Sciyo, Croacia.
- Holbrook S.J., R.J. Schmitt y J.S. Stephens (1997). Changes in an assemblage of temperate reef fishes associated with a climate shift. *Ecol. Appl.* 7:1299-1310.
- King J.R., V.N. Agostini, C.J. Harvey, G.A. McFarlane, M.G.G. Foreman, J.E. Overland, E. Di Lorenzo, N.A. Bond y K.Y. Aydin (2011). Climate forcing and the California Current ecosystem. *ICES J. Mar. Sci.* 68:1199-1216.
- Lavaniegos B.E y M.D. Ohman (2003). Long-term changes in pelagic tunicates of the California Current. *Deep-Sea Res. Pt. II*, 50:2473-2498.
- Lavaniegos B.E. (2009). Influence of a multiyear event of low salinity on the zooplankton from Mexican eco-regions of the California Current. *Prog. Oceanogr.* 83:369-375.
- Lavaniegos B.E., G. Gaxiola-Castro, L.C. Jiménez-Pérez, M.R. González-Esparza, T. Baumgartner y J. García-Cordova (2003). 1997-98 El Niño effects on the pelagic ecosystem of the California current off Baja California, Mexico. *Geofísica Internacional* 42:483-494.
- Lavaniegos B.E., I. Ambriz-Arreola, C.M. Hereu, L.C. Jiménez-Pérez, J.L. Cadena-Ramírez y P. García-García (2010). *Variabilidad estacional e interanual del zooplancton en la sección mexicana de la Corriente de California* (pp. 87-126). En: G. Gaxiola-Castro y R. Durazo (eds.) *Dinámica del Ecosistema Pelágico frente a Baja California, 1997-2007*. CICESE/UABC/INE, México, D.F.
- Lavaniegos B.E., L.C. Jiménez-Pérez y G. Gaxiola-Castro (2002). Plankton response to El Niño 1997-1998 and La Niña 1999 in the southern region of the California Current. *Progress in Oceanography* 54:33-58.
- Lehodey P., I. Senina, J. Sibert, L. Bopp, B. Calmettes, J. Hampton y R. Murtugudde (2010). Preliminary forecasts of Pacific bigeye tuna population trends under the A2 IPCC scenario. *Prog. Oceanogr.* 86:302–315.
- Lercari D. y E.A. Chávez (2007). Possible causes related to historic stock depletion of the totoaba, *Totoaba macdonaldi* (Perciformes: Sciaenidae), endemic to the Gulf of California. *Fish. Res.* 86:136–142.
- Levitus S., J. Antonov y T. Boyer (2005). Warming of the world ocean, 1955–2003. *Geophysical Research Letters* 32, L02604, doi:10.1029/2004GL021592.
- Mackas D.L., W.T. Peterson y J.E. Zamon (2004). Comparisons of interannual anomalies of zooplankton communities along the continental margins of British Columbia and Oregon. *Deep Sea Res. II*, 51:875–896.
- McGowan J.A., D.R. Cayan y L.M. Dorman (1998). Climate-ocean variability and ecosystem response in the northeast Pacific. *Science* 281:210-217.
- Polovina J. J. (1996). Decadal variation in the trans-Pacific migration of northern bluefin tuna (*Thunnus thynnus*) coherent with climate-induced change in prey abundance. *Fish Oceanogr.* 5:114-119.

- Roemmich D. y J. McGowan (1995). Climatic warming and the decline of zooplankton in the California current. *Science* 267:1324-1326.
- Rosenzweig C., G. Casassa, D.J. Karoly, A. Imeson, C. Liu, A. Menzel, S. Rawlins, T.L. Root, B. Seguin y P. Tryjanowski (2007). *Assessment of observed changes and responses in natural and managed systems. Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden and C.E. Hanson, Eds., Cambridge University Press, Cambridge, UK, 79-131.
- Rykaczewski R.R. y D.M. Checkley Jr. (2008). Influence of ocean winds on the pelagic ecosystem in upwelling regions. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 105:1965-1970.
- Sagarin R.D., J.P. Barry, S.E. Gilman y C.H. Baxter (1999). Climate-related change in an intertidal community over short and long time scales. *Ecol. Monogr.* 69:465-490.
- Solomon S., D. Qin, M. Manning, R.B. Alley, T. Berntsen, N.L. Bindoff, Z. Chen, A. Chidthaisong, J.M. Gregory, G.C. Hegerl, M. Heimann, B. Hewitson, B.J. Hoskins, F. Joos, J. Jouzel, V. Kattsov, U. Lohmann, T. Matsuno, M. Molina, N. Nicholls, J. Overpeck, G. Raga, V. Ramaswamy, J. Ren, M. Rusticucci, R. Somerville, T.F. Stocker, P. Whetton, R.A. Wood y D. Wratt (2007). Technical Summary. In: *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Tegner M.J., P.K. Dayton, P.B. Edwakds y K.L. Riser (1996). Is there evidence for long-term climatic change in Southern California kelp forests? *CalCOFI Rep.* 37:111-126.
- Weise M.J., D.P. Costa y R.M. Kudela (2006). Movement and diving behavior of male California sea lion (*Zalophus californianus*) during anomalous oceanographic conditions of 2005 compared to those of 2004, *Geophys. Res. Lett.* 33, L22S10, doi:10.1029/2006GL027113.
- Wolf S.G., W.J. Sydeman, J.M. Hipfner, C.L. Abraham, B.R. Tershy y D.A. Croll (2009). Range-wide reproductive consequences of ocean climate variability for the seabird Cassin's Auklet. *Ecology* 90:741-753.

## Energía

- Alonso, E.H., (1988). "Cerro Prieto: una alternativa en el desarrollo energético", Memoria de la Reunión Nacional Sobre la Energía y el Confort, Instituto de Ingeniería, Universidad Autónoma de Baja California (UABC), Mexicali, B.C., México: 314-319 .
- CFE (Comisión Federal de Electricidad) (s.f.). Estadísticas por Entidad Federativa (sector eléctrico nacional) 2008. México, 43 páginas.
- Gerencia de Proyectos Geotermoeléctricos (GPG) (1994). Panfleto publicitario sobre el campo geotermoeléctrico Cerro Prieto. Residencia General de Cerro Prieto Mexicali, Compañía Federal de Electricidad, Baja California, México.
- Lambert A., Montero G. y Campbell H. (2010). Cuantificación de las emisiones de gases refrigerantes en el sector doméstico de Mexicali, Baja California México. Artículo presentado en el World Congress & Exhibition Engineering 2010. Argentina. Octubre 17th-20th, Buenos Aires
- Huacuz, J. (1995). "Non-Fossil Fuel Based Energy Sources." en *Energy and Environment in the California-Baja California Border Region*, A. Sweedler, P. Ganster, and P. Bennett, eds. San Diego: IRSC, SDSU Press: 133-40.
- Muñoz-Meléndez G., Quintero-Núñez M., Sweedler A. (2011). Energy for a Sustainable Border Region in 2030. SCERP's 16th Monograph, The U.S.-Mexican Border and a Sustainable 2030. In press.
- PEMEX (2010). *Memoria de labores. 2009*. Dirección Corporativa de Finanzas, México. 314 páginas.
- Programa de Obras e Inversiones del Sector eléctrico (POISE 2010-2024). SENER
- Sánchez S. M. T., Martínez. G. M. (2004). *La Vulnerabilidad en la Industria y los sistemas energéticos ante el cambio climático global en México: una visión hacia el siglo XXI. El cambio climático en México*. Editado por UNAM, Semarnat, US Country Studies Program . México, D.F.
- SEDECO (Secretaría de Desarrollo Económico) (2008). Guía del inversionista para Baja California 2008. Gobierno del Estado de Baja California.

- Secretaría de Energía (2010<sup>a</sup>). *Prospectiva del Sector Eléctrico 2010-2025*, Primera Edición, México. Disponible: [http://www.sener.gob.mx/webSener/res/PE\\_y\\_DT/pub](http://www.sener.gob.mx/webSener/res/PE_y_DT/pub).
- SENER (Secretaría de Energía) (2010b). Programa Especial para el Aprovechamiento de Energías Renovables.
- SENER (Secretaría de Energía) & GTZ (Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit GmbH) (2006). Energías Renovables para el Desarrollo Sustentable en México. pp. 27.
- Toscano, L., Montero, G., Stoytcheva, M., Campbell, H. y Lambert, A. (2011). Preliminary assessment of biodiesel generation from meat industry residues in Baja California, Mexico. *Biomass and Bioenergy*. 35: 26-31.
- UABC (2006). Actualización de la planificación energética de las ciudades de Mexicali y Tijuana Baja California. Reporte final.
- United Nations (UN) & International Atomic Energy Agency (IAEA) (2007). Energy Indicators for Sustainable Development: Country Studies on Brazil, Cuba, Lithuania Mexico, Russian Federation, Slovakia and Thailand.
- UNFCCC (2005). AWMS Methane Recovery Project MX05-S-11, Baja California, México.
- Valdez-Vázquez, I. Acevedo-Benítez, J.A., Hernández-Santiago, C. (2010). Distribution and potencial of bioenergy resources from agricultural activities in Mexico. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 14: 2147-2153.

## Transporte

- ARSHA. (2002). *Actualización del estudio integral de vialidad y transporte urbano en la ciudad de Mexicali*, B. C. SEDESOL. México.
- Campbell, H. (2009). *Actualización de la planificación estratégica de las ciudades de Mexicali y Tijuana*, B. C. Tesis de doctorado. UABC. México.
- CONAPO (2009). Indicadores demográficos básicos 1990-2030. Recuperado en 2009 de [http://www.conapo.gob.mx/index.php?option=com\\_content&view=article&id=125&Itemid=193](http://www.conapo.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=125&Itemid=193).
- Galindo, M. (2001). *Orígenes y destinos de viajes en automóvil en la ciudad de Mexicali*. Reporte Técnico. UABC. México.
- Galindo, M. (2007). *Sistemas constructivos y de climatización para optimizar el consumo energético en la vivienda del desierto*. Tesis de doctorado. UABC. México.
- Galindo, M., Benites, J. y Santos, M. (2002). *Flujos de tránsito vehicular en puntos representativos de la Ciudad de Mexicali*. Reporte Técnico. UABC. México.
- Galindo, M., Coria, G. y Campbell C., H. (1991). *Propuesta de un Sistema Vial y de Transporte Para la Ciudad de Tijuana*, B. C. Reportes Técnico y Ejecutivo. UABC. México.
- Galindo, M., García, C. et al (1994). *Estudio Integral de Vialidad y Transporte Urbano de Mexicali, Baja California*. Reportes Técnico y Ejecutivo. UABC. México.
- Galindo, M., Santos M. y Benites, J. (2002). *Reportes Técnico y Ejecutivo: "Determinación de Volúmenes de Tránsito en Libramiento Mexicali"*. Reportes Técnico y Ejecutivo. UABC. México.
- Gallopín, G. (2003). *Sostenibilidad y desarrollo sostenible: un enfoque sistémico*. Naciones Unidas. Chile.
- Gobierno del Estado de Baja California. Secretaría de Planeación y Finanzas. (2008) México.
- González, G. (2008) *Reporte sobre las acciones de México de mitigación y adaptación ante el cambio climático global*. México.
- Hernández, D., Galindo, M. y Benites, J. (2000). *Atlas de Tránsito Vehicular de la Ciudad de Mexicali*. Reporte Técnico. UABC. México.
- INE. Página web del Instituto Nacional de Ecología. Consultado en octubre del 2004 en el sitio <http://www.ine.gob.mx>
- INEGI (1980). X Censo General de Población y Vivienda. México: Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática
- INEGI (1990). XI Censo General de Población y Vivienda. México: Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática



- INEGI (1995). Censo de Población y Vivienda 1995. México: Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática
- INEGI (2000). XII Censo General de Población y Vivienda. México: Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática.
- INEGI (2005). II Censo de Población y Vivienda 2005. México: Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática
- INEGI y Gobierno del Estado de Baja California (2005). *Anuario Estadístico Baja California*. México.
- Molina, M. (2007). *Inventario de emisiones de gases efecto invernadero del estado de Baja California 2005*. México.
- ONU (1998). *Protocolo de Kyoto de la Convención Marco de las Naciones Unidas Sobre el Cambio Climático*. Recuperado en octubre del 2009 de <http://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpspan.pdf>.
- ONU página web de la Organización de las Naciones Unidas. Consultado en noviembre del 2009 en el sitio: <http://www.un.org/esa/dsd/agenda21/>
- Rodríguez, J. (2003) *En busca de condiciones para la sostenibilidad*. Suecia.
- Comisión Estatal de Servicios Públicos de Ensenada, et al. (2008). *Programa Integral de Agua de Ensenada*. Ensenada, B.C.
- CONAPO (2008). *Prontuario demográfico 2008*. Consejo Nacional de Población. Secretaría de Gobernación. México, D.F.
- El Colef-SEDESOL (2006). *Diagnóstico territorial de la franja fronteriza norte*. El Colegio de la Frontera Norte, Secretaría de Desarrollo Social. Reporte de investigación. México. D.F.
- INEGI (2006). Censo de Población y Vivienda 2005. México: Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática
- Rodríguez Esteves, Juan Manuel (2007). *La construcción social del riesgo de desastre en el noroeste de México: ENSO (El Niño/Southern Oscillation) en la cuenca del río Tijuana*. Tesis de doctorado. CIESAS-Occidente. Guadalajara, Jalisco.
- SEDESOL, et al (2007). *Delimitación de las Zonas metropolitanas de México. 2005*. Secretaría de Desarrollo Social, Consejo Nacional de Población, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, México, D.F.

## Asentamientos urbanos y vivienda

- Comisión Estatal de Servicios Públicos de Ensenada, et al. (2008). *Programa Integral de Agua de Ensenada*. Ensenada, B.C.
- Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) (2010). Normales Climatológicas 1971-2000, México.
- CONAPO (2008). *Prontuario demográfico 2008*. Consejo Nacional de Población. Secretaría de Gobernación. México, D.F.
- El Colef-SEDESOL (2006). *Diagnóstico territorial de la franja fronteriza norte*. El Colegio de la Frontera Norte, Secretaría de Desarrollo Social. Reporte de investigación. México. D.F.
- García, R., Camargo A. (2011). *Proyecciones locales de cambio climático para Baja California*. Reporte de avance del PEACC-BC, Instituto de Ingeniería, UABC.
- INEGI (2006). Censo de Población y Vivienda 2005.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), (2011) [en red], Sistema para la consulta del Anuario Estadístico de Baja California 2010, <http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/español/sistemas/ae10/estatal/bc/default.htm>, bajado 27 junio 2011.
- Luna, A. (2009). Análisis climático, Facultad de Arquitectura y Diseño, UABC.
- Rodríguez Esteves, Juan Manuel (2007). *La construcción social del riesgo de desastre en el noroeste de México: ENSO (El Niño/Southern Oscillation) en la cuenca del río Tijuana*. Tesis de doctorado. CIESAS-Occidente. Guadalajara, Jalisco.
- SEDESOL, et al (2007). *Delimitación de las Zonas metropolitanas de México. 2005*. Secretaría de Desarrollo Social, Consejo Nacional de Población, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, México, D.F. 2007.
- Secretaría de Gobernación (2010). Peligros naturales y tecnológicos relevantes durante el periodo 1810-2010. CENAPRED. 2010. México, D.F.

Secretaría de Gobernación (2010). Recursos autorizados por declaratoria de desastre, varios años. Consultado en: [http://www.proteccioncivil.go.mx/es/ProteccionCivil/Recusos\\_Autorizados\\_por\\_Declaratorio\\_de\\_Desastre](http://www.proteccioncivil.go.mx/es/ProteccionCivil/Recusos_Autorizados_por_Declaratorio_de_Desastre)

## Agricultura y ganadería

### Agricultura

Boyer, J.S. (1982). Plant Productivity and Environment. *Science*. 218:443-448.

CNA (2011). *En Contacto*. Boletín informativo del Consejo Nacional Agropecuario (CNA), A.C. Número 308. [http://www.cna.org.mx/encontacto\\_historico/Encontacto/encontacto22feb2011.html](http://www.cna.org.mx/encontacto_historico/Encontacto/encontacto22feb2011.html)

Committee on Biosciences Research in Agriculture (1985). *New Directions for Biosciences Research in Agriculture. High-Reward opportunities*. National Academy of Sciences. 136 pp. <http://www.nap.edu/catalog/13.html>

Corrales, F. J. (2010). *Diagnóstico Sectorial Baja California*. JICOMEX, S.A. de C.V. Baja California, México. 163 pp.

Escoboza, G.L.F. (2009). *Agua e Infraestructura Hidroagrícola*. En: Estudio Diagnóstico del valle de Mexicali para su desarrollo agropecuario. Instituto de Ciencias Agrícolas, Universidad Autónoma de Baja California. pp. 12-30.

Gardner, F.P., R. B. Pearce, R.L. Mitchel (2003). *Physiology of Crop plants*. Iowa State Press. A Blackwell Publishing Company. 327 pp.

Hall, A.E. (2001). *Crop Responses to environment*. CRC Press. 232 pp.

Hall, A.J. (1977). Assimilate source-sink relationships in *Capsicum annuum* L. I. The dynamics of growth in fruiting and deflorated plants. *Australian Journal of Plant Physiology*, 4:623-636.

Hay, J. (2007). Extreme Weather and Climate Events, and Farming Risks. En: *Managing Weather and Climate Risks in Agriculture*. M.V.K. Sivakumar y R.P. Motha (eds). *Springer*. pp. 1-19.

Hay, R., y J. Porter (2006). *The Physiology of Crop Yield*. Second Edition. Blackwell Publishing. 314 pp.

Heuvelink, E. (2005). *Tomatoes. Crop Production Science in Horticulture Series*. CABI Publishing. 352 pp.

Hoffman, G.J. y S.I. Rawlins (1970). Infertility of Cotton flowers at both high and low relative humidities. *Crop Science*. 10:721-723.

Hopkins, W.G., y N. P. A, Hüner (2004). *Temperature: Plant Development and Distribution*. En: *Introduction to Plant Physiology*. Third Edition. John Wiley & Sons, Inc. pp. 441-455.

INEGI (2007). VIII Censo Agrícola, Ganadero y Forestal. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México. [http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/agro/ca2007/resultados\\_agricola/default.aspx](http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/agro/ca2007/resultados_agricola/default.aspx)

Kole, C., y T.C. Hall (Eds). (2008). *Compendium of transgenic crop plants*. 10 volume set. Wiley-Blackwell. 2776 pp.

Lambers, H., F.S. Chapin III., y T. L. Pons. (1998). *Plant Physiological Ecology*. Springer-Verlag New York, Inc. 540 pp.

Lobell, D.B., C.B. Field, K.N. Cahill, y C. Bonfils. (2006). Impacts of future climate change on California perennial crop yields: Model projections with climate and crop uncertainties. *Agricultural and Forest Meteorology*. Vol. 141 (2-4):208-218.

López, L.A.(ED.) (2009). *Estudio Diagnóstico del valle de Mexicali para su desarrollo agropecuario*. Instituto de Ciencias Agrícolas, Universidad Autónoma de Baja California. 174 pp.

Nobel, P.S. (2005). *Physicochemical and Environmental plant Physiology*. Third Edition. Elsevier Academic press. 567 pp.

OEIDRUSBC (2010). Boletín informativo. Año 6. Secretaria de Fomento Agropecuario del Estado de Baja California y Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. 11 pp. <http://www.oeidrus-bc.gob.mx>

SEFOA (2011). El agua: Recurso estratégico para baja california. Portal de la Secretaria de Fomento Agropecuario. Gobierno del Estado de Baja California. En: <http://www.sefoa.gob.mx/agua.aspx>

Soto, M.C. (2003). La agricultura comercial de los distritos de riego en México y su impacto en el desarrollo agrícola. *Investigaciones Geográficas*. Boletín del Instituto de Geografía, UNAM. No. 50, pp. 173-195.

- Soto, O.R. y L. Sandoval. A. (2010). Perdida de rendimiento en grano de trigo por la falta de uno o más riegos. Folleto técnico de divulgación. Demostración agrícola 2010. Instituto de Ciencias Agrícolas. Universidad Autónoma de Baja California.
- Tiwari, S., y R.R. Youngman. (2011). Transgenic Bt Corn hybrids and Pest Management in the USA. En: Alternative Farming Systems, Biotechnology, Drought Stress and Ecological Fertilization. Lichfouse, E. (Ed). *Sustainable Agriculture Reviews 6*. Springer. pp. 15-38.
- Trumble, J.T. , C.D. Butler (2009). Climate change will exacerbate California's insect pest problems. *California Agriculture*. Vol. 63 (2):73-78.
- Zehr, U.B. 2010. Cotton. Biotechnological Advances. En: *Biotechnology in Agriculture and Forestry*. Widholm, J.M., H.Lörz, y T. Nagata (Eds). Volumen 65. Springer. 256 pp.

## Ganadería

- Annison, E.F., and M.A. Lewis (1996). *Metabolism in the Rumen*. Editorial Methuen. London, England.
- Armstrong, D.V. (1994). Heat stress interaction with shade and cooling. *J. Dairy Sci.* 77:2044-2050.
- Avendaño-Reyes L., F.D. Álvarez-Valenzuela, A. Correa-Calderón, A. Algándar-Sandoval, E. Rodríguez-González, R. Pérez-Velázquez, U. Macías-Cruz, R. Díaz-Molina, P.H. Robinson, and J.G. Fadel (2010). Comparison of three cooling management systems to reduce heat stress in lactating Holstein cows during hot and dry ambient conditions. *Livestock Sci.* 132:48-52.
- Beauchemin, K.A., and S.M. McGinn. 2005. Methane emissions from feedlot cattle fed barley or corn diets. *J. Anim. Sci.* 83:653-661.
- Centro Mario Molina (2007). Inventario de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero del Estado de Baja California 2005. Versión Final Secretaría de Protección al Ambiente del Gobierno del Estado de Baja California. IEDEI Baja California. Diciembre de 2007.
- Czerkawski, J.W. (1986). *An Introduction to Rumen Studies*. Pergamon Press LTD. 236 pp. Oxford, UK.
- De Blas, C., P. García-Rebollar, M. Cambra-López, y A.G. Torres (2008). *Contribución de los rumiantes a las emisiones de gases con efecto invernadero*. XXIV Curso de Especialización FEDNA. Octubre 23 y 24, pp 121-150. Madrid, España.
- De Blas, C., P. García-Rebollar, M. Cambra-López, y A.G. Torres (2008). *Contribución de los rumiantes a las emisiones de gases con efecto invernadero*. XXIV Curso de Especialización FEDNA. Octubre 23 y 24, pp 121-150. Madrid, España.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) (2006). Livestock long's shadow environmental issues and options. In: Steinfeld, H., Gerber, P., Wassenaar, T., Castel, V., Rosales, M., de Haan, C. Editors. *The Livestock, Environment and Development Initiative*. Rome, 2006.
- Gibbs, M., and D. E. Johnson (1994). *Methane emissions from the digestive processes of livestock*. In: International Anthropogenic Methane Emissions Estimates for 1990. EPA publication No.230-R-93-010.
- Goodland, R., and H. Daly (1996). Environmental sustainability: universal and non-negotiable. *Ecol. Applic.* 6:1002-1017.
- Guan, H., K.M. Wittenberg, K.H. Ominski, and D.O. Krause (2006). Efficacy of ionophores in cattle diets for mitigation of enteric methane. *J. Anim. Sci.* 84:1896-1906.
- Hacala, S. (2006). *Les ruminants et le réchauffement climatique*. Institut de l'Élevage Adame. Octubre. 141 p.
- INEGI (2006). Anuario Estadístico de Baja California 2006. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. México, D.F.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) (2007). *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Summary for policy makers*. <<http://www.ipcc. cg/SPM13apr07.pdf>>.
- Johnson, D.E., and G.M. Ward (1996). Estimates of animal methane emissions. *Environmental Monitoring and Assessment*. 42:133-141.
- Kebreab, E., K. Clark, C. Wagner-Riddle, and J. France (2006). Methane and nitrous oxide emissions from Canadian animal agriculture: A review. *Can. J. Anim. Sci.* 86:135-157.
- Mader, T.L., M.S. Davis, and T. Brown-Brandl (2006). Environmental factors influencing heat stress in feedlot cattle. *J. Anim. Sci.* 84:712-719.

- Mertz, W. (1986). Designing animal and animal products to fit consumer needs. *J. Anim. Sci.* 62(Suppl. 1):55-59.
- Mills, J.A.N., J. Dijkstra, A. Bannink, S.B. Cammell, E. Kebreab, and J. France (2001). A mechanistic model of whole-tract digestion and methanogenesis in the lactating dairy cow: model development, evaluation, and application. *J. Anim. Sci.* 2001. 79:1584-1597
- Silanikove, N. (2000). Effect of heat stress on the welfare of extensively managed domestic ruminants. *Livestock Sci.* 67:1-18.
- Thornton, P.K., J. van de Steeg, A. Notenbaert, and M. Herrero (2009). The impacts of climate change on livestock and livestock systems in developing countries: A review of what we know and what we need to know. *Agric. Syst.* 101:113-127.
- Weart, S. 2006. *El Calentamiento Global: Historia de un Descubrimiento Científico*. Ed Laetoli. 260 páginas, España.

## Turismo

- Banco de México (Banxico) (2010). *Proyecto viajeros fronterizos*, México: Banco de México.
- Becken, Susanne (2010). *The importance of climate and weather for tourism. Literature review*. New Zealand: Lincoln University, LEAP.
- Besancenot, Jean Pierre (1989). *Climat et tourisme*. Masson: Paris
- Boniface, Brian & Chris Cooper (1994). *The geography of travel and tourism*. Oxford: Butterworth-Heinemann [Second edition]
- Cabrera Gorrín, Osmel, Aníbal Borroto Nordelo, José Monteagudo Yanes, Carlos Pérez Tello y Héctor Campbell Ramírez (2004). Evaluación del indicador KWH/HDO de eficiencia eléctrica en instalaciones hoteleras cubanas. *Retos Turísticos, RNPS No. 0411, Folio: 137, Tomo 1, No. 2, Vol. 3, s/f*. Recuperado el 2 de junio de 2009 de <http://www.bibliociencias.cu/gsd/collect/revistas/archives/HASH0160/85dbae54.dir/doc.pdf>
- Ceron, Jean Paul and Ghislain Dubois (2003). *Tourism and climate change: A double sense – the case of France*. Proceedings of the First International Conference on Tourism and Climate Change, Djerba, Tunisia. Madrid: WTO.
- COLEF (2007). *Estudio de puertos de entrada México-Estados Unidos: Análisis de capacidades y recomendaciones para incrementar su eficiencia*, Reporte de investigación. Tijuana: El Colegio de la Frontera Norte.
- Gobierno del Distrito Federal (2004). *Normas Técnicas Complementarias del Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal*, México.
- Gómez Martín, M<sup>a</sup> Belén (2004). Percepción de la demanda y métodos de evaluación de la potencialidad turística de los recursos atmosféricos en Cataluña, en *Documents d'anàlisi geogràfica*, 44, 2004, pp. 43-70
- Gómez Martín, M<sup>a</sup> Belén (2005). Reflexión geográfica en torno al binomio clima-turismo. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles, Boletín de la A.G.E. No. 40*, pp. 111-134
- Herguera, Juan Carlos y Modesto Ortiz (2010). *Nivel del mar*, primer reporte de avances, CICESE
- International Institute for Sustainable Development (1997). *The Effects of Climate Change on Recreation and Tourism on the Prairies*. A Status Report, draft.
- Matzarakis Andreas (2007). Climate, thermal comfort and tourism, en *Climate Change and Tourism-Assesment and Coping Strategies*, Amelung, B., Blazejczyk, K., Matzarakis, A. (Eds.), Maastricht-Warsaw-Frieburg, pp. 139-154.
- Mieczkowski, Z. (1985). The tourism climate index: a method for evaluating world climates for tourism. En *The Canadian Geographer*, 29, 220-233.
- Norma ambiental para el distrito federal NADF-008-AMBT-2005
- NMX-TT-005:1996 IMNC (1996). Requisitos mínimos de calidad en el servicio e instalaciones que deben cumplir los hoteles, moteles, servicio de tiempo compartido y similares para obtener el “Certificado de calidad turística comercial — Dos Estrellas” o el “Certificado de Calidad Turística Comercial — Una Estrella”
- NMX-TT-006:1996 IMNC (1996). Requisitos mínimos de calidad en el servicio e instalaciones que deben cumplir los hoteles, moteles, servicio de tiempo compartido y similares para obtener el “Certificado de calidad turística de Primera Clase — Cuatro estrellas”

o el “Certificado de Calidad Turística de Primera Clase — Tres Estrellas”

- NMX-TT-007:1996 IMNC (1996). Requisitos mínimos de calidad en el servicio e instalaciones que deben cumplir los hoteles, moteles, servicio de tiempo compartido y similares para obtener “Certificado de calidad turística de Lujo — Gran Turismo” o el “Certificado de Calidad Turística de Lujo — Cinco Estrellas”
- Organización Mundial del Turismo (OMT) (2007a). *Primera Conferencia Internacional sobre Cambio Climático y Turismo*, OMT: Djerba, Túnez.
- Organización Mundial del Turismo (OMT) (2007b). *Cambio climático y turismo. Responder a los retos mundiales*, Madrid: Organización Mundial del Turismo. Resumen.
- Organización Mundial del Turismo (OMT), en colaboración con el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y la Organización Meteorológica Mundial (OMM), y con el apoyo del Foro Económico Mundial y del Gobierno de Suiza (2007). *Segunda Conferencia Internacional sobre Cambio Climático y Turismo*, OMT: Davos, Suiza.
- Patterson, Trista, Simone Bastianoni and Murray Simpson (2006). Tourism and Climate Change: Two-Way Street, or Vicious/Virtuous Circle? en *Journal of Sustainable Tourism*, Vol. 14 (4): 339-348.
- Diario Oficial de la Federación (DOF) (2009). *Programa Especial de Cambio Climático (PECC)*, Tomo DCLXXI, No. 21, viernes 28 de agosto de 2009, México, Distrito Federal: Poder ejecutivo de la Nación.
- Sánchez, Joan-Eugeni (1985). Por una geografía del turismo litoral. Una aproximación metodológica. *Estudios Territoriales*, No. 17. Madrid, España. págs.103-122
- Sánchez, Ana Belén y Mathieu Dalle (2005). *Cambio climático. Efectos sobre el turismo*, Instituto Sindical de Trabajo, España: Ambiente y Salud (ISTAS).
- SECTUR (2010). *Compendio Estadístico del Turismo en México 2009*, México: Secretaría de Turismo
- SECTUR (2011). *Compendio Estadístico del Turismo en México 2010*, México: Secretaría de Turismo
- SECTURE (2011). *Indicadores de la actividad turística para Baja California*, Tijuana: Secretaría de Turismo de Baja California.
- Stern, Nicholas (2006). *The Economics of Climate Change: The Stern Review*. Cambridge (Reino Unido): Cambridge University Press.
- UNWTO (2011). *World Tourism Barometer*, Spain: World Tourism Organization, april.
- Vera Rebollo, Fernando (Coord.) (1997). *Análisis territorial del turismo*. Barcelona: Editorial Ariel.
- Wall, Geoffrey (1998). “Impacts of climate change on recreation and tourism” in *Responding to Global Climate Change – National Sectoral Issues*. Volume XII of the Canada Country Study, Adaptation and Impacts Research Group, Environment Canada, Toronto, Canada: pp 591-620
- World Tourism Organisation (WTO) (2003). *Proceedings of the 1st International Conference on Climate Change and Tourism*, Djerba, Tunisia (9-11 April 2003): World Tourism Organisation
- OMT (2007). *Cambio Climático y Turismo. Responder a los retos mundiales*. Versión en Español. [<http://www.unwto.org/climate/support/en/support.php>]. Consultada el 2 de junio de de 2009.
- OMT (2007). *De Davos a Bali: la contribución del turismo al reto del cambio climático*, Versión en Español. [[http://www.unwto.org/climate/current/sp/pdf/CC\\_Broch\\_DavBal\\_memb\\_bg.pdf](http://www.unwto.org/climate/current/sp/pdf/CC_Broch_DavBal_memb_bg.pdf)]. Consultada el 2 de junio de de 2009.
- UNWTO (2007a). *2nd International Conference on Climate Change and Tourism*. Davos, Switzerland. October, 2007. United Nations World Tourism Organization.
- UNWTO (2007b). *Minister’s Summit on Climate Change and Tourism*. London, United Kingdom. November, 2007. United Nations World Tourism Organization.
- UNWTO (2007c). *Climate Change and Tourism. Responding to Global Challenges*. Side Event at UNFCCC COP-13 Conference on Climate Change. Bali, Indonesia. December, 2007. United Nations World Tourism Organization.
- WTO (2009). *From Davos to Copenhagen and Beyond: Advancing Tourism’s Response to Climate Change*, Spain: UNWTO Background Paper.

Yáñez-Arancibia, Alejandro y Jhon W. Day (2010). *La zona costera frente al cambio climático: vulnerabilidad de un sistema biocomplejo e implicaciones en el manejo costero*, en E. Rivera-Arriaga, I. Azuz-Adeath, L. Alpuche Gual y G.J. Villalobo-Zapata (eds.) Cambio Climático en México un Enfoque Costero-Marino. Universidad Autónoma de Campeche Cetys-Universidad, Gobierno del Estado de Campeche, pp. p. 3-22.

Comisión Estatal de Servicios Públicos de Tijuana, <http://www.cespt.gob.mx/>

La Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO), <http://www.unesco.org/new/en/unesco/>

Comisión Federal de Electricidad (CFE), <http://www.cfe.gob.mx/Paginas/Home.aspx>

Ingurugiro Hezkuntzarako Materialak // Materiales de Educación Ambiental: Derrigorrezko Bigarren Hezkuntza // Educación Secundaria Obligatoria: Kutsadura // Contaminación. IHII-Euskal Autonomia Erkidegoaren Administrazioa // CEIDA-Administración de la Comunidad Autónoma del País Vasco, 1996.

<http://www.world-airport-codes.com/dist/?a1=tij&a2=ZIH>

[http://www.photius.com/wfb2001/airport\\_codes\\_alpha.html#C](http://www.photius.com/wfb2001/airport_codes_alpha.html#C)

## Salud pública

Campbell-Lendrum D, Woodruff R. (s.f.). Comparative risk assessment of the burden of disease from climate change. *Environmental Health Perspectives* 2006, 114(12):1935-1941.

Checkley W, et al. (s.f.). Effects of El Niño and ambient temperature on hospital admissions for diarrhoeal diseases in Peruvian children. *Lancet*, 2000, 355(9202):442-450.

Dirección General de Epidemiología, Secretaría de Salud, México. Anuarios de morbilidad. Disponible en <http://www.dgepi.salud.gob.mx/anuario/html/anuarios.html>, acceso 23 de febrero de 2011.

Secretaría de Salud de Baja California. Estadística Médica. Disponible en [http://saludbc.gob.mx/?page\\_id=358](http://saludbc.gob.mx/?page_id=358), acceso 23 de febrero de 2011

World Health Organization. Protecting health from climate change: connecting science, policy and people. Ginebra: WHO, 2009.

## Economía del cambio climático

Fuentes, N. A. (2006), *Modelo Económico del Estado de Baja California, México* Mimeo, El Colegio de la Frontera Norte.

Fuentes, N. A., Del Castillo G y A. Brugués (2010), *Modelo de Insumo-Producto Dinámico*, Mimeo, EL Colegio de la Frontera Norte.

González y Muñoz (2010). (Compilado) Primer reporte de avances de la mesa de Biodiversidad Terrestre para el Plan de Acción Climática de Baja California.

Galindo, L. M. (2009). *La Economía del Cambio Climático en México: Síntesis*. Reporte, Gobierno Federal, SHCP y Semarnat. Disponible en [www.semarnat.gob.mx](http://www.semarnat.gob.mx) y [www.gobiernofederal.gob.mx](http://www.gobiernofederal.gob.mx)

INEGI (2004 y 2008), Censos Económico de 2003 y 2008, México.

Johnson, Thomas (1986). A Dynamic Input-Output Model for Small Regions. *Review of Regional Studies*. Volumen 16, número 1 (Spring), pp. 14-23.

Johnson, T., J., Bryden, K., Refsgaard y S., Lizárraga (2008). *A system Dynamics Model of Agriculture and Rural Development: The TOPMARD core model*. 107th EAAE Seminar, Sevilla, España, Enero-Febrero, 2008.

Mendelsohn, R., P. Chistensen y J. Arellano-González (2009). Ricardian Analysis of Mexican Farms. informe al Banco Mundial.

Pombo, A. (2010). Plan Estatal de Acción Climática de Baja California. Sección recursos hídricos

- Rodríguez, J.M. (2010). Primer reporte de avances de la mesa Desarrollo urbano y vivienda para el Plan Estatal de Acción Climática de Baja California.
- Ramírez D., J., L., Ordaz, J., Mora, A., Acosta y B., Serna (2010). Efectos del Cambio Climático sobre la Agricultura: Belice, informe de la CEPAL, CCAD y DFID.
- Schlenker, W., W. Hanemann y A., Fischer (2006). The impact of Global warming on US agriculture: An economic analysis of optimal growing conditions. *The Review of Economics and Statistics*, 88 (1): 113-125.
- Zavala, J. Soto R. y Avedaño L. (2010). Primer reporte de avances de la mesa Agricultura y Ganadería del plan Estatal de Acción Climática de Baja California. (12 de marzo de 2010).

#### 4. ACCIONES DE MITIGACIÓN Y ADAPTACIÓN

- Álvarez-Andrade, A. (s.f.). *Las interacciones agricultura-agua y la modificación de los ambientes rurales; el caso del Valle de Mexicali*. Editado por Torre Medina Mora, L. y Hernández Suárez, C. En Gestión, Políticas y Culturas del Agua. El Colegio de San Luis. 88 pp.
- Burney, J.A., Davis, S.J. y Lobell, D.B. (2010). Greenhouse gas mitigation by agricultural intensification. *PNAS*. 107(26):12052-12057.
- Escoboza-García, L.F., Niebla-Aguilar, A., Soto-Ortíz, R., Viramontes-Olivas, O.A., Román-Calleros, D., Araiza-Zúñiga, A., Pérez-Márquez, A., Avilés-Marín, S.M., López-López, Á. Cárdenas-Salazar, V.A. y Escoboza-García, M.I. (s.f.). Evaluación del rendimiento de algodón (*Gossypium hirsutum* L) con cuatro niveles de humedad aprovechable en suelo franco en el Valle de Mexicali. *Tecnociencia Chihuahua*. 2(3): 147-155.
- Foley, P. A., Kenny, D. A., Callan, J. J., Boland, T. M. y O'Mara, F. P. (2009). Effect of DL-malic acid supplementation on feed intake, methane emission, and rumen fermentation in beef cattle. *Journal of Animal Science*. 87:1048-1057.
- La Red (2004). Social studies network for disaster prevention in Latin-America. Panama. Recuperado en septiembre de 2011 de [www.desinventar.org](http://www.desinventar.org).
- López-Bedillo, R. y Lopez, J. (2010). El secuestro de carbono en la agricultura de secano mediterránea. *Vida rural*. N° 302.
- Lozada, I., Islas, J. y Grande, G. (2010). Environmental and economic feasibility of palm oil biodiesel in the Mexican transportation sector. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 14: 486-492.
- Medellín-Azuara, J., Harou, J.J., Howitt, R.E. (2010). Estimating economic value of agricultural water under changing conditions and the effects of spatial aggregation. *Science of the Total Environment*. 408: 5639-5648.
- Ojeda-Revah y Álvarez, G. (2000). La reforestación de Tijuana, Baja California como un mecanismo de reducción de riesgos naturales. *Estudios fronterizos*. 1(2): 9-31.
- Quintero-Núñez, M. y Moncada-Aguilar, A. (2008). Contaminación y control de las quemas agrícolas en Imperial, California, y Mexicali, Baja California. *Región y Sociedad*. 20(43): 3-24.
- Smith, P., Martino, D., Cai, Z., Gwary, D., Janzen, H., Kumar, P., McCarl, B., Ogle, S., O'Mara, F., Rice, C., Scholes, B., Sirotenko, O., Howden, M., MacAllister, T., Pan, G., Romanenkov, V., Schneider, U., Towprayoon, S., Wattenbach, M. y Smith, J. (2008). Greenhouse gas mitigation in agriculture. *Philosophical transactions of The Royal Society. Biological Science*. 363: 789-813.
- Toscano, L., Montero, G., Stoytcheva, M., Campbell, H. y Lambert, A. (2011). Preliminary assessment of biodiesel generation from meat industry residues in Baja California, Mexico. *Biomass and Bioenergy*. 35: 26-31.
- Valdez-Vázquez, I. Acevedo-Benítez, J.A., Hernández-Santiago, C. (2010). Distribution and potencial of bioenergy resources from agricultural activities in Mexico. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 14: 2147-2153.

#### 5. ELEMENTOS DE POLÍTICA TRANSVERSAL

##### Políticas públicas y fortalecimiento institucional / Educación y difusión

Galindo D. M., Santos G. Ma. de los A. y Benites Z. J. L., 2012. Emisiones de Gases Efecto Invernadero del Transporte en Baja California, una muestra de la contribución al cambio climático, en *El Embate del Cambio Climático en Baja California*, en proceso de edición.

IIS-UABC, 2004. Estudio para la Evaluación de Impacto del Programa Integral de Mejoramiento de Calidad de Vida. Convenio de Colaboración Específico. Reporte Final. 22 de noviembre del 2004

Martínez-Pellegrini S., Muñoz-Meléndez G., and Ojeda-Revah L., 2010. “Multi-institutional coordination and regional borders as a challenge for climate change policies” full paper presented at the 2nd UNITAR-Yale Conference on Environmental Governance and Democracy: Strengthening Institutions to Address Climate Change and Advance a Green Economy, 17-19 September 2010, Yale University, New Haven, USA; organized by the Environmental Governance Programme of the United Nations Institute for Training and Research (UNITAR)

Muñoz Meléndez G. y Vázquez González B. 2012. “Inventario de Gases Efecto Invernadero del Estado de Baja California” preparado por El Colegio de la Frontera Norte para Secretaría de Protección al Ambiente del Gobierno del Estado de Baja California; como parte del Programa de Acción contra el Cambio Climático.

Muñoz Meléndez G., Díaz González E., Campbell Ramírez H. y Quintero Nuñez M. (2012) Perfil Energético 2010-2020 para Baja California: Propuesta y Análisis de Indicadores Energéticos para el Desarrollo de Prospectivas Estatales. Reporte final para la Comisión Estatal de Energía de Baja California con fondos de USAid.

SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales), 2010. *Estrategia Nacional de Manejo Sustentable de Tierras*. 1era edición. Mexico D. F.

SENER (Secretaría de Energía). 2010a. Programa Especial para el Aprovechamiento de Energías Renovables.

SENER, 2010b. Prospectiva del sector eléctrico 2010-2025

SPA, 2012. Presentación del Programa de Verificación Vehicular. Reunión del Equipo de Trabajo de Calidad del Aire de Mexicali y Valle Imperial, Mexicali, B.C. 9 febrero.

UNESCO, 1994. “La educación encierra un tesoro”, Informe de la UNESCO de la Comisión Internacional para la Educación en el Siglo XXI, Delors, Jacques et al.





