



INECC



BAJA CALIFORNIA SUR ANTE EL CAMBIO CLIMÁTICO: VULNERABILIDAD, ADAPTACIÓN Y MITIGACIÓN

ESTUDIOS PARA LA ELABORACIÓN DEL PLAN
ESTATAL DE ACCIÓN ANTE EL CAMBIO CLIMÁTICO
(PEACC-BCS)

ANTONINA IVANOVA Y ALBA E. GAMEZ
EDITORAS





INECC



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA SUR (UABCS)

SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES (SEMARNAT)

CENTRO DE INVESTIGACIONES BIOLÓGICAS DEL NOROESTE (CIBNOR)

CENTRO DE INVESTIGACIONES Y ESTUDIOS SUPERIORES DE ENSENADA (CICESE)

INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGÍA Y CAMBIO CLIMÁTICO (INECC)

INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL-CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS
MARINAS (IPN-CICIMAR)

BAJA CALIFORNIA SUR

ANTE EL CAMBIO CLIMÁTICO: VULNERABILIDAD, ADAPTACIÓN Y MITIGACIÓN

ESTUDIOS PARA LA ELABORACIÓN DEL PLAN
ESTATAL DE ACCIÓN ANTE EL CAMBIO CLIMÁTICO
(PEACC-BCS)

ANTONINA IVANOVA Y ALBA E. GAMEZ
EDITORAS

DATOS DE LAS INSTANCIAS EDITORAS CON DERECHOS

Primera edición 25 de enero 2013

ISBN: 978-607-7777-32-8

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	11
<i>Antonina Ivanova / Alba Gámez</i>	
EL CAMBIO CLIMÁTICO: CONCEPTO, CAUSAS Y EFECTOS	11
CAMBIO CLIMÁTICO Y DESARROLLO	14
LA DIMENSIÓN INTERNACIONAL Y NACIONAL DE LAS ACCIONES ANTE EL CAMBIO CLIMÁTICO	16
BAJA CALIFORNIA SUR, UNA REGIÓN ALTAMENTE VULNERABLE ANTE EL CAMBIO CLIMÁTICO	18
 CAPÍTULO I. ESCENARIOS DE CAMBIO Y VARIABILIDAD CLIMÁTICA REGIONAL PARA BAJA CALIFORNIA SUR	 27
<i>Hugo Herrera Cervantes / Salvador E. Lluch Cota</i>	
INTRODUCCIÓN	27
MODELO DE ESCENARIOS DE CAMBIO CLIMÁTICO REGIONAL	28
DESCRIPCIÓN DE LOS DATOS	30
ESCENARIOS CLIMATOLÓGICOS REGIONALES	32
REFERENCIAS	39
ANEXO	40
PRESENTACIÓN Y VISUALIZACIÓN DE LOS DATOS	40
GRAFICADOR	42
INSTRUCCIONES DEL GRAFICADOR	43
 CAPÍTULO II. ESCENARIOS OCEANOGRÁFICOS PARA EL ESTADO DE BAJA CALIFORNIA SUR	 47
<i>Armando Trasviña Castro / Eduardo González Rodríguez</i>	
MÉTODOS	48
RESULTADOS	53

SERIES DE TIEMPO	58
COMPARACIÓN ENTRE LAS VARIACIONES DE NIVEL DEL MAR EN LA COSTA OCCIDENTAL (BAHÍA MAGDALENA) Y EN LA COSTA ORIENTAL (BAHÍA DE LA PAZ) DE LA PENÍNSULA	66
RECOMENDACIONES Y REFLEXIONES FINALES	67
REFERENCIA	67

CAPÍTULO III. CICLONES TROPICALES: TENDENCIAS Y POTENCIAL DE AFECTACIÓN EN BAJA CALIFORNIA SUR 69

Eleonora Romero Vadillo / Irma Guadalupe Romero Vadillo

VARIABILIDAD CICLÓNICA	70
TENDENCIAS DECADEALES EN LA ACTIVIDAD CICLÓNICA DEL PACÍFICO NORESTE	71
IMPACTO DE LOS CICLONES EN BAJA CALIFORNIA SUR	81
CONCLUSIONES	86
RECOMENDACIONES	87
REFERENCIAS	92

CAPÍTULO IV. INCREMENTO DEL NIVEL MEDIO DEL MAR Y VULNERABILIDAD COSTERA EN BAJA CALIFORNIA SUR 93

*Sara Cecilia Díaz Castro / Eugenio Alberto Aragón Noriega / Alfredo Arreola Lizárraga /
Luis Brito Castillo / María Sara Burrola Sánchez / Silvia Carreón Palau / Patricia González
Zamorano / Mercedes Marlene Manzano Sarabia / Genaro Martínez Gutiérrez / Gustavo
Padilla Arredondo / David Urias Laborín*

INTRODUCCIÓN	93
ASPECTOS METODOLÓGICOS	95
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	96
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	108
REFERENCIAS	108

CAPÍTULO V. RECURSOS HÍDRICOS Y CAMBIO CLIMÁTICO EN BAJA CALIFORNIA SUR 111

Jobst Wurl / Miguel Ángel Imaz Lamadrid / Felipe García

INTRODUCCIÓN	111
PANORAMA DE LA SITUACIÓN ACTUAL DEL SECTOR HÍDRICO E N BAJA CALIFORNIA SUR	111
FUENTES DE AGUA EN EL ESTADO DE BCS	115
LOS ESCENARIOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO PARA BAJA CALIFORNIA SUR	123
PRONÓSTICO DE LAS SEQUÍAS BAJO ESCENARIOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO	125

MODELACIÓN DEL ACUÍFERO DEL VALLE DE SANTO DOMINGO, APLICANDO ESCENARIOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO	129
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	140
REFERENCIAS.	142
CAPÍTULO VI. ÁREAS SUSCEPTIBLES DE DESERTIFICACIÓN EN BAJA CALIFORNIA SUR	145
<i>Aurora Breceda Solís-Cámara / Rosario Vázquez Miranda</i>	
INTRODUCCIÓN	145
ANTECEDENTES	147
METODOLOGÍA	149
RESULTADOS.	154
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	161
REFERENCIAS.	163
CAPÍTULO VII. EL SECTOR AGRÍCOLA EN BAJA CALIFORNIA SUR LAS PRESIONES DEL CAMBIO CLIMÁTICO	167
<i>Juan Carlos Graciano</i>	
CONSIDERACIONES FINALES	169
REFERENCIAS.	170
CAPÍTULO VIII. TURISMO Y CAMBIO CLIMÁTICO EN SUDCALIFORNIA	171
<i>Alba Gámez, Antonina Ivanova / Ricardo Borquez</i>	
CAMBIO CLIMÁTICO Y TURISMO	171
LA IMPORTANCIA DEL TURISMO PARA BAJA CALIFORNIA SUR	174
CONSIDERACIONES FINALES	179
REFERENCIAS	182
CAPÍTULO IX. LA BIODIVERSIDAD MARINA ANTE EL CAMBIO CLIMÁTICO EN BAJA CALIFORNIA SUR	185
<i>Héctor Reyes Bonilla / Salvador Lluch Cota / Fernando Aranceta Garza / Saúl Rojero León / Mariana Walther Mendoza</i>	
INTRODUCCIÓN	185
OBJETIVOS.	186
MÉTODOS	187
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	191
PRODUCTOS TERMINALES.	202



CONCLUSIONES GENERALES	202
RECOMENDACIONES CLAVE.....	204
REFERENCIAS.....	205

CAPÍTULO X. LA PESCA EN BAJA CALIFORNIA SUR

ANTE EL CAMBIO CLIMÁTICO	207
--------------------------------	-----

Daniel Lluch Belda / Germán Ponce Díaz / José Luis Castro Ortiz / Víctor Gómez Muñoz / Héctor Villalobos Ortiz / Sofía Ortega García¹ / Pablo del Monte Luna / Rubén Rodríguez Sánchez / Víctor Hernández Trejo / Romeo Saldívar / Christian Salvadeo / José Alberto Zepeda Domínguez / Luis César Almendárez Hernández / Ivonne Dalila Gómez

INTRODUCCIÓN	207
CALENTAMIENTO GLOBAL; LA REFERENCIA DEL INE PARA BAJA CALIFORNIA SUR DENTRO DEL ESQUEMA DEL IPCC.....	208
SERIES DE DATOS Y PATRONES DE CAMBIO CLIMÁTICO	211
VARIABILIDAD DEL CLIMA OCEÁNICO EN EL AMBIENTE MARINO DE BCS	211
PESQUERÍAS DEL PACÍFICO ORIENTAL	219
LA PESCA EN BAJA CALIFORNIA SUR	223
CONDICIONES PROYECTADAS BASADAS EN EL ANÁLISIS DE LAS VARIACIONES HISTÓRICAS.....	225
CASO DE ESTUDIO. PESCA DEPORTIVA	230
INGRESOS PESQUEROS PARA EL ESTADO DE BAJA CALIFORNIA SUR (PRECIO EN PLAYA)	232
APROXIMACIÓN DEL IMPACTO ECONÓMICO EN EL NOROESTE DE MÉXICO DEBIDAS A VARIACIONES DE ALTA FRECUENCIA	238
LÍNEAS DE TRABAJO FUTURAS	241
REFERENCIAS.....	244

CAPÍTULO XI. LA ACUACULTURA EN BAJA CALIFORNIA SUR

ANTE EL CAMBIO CLIMÁTICO	247
--------------------------------	-----

Mario Monteforte

INTRODUCCIÓN	247
CAMBIO CLIMÁTICO, PESCA Y ACUACULTURA: ¿QUÉ SABEMOS?.....	248
PESCA Y ACUACULTURA EN BAJA CALIFORNIA SUR.....	254
PLANES DE ACCIÓN PARA LA ACUACULTURA EN BAJA CALIFORNIA SUR	257
REFERENCIAS.....	262

CAPÍTULO XII. VULNERABILIDAD SOCIAL ANTE EL CAMBIO CLIMÁTICO EN BAJA CALIFORNIA SUR.....	265
<i>Manuel Ángeles Villa / Eduardo Juárez León</i>	
INTRODUCCIÓN	265
ÍNDICES DE VULNERABILIDAD	272
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	286
REFERENCIAS.....	288
ANEXO.....	291
CAPÍTULO XIII. POBLACIÓN VULNERABLE FRENTE A CONSECUENCIAS DEL CAMBIO CLIMÁTICO.....	295
<i>Micheline Cariño / Lorella Castorena, / Mario Monteforte / Aurora Breceda / Rocío Vázquez / Renée Amao</i>	
INTRODUCCIÓN:	295
VULNERABILIDAD DE LOS ASENTAMIENTOS HUMANOS POR EXPOSICIÓN A: INCREMENTO DE LA SEQUÍA, ELEVACIÓN DEL NIVEL DEL MAR, UBICACIÓN EN LA COSTA E INUNDACIÓN POR HURACANES	300
VULNERABILIDAD POR SENSIBILIDAD DE LAS COMUNIDADES RANCHERAS Y PESQUERAS TRADICIONALES.....	311
VULNERABILIDAD ACUMULADA POR GÉNERO	320
CONCLUSIONES Y PROPUESTA PARA FUTURAS INVESTIGACIONES.....	324
REFERENCIAS.....	330
CAPÍTULO XIV. SALUD Y CAMBIO CLIMÁTICO EN BAJA CALIFORNIA SUR	333
<i>Tania Zenteno-Savín1 / Sara C. Díaz-Castro1 / Lía C. Méndez-Rodríguez1 / Ramón Gaxiola-Robles2,3 / Adolfo García-González3 / Norma O. Olguín-Monroy1 / Orlando Lugo-Lugo1 / Baudilio Acosta1</i>	
INTRODUCCIÓN	334
ANTECEDENTES	334
OBJETIVO.....	338
MÉTODOS	338
RESULTADOS.....	341
SALUD DE ORGANISMOS MARINOS DE BAJA CALIFORNIA SUR.....	341
SALUD PÚBLICA EN BAJA CALIFORNIA SUR	351
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	353
REFERENCIAS.....	354

CAPÍTULO XV. LEGISLACIÓN Y ADECUACIONES PARA ENFRENTAR EL CAMBIO CLIMÁTICO EN BAJA CALIFORNIA SUR.....	361
<i>Andrea Marcela Geiger Villalpando / Rodrigo Serrano Castro / Héctor Manuel Aramis Gardea / Gabino Guadalupe Ríos Geraldo / Alejandra López Tirado</i>	
INTRODUCCIÓN	361
EL MARCO INTERNACIONAL DE LA LEGISLACIÓN RELACIONADA CON EL CAMBIO CLIMÁTICO	361
LEGISLACIÓN AMBIENTAL Y CAMBIO CLIMÁTICO EN MÉXICO.....	366
LEGISLACIÓN AMBIENTAL Y MEDIO AMBIENTE EN BAJA CALIFORNIA SUR	374
RECOMENDACIONES DE REFORMA Y CREACIÓN DE LEYES	377
REFERENCIAS.....	385
 CAPÍTULO XVI. ENERGÍAS RENOVABLES PARA GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD EN BAJA CALIFORNIA SUR.....	 387
<i>Alfredo Sergio Bermudez Contreras</i>	
INTRODUCCIÓN	387
POR QUÉ APROVECHAR LAS ENERGÍAS RENOVABLES EN BCS	392
FUENTES RENOVABLES EN BCS.....	397
GENERACIÓN ELÉCTRICA CON ENERGÍAS RENOVABLES EN BCS	404
DISCUSIONES FINALES.....	410
REFERENCIAS.....	411

INTRODUCCIÓN

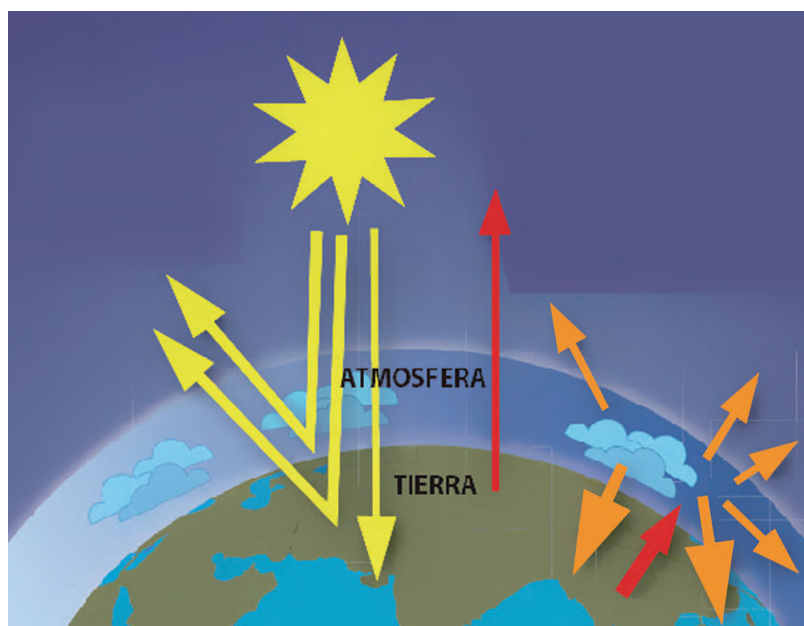
Antonina Ivanova / Alba Gámez

EL CAMBIO CLIMÁTICO: CONCEPTO, CAUSAS Y EFECTOS

El cambio climático se refiere a un aumento de la temperatura promedio en el planeta como resultado de una mayor concentración de gases en la atmósfera.¹ La mayor retención de calor solar intensifica el efecto invernadero y provoca fenómenos climáticos más intensos y extremos. Como resultado de ello se observan veranos más cálidos, modificación de los patrones de las lluvias y variación en la frecuencia de sequías e inundaciones, además de aumento en el nivel del mar y alteración de la línea de costas. Si bien existen componente naturales de las variaciones climáticas, los indicadores de emisiones se han incrementado notablemente en los últimos 150 años, periodo que da cuenta del mayor crecimiento económico en la historia de la humanidad. Esto ha conducido al reconocimiento de que el cambio climático es atribuible directa o indirectamente a la actividad humana.

1 Los principales gases de efecto invernadero son: bióxido de carbono (CO₂) por la quema de combustibles fósiles (petróleo, carbón, gas natural, o sus derivados) en la producción de energía, funcionamiento de los procesos industriales, y uso en el sector transporte, procesos industriales (como la producción de cemento, cal, sosa, amoníaco, carburos de silicio o de calcio, acero, y aluminio), deforestación y quema de la biomasa vegetal; metano (CH₄) por la agricultura, gas natural, emisiones de hatos ganaderos y rellenos sanitarios; óxido nitroso (N₂O) por el uso de fertilizantes, incineración de residuos, y quema de combustibles en el sector transporte; perfluorometano, perfluoroetano e hidrofluorocarbonos (HFC) por producción de aluminio, espumas de poliuretano, solventes de limpieza especializados, aerosoles, y compuestos empleados en extintores, fugas o mal uso de los gases refrigerantes contenidos en refrigeradores, congeladores, equipos de aire acondicionado de casas, comercios y automóviles, y en equipos de refrigeración de empresas, transporte (camiones refrigerados), o de empresas productoras de hielo; hexafluoruro de azufre (SF₆) por la producción de ciertos tipos de aluminio, en fundiciones de aluminio o magnesio, y puede emitirse a la atmósfera por fugas o accidentes con equipo eléctrico de alto voltaje que emplea al SF₆ como aislante; y principalmente por el uso indiscriminado e ineficiente de los combustibles fósiles. INE. *Cambio climático en México. Para comprender el cambio climático*, Instituto Nacional de Ecología, 8 de junio de 2010, http://cambio_climatico.ine.gob.mx/comprendercc/comprendercc.html (julio 31 de 2012).

Figura 1. Efecto invernadero que provoca el calentamiento global



Fuente: IPCC

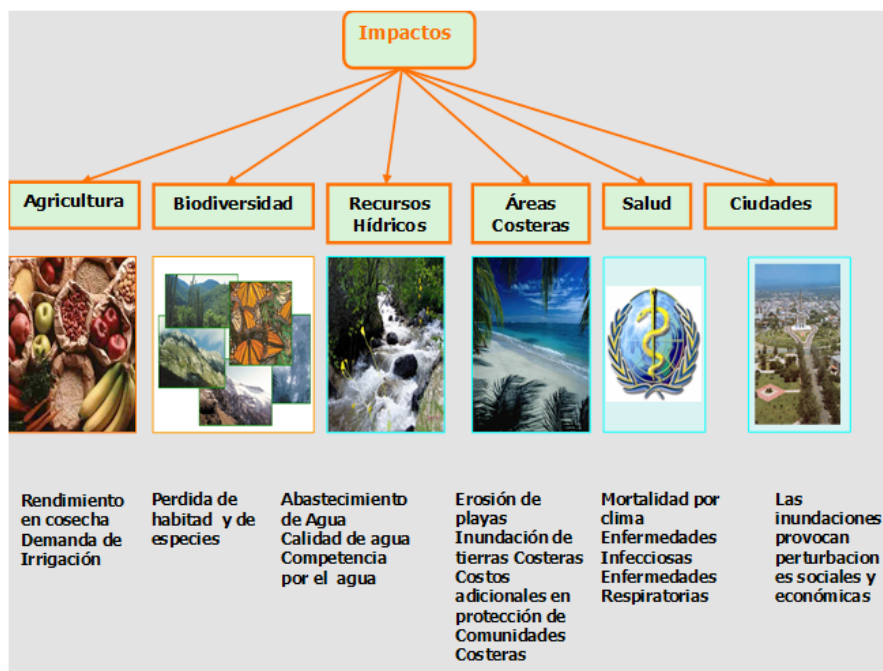
Esa reflexión es importante para atender el origen y efectos del cambio climático, fenómeno que potencia la vulnerabilidad de individuos, grupos sociales, sectores económicos, sistemas, y países para enfrentar sus consecuencias adversas. Pese a que existe un alto grado de heterogeneidad en la aportación y susceptibilidad al cambio climático, y éste promueve áreas de oportunidad para algunos actores, resistir o ser incapaces de resolver esa vulnerabilidad representa pérdidas económicas cuantiosas, a las que en muchos casos se añade un alto costo humano, social y ambiental.

El cambio climático está estrechamente relacionado con patrones de crecimiento económico altamente intensivos y expansivos. En la distribución mundial de gases de efecto invernadero (GEI) destacan los países desarrollados: de los 193 estados-nación reconocidos, 55 países en conjunto habían en 2003 producido 95% de las emisiones mundiales de CO₂ generadas por la quema de combustibles fósiles, la fuente más importante en el esquema de GEI. En ese contexto, Estados Unidos representaba casi una cuarta parte de las emisiones en el mundo. México, por su parte, tenía el puesto 12 o 1.5% de las emisiones globales.² Datos de 2009 señalaron algunos cambios en el panorama mundial, en que destaca la sustitución de Estados

2 *Ibíd.*

Unidos (17.7%) por China (26.18%) a la cabeza de la lista de emisiones por combustibles fósiles como reflejo del enorme proceso de crecimiento económico en ese país. México, por su parte, emitió más GEI que en años anteriores y subió al lugar 11 aunque con 1.4% de las emisiones mundiales por ese concepto.³

Figura 2. Impactos del cambio climático



Llamados a cambiar los patrones de producción y consumo contemporáneos, dada la magnitud de las afectaciones sociales, ambientales y económicas, que datan de tiempo atrás y, considerando los altos costos y riesgo total del cambio climático, éste tuvo mayor atención y un impulso renovado con el *Informe Stern*, que señalaba la pérdida económica de entre 5 y 20% del producto interno bruto global anual por razón del cambio climático, contra un costo de 1% anual que significaría la adopción de medidas para la reducción de las emisiones de gases invernadero.⁴ La lección clara es que el cambio climático tendría serias consecuencias para el crecimiento

3 U.S. Energy Information Administration. *International Energy Statistics. Total Carbon Dioxide Emissions from the Consumption of Energy (Million Metric Tons)*, EIA, julio 10 de 2012, USA, [http://www.eia.gov/cfapps/ipdb-project/IEDIndex3.cfm?tid=90&pid=44&aid=8](http://www.eia.gov/cfapps/ipdbproject/IEDIndex3.cfm?tid=90&pid=44&aid=8) (julio 29 de 2012)

4 Stern Review: *The Economics of Climate Change. Summary of Conclusions*, Stern Review on the economics of climate change, The National Archives, HM Treasury, Londres, 30 de octubre de 2006, http://webarchive.nationalarchives.gov.uk/+/http://www.hm-treasury.gov.uk/independent_reviews/stern_review_economics_climate_change/stern_review_report.cfm (julio 29 de 2012).

económico y el desarrollo humano. Un dinámico proceso de discusión debate en torno a la manera de atender esa afectación la cual sigue rodeando el tratamiento del cambio climático, pero la realidad es que en la medida en que sus manifestaciones se evidencian, también lo hace el reconocimiento de que es necesario promover modelos de crecimiento, y especialmente de desarrollo, compatibles con la idea de sustentabilidad.

CAMBIO CLIMÁTICO Y DESARROLLO

La conservación y el desarrollo sustentable son fenómenos que involucran a una gran diversidad de actores y procesos, discursos y políticas, instituciones y organismos y tema de interés para todos los sectores de la población, trátase de la iniciativa privada, de la sociedad civil o del ámbito gubernamental. Tal realidad se refleja en la creciente cantidad de organizaciones no gubernamentales ambientalistas; en la intensa (y a menudo tensa) relación entre las instancias de los tres niveles de gobierno con relación al aprovechamiento y manejo del ambiente y de los recursos naturales; en los programas y planes de estudio de las instituciones de educación superior y de investigación científica; en las iniciativas para declarar especies protegidas o sujetas a regulación; en la extensión de las áreas naturales protegidas; y en los proyectos productivos que tienen por premisa la sustentabilidad.

El cambio climático ha estimulado la reflexión y el debate respecto a los orígenes, cursos de acción posibles y sus resultados. Aun cuando existe controversia, se ha aceptado que los escenarios de emisiones de gases de efecto invernadero (*Special Report on Emissions Scenarios*, SRES) producidos por el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) dan lugar a hipótesis plausibles con respecto al desarrollo socioeconómico del planeta. Esos escenarios se clasifican en cuatro grupos:

A1B. Emisiones Media-Alta. Rápido crecimiento económico regional con la introducción de tecnologías nuevas y eficientes. Existe un balance entre el uso de fuentes de energía fósil y no fósil

A2. Emisiones Altas. Existe crecimiento constante de la población, el desarrollo económico está regionalmente orientado y el cambio tecnológico es muy fragmentado y más lento que en otros escenarios

B1. Emisiones Media-Baja. Misma población global y cambio en las estructuras económicas. Uso de fuentes de energía eficientes y soluciones globales hacia la economía, la sociedad y el ambiente sustentable

B2. Emisiones bajas. Soluciones locales para la economía, la sociedad y el ambiente sustentable. Está orientado hacia la protección ambiental y la igualdad social que se enfoca en niveles locales y regionales.

Consideramos que a mediano plazo para Baja California Sur se pueden vislumbrar los escenarios A1B y B2, siendo el deseable el B2. Para poder hacer realidad el escenario B2 es muy importante implementar políticas y acciones eficientes para la disminución de las emisiones de GEI. Si estas políticas se hacen realidad y se complementan con las medidas adecuadas de disminución de la vulnerabilidad social y medidas de adaptación a los impactos del cambio climático, consideramos viable alcanzar en 50 años el escenario B2 que beneficiaría a la sociedad, el medio ambiente y, en general, el desarrollo sustentable de Sudcalifornia.

Es relevante destacar que las acciones ante el cambio climático, de mitigación y adaptación, lejos de desviar esfuerzos y recursos de las necesidades básicas –como la creación de empleos, fomento a la educación y los servicios de salud– coadyuvan al éxito de las políticas gubernamentales en esos ámbitos al contribuir a disminuir la vulnerabilidad y a elevar el bienestar de la población. Las medidas de mitigación se orientan a la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y, por lo tanto, afrontan las causas del cambio climático; tienen efectos colaterales positivos como el ahorro y la seguridad energética y el aire limpio; así como la creación de empleos verdes en sectores económicos de nueva creación, entre otros. A su vez, las medidas de adaptación están orientadas a disminuir la vulnerabilidad ante los impactos del calentamiento global futuros y presentes como la sequía, la escasez del agua, la elevación del nivel del mar, inundaciones y ciclones, etc. Asimismo, ayudan a asegurar alimentos y agua para la población, a crear sistemas de alerta temprana en zonas de desastres potenciales, y a crear y conservar empleos en las comunida-

des que pueden ver afectadas sus actividades tradicionales (pescadores, rancheros, agricultores), por mencionar algunas.

De lo anterior, se desprende que las medidas de acción climática deben ser parte integral e indispensable en los planes de desarrollo en todos los niveles de acción gubernamental, ya que se ubican en las áreas de sensibilidad y se promueve una mayor resiliencia.

Aunque se trata de un problema de magnitud mayor y son necesarias medidas más contundentes para atender sus bases, se han realizado avances en la coordinación de esfuerzos en los ámbitos internacional y nacional. Enseguida se presenta un breve panorama de la cooperación internacional y de las acciones realizadas en México para atender el fenómeno del cambio climático.

LA DIMENSIÓN INTERNACIONAL Y NACIONAL DE LAS ACCIONES ANTE EL CAMBIO CLIMÁTICO

El cambio climático global es un tema de preocupación creciente entre los actores gubernamentales tanto internacional como nacionalmente por la afectación a los recursos naturales, base de la economía; y a sus efectos adversos sobre los grupos sociales vulnerables. Así, en 1992 se creó la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC), instrumento al cual se han adherido más de 150 países, para adelantar consideraciones y acciones para hacer frente al calentamiento atmosférico y adoptar medidas a efecto de mitigar las consecuencias de este fenómeno y sus impactos sobre la actividad humana, en un plazo suficiente para permitir que los ecosistemas se adapten naturalmente al cambio climático, asegurando que la producción de alimentos no se vea amenazada y permitiendo que el desarrollo económico prosiga de manera sostenible.

Ante la dificultad de llegar a acuerdos multilaterales, pero por la alta relevancia del tema, a partir de 1995 los gobiernos acordaron compromisos más firmes a los planteados en el texto de la CMNUCC. El 11 de diciembre de 1997, tras dos años de negociaciones, se aprobó el Protocolo de Kioto, que establece compromisos específicos y jurídicamente vinculantes y aplicables de manera

distinta a cada país. El Protocolo entró en vigor para los países firmantes en 2005 con vigencia a 2012. México es signatario tanto de este instrumento como de la Convención. Desde la Convención de las Partes de CMNUCC en Copenhague (2010), han comenzado las negociaciones para establecer un nuevo convenio que remplace el de Kioto; cuyo establecimiento se acordó en el año 2020, según consenso realizado en el año 2011.

Para cumplir con sus compromisos, el gobierno mexicano publicó en el *Diario Oficial de la Federación* del 25 de abril del 2005 el acuerdo por el que se crea, con carácter permanente, la Comisión Intersecretarial de Cambio Climático (CICC). Ésta tiene el propósito de coordinar las acciones de las dependencias y entidades de la administración pública federal relativas a la formulación e instrumentación de las políticas nacionales para la prevención y mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero, la adaptación a los efectos del cambio climático y, en general para promover el desarrollo de programas y estrategias de acción climática relativos al cumplimiento de los compromisos suscritos por México en la CMNUCC.

La CICC elaboró la Estrategia Nacional de Cambio Climático (ENACC) que fue presentada en mayo 2007 por el Presidente de la República. En esa ocasión el mandatario dio instrucciones para que, con base en ella, la Comisión elaborara un Programa Especial de Cambio Climático 2008–2012, en el marco del Plan Nacional de Desarrollo 2007–2012. El tema de Cambio Climático fue por primera vez incluido en dicho Plan en su Eje Rector 4 dedicado a la Sustentabilidad Ambiental, quedando así constancia de que el gobierno de México reconoce que el impacto de las emisiones de GEI es cada vez más evidente. Además la Ley de Cambio Climático especifica las obligaciones de los gobiernos estatales en cuanto la acción climática.

Lo anterior ilustra la necesidad de que las políticas públicas y legislación incluyan las medidas necesarias en el estado de Baja California Sur para prevenir y mitigar el cambio climático en congruencia y coordinación con las disposiciones federales e internacionales.⁵

5 En el Anexo I se ofrece un concentrado de Leyes y normas a nivel internacional, nacional y estatal relacionados con acción climática.

BAJA CALIFORNIA SUR, UNA REGIÓN ALTAMENTE VULNERABLE ANTE EL CAMBIO CLIMÁTICO

La necesidad de conservación del ambiente y de un aprovechamiento inteligente de los recursos naturales es una realidad concreta en el espacio terrestre y marino sudcaliforniano. El uso económico intensivo de los recursos naturales en esta región ha tendido a acelerarse y ampliarse desde hace algunas décadas, lo que se manifiesta en todos los niveles de la realidad social e involucra una gran diversidad de intereses.

En el ambiente terrestre, las actividades de mayor impacto espacial y temporal en los ecosistemas áridos del norte de México han sido el desmonte y la pérdida de vegetación y suelo resultantes de actividades agropecuarias, mineras y urbanísticas. Parte de ese patrón, en la península de Baja California estas actividades están diferenciadas geográficamente y han tenido distintos impactos en los ecosistemas naturales. En este sentido, el desarrollo urbano y turístico, los desmontes agrícolas, la ganadería extensiva y la minería han sido las actividades que más han afectado a la región, incluyendo a sus servicios ecosistémicos. La única fuente confiable de agua dulce son los recursos del agua subterránea, que se recargan después de las inundaciones y escurrimientos ocasionados por las lluvias intensas, provocadas en su mayoría por tormentas tropicales. Pero el estado es muy árido, con escasa disponibilidad hídrica, y la alta extracción para atender el crecimiento de las actividades económicas y poblacionales hace que la mayoría de los acuíferos estén sobreexplotados; además, la intrusión del agua marina en ellos reduce la calidad del agua disponible.

Respecto al ambiente marino existe también un acelerado uso de la zona costera, alterando el hábitat de diversas especies y comunidades biológicas. La explotación pesquera representa la mayor (y en muchos casos única) fuente de ingresos para una proporción importante de las comunidades del estado, y una de las opciones más viables de desarrollo social. Sin embargo, la explotación irracional y desordenada y, en particular, la falta de planeación y sobreexplotación de recursos podrían tener impactos negativos severos sobre las actividades económicas y los ecosistemas de que ellas dependen. Otras amenazas, tanto a los ambientes marinos como terrestres son la disminución de la biodiversidad por las alteraciones de los hábitat

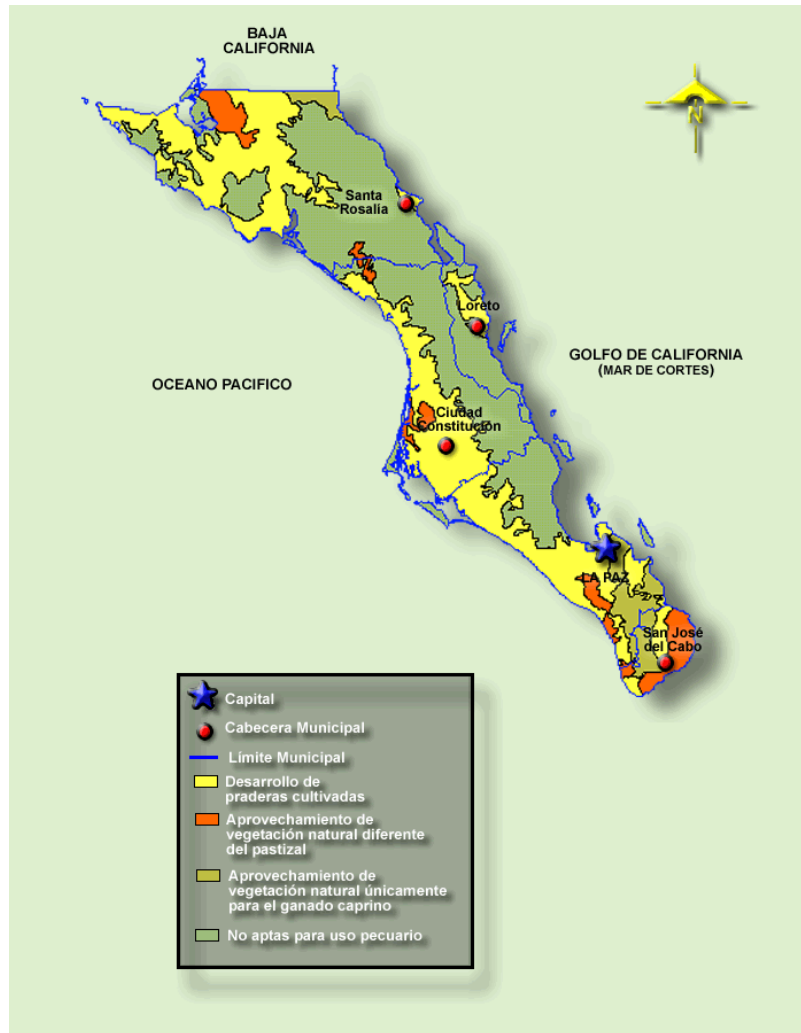
y el uso de recursos, la proliferación de especies invasoras y la presencia de eventos climáticos extremos como los ciclones tropicales.

Por otro lado, se ha identificado que existen fuentes de forzamiento climático, particularmente respecto del cambio climático global, con potenciales impactos en este aprovechamiento de recursos naturales y la actividad productiva. A lo anterior se añade la afectación de la dinámica social y económica de la región, que complica aún más la adopción de estrategias de desarrollo sustentable. En este contexto, se ha identificado a nivel nacional la necesidad de establecer programas ante el cambio climático que proporcionen a las autoridades y a los diferentes actores de la sociedad de herramientas de planeación y toma de decisiones.

Como se indicó anteriormente, existe ya el Programa Especial de Cambio Climático (2008-2012), elaborado por la Comisión Intersecretarial de Cambio Climático, que ataca problemáticas generales del país; sin embargo, el reconocimiento de particularidades regionales en un país altamente diverso, obliga a establecer programas de resolución estatal y municipal.

Conformada por cinco municipios, Baja California Sur está ubicada al norte $28^{\circ}00'$, al sur $22^{\circ}52'$ de latitud norte, al este $109^{\circ}25'$, $115^{\circ}05'$ de latitud oeste. Colinda al norte con Baja California y el Golfo de California, al este con el Golfo de California. La amplitud de sus litorales (2,131 kilómetros) significa casi una quinta parte de las costas nacionales.

Figura 3. Mapa de Baja California Sur



Fuente: INEGI, 2010

Clima. Aunque es un semidesierto, debido a las características geográficas de la entidad, el clima varía a lo largo de su extensión. Hay cuatro tipos climáticos en el estado: Seco desértico semicálido SDSE, Seco estepario SE, Cálido seco CS y Templado seco TS; el SDSE ocupa la porción central del estado; el SE abarca la región montañosa del Golfo de California; el CS se observa en las sierras del sur de La Paz y norte de San José del Cabo; y el TS abarca las partes altas de la Sierra de La Laguna y Sierra de San Lázaro. Las temperaturas varían en los máximos de verano entre los 40 y 44 °C y los mínimos en invierno entre los 14 y 16 °C. Debido a que se observa baja precipitación pluvial alrededor de los 180 mm/año, en general se considera un típico clima desértico, con precipitaciones que van desde menos de 180 mm hasta los 250 mm al año.

Geografía. Sudcalifornia parte del cuerpo geográfico península de Baja California, conformado por los estados de Baja California (BC) al norte y de Baja California Sur al sur. Las temperaturas se ven determinadas por el Golfo de California en la costa Este de la península y por la Corriente de California en la costa occidental, con temperaturas altas en la primera y bajas en la segunda. En la costa este la temperatura superficial del mar (TSM) varía alrededor de los 24 °C; en cambio, la TSM en la costa occidental cambia a alrededor de los 18 °C. La costa Este recibe aproximadamente la mitad de la precipitación que la costa occidental.

Precipitación Pluvial. El estado presenta uno de los promedios más bajos en precipitación pluvial del país, teniendo sus máximos en la porción sur en la zona de Los Cabos. Varía entre 400 mm anuales y precipitaciones mínimas de alrededor de 55 mm en las costas; el promedio anual es de aproximadamente 200 mm. Sin embargo, para fines de manejo por la influencia de la precipitación pluvial en los ciclos biológicos se considera un sistema estacional en forma un tanto artificial: invierno de diciembre a febrero, primavera de marzo a mayo, verano de junio a agosto y otoño de septiembre a noviembre.

La influencia de los procesos climáticos regionales es de gran importancia en Baja California Sur y son analizados con mayor detalle en los módulos de *Escenarios Atmosféricos* y *Ciclones tropicales e inundaciones*. Se puede decir que por la influencia de los procesos climáticos regionales se presentan periodos en donde los ciclones de invierno se extienden al sur del estado, mientras que los ciclones de verano llegan al oeste. Por su ubicación geográfica la entidad está influida la mayor parte del año por vientos del noroeste o influencia anticiclónica, y en el verano por los vientos del Este y Sur-Este. Cuando se presentan los ciclones tropicales se observa la influencia marginal anticiclónica de Bermudas-Azores.

Relieve, Superficie y Cuencas. La superficie total de Baja California Sur es de 73,909 kilómetros cuadrados, que representa 3.8% del territorio nacional. Su relieve, al igual que el del estado norte de la península, debe sus formas a procesos geológicos internos y externos e influye en gran medida en el clima, en la flora, en la fauna y en la distribución del agua superficial, infiltrada y almacenada en los mantos acuíferos subterráneos. Baja California Sur se caracteriza por una alargada cordillera hacia el lado del Golfo de California (GC) del Noroeste al Sureste abarcando gran parte

del estado. Al norte forma la Sierra de San Francisco, el Volcán de la Vírgenes y la Sierra de Santa Lucia que se ensancha hacia el sur y se eleva para formar la Sierra de Guadalupe. Se angosta nuevamente hacia el sur y desciende su elevación hasta formar el Istmo de La Paz.

En el lado del Océano Pacífico de la entidad aparecen grandes planicies: el Desierto del Vizcaíno al noroeste; el llano Purísima-Iray en la parte central del estado y en el Istmo de La Paz, el Valle de La Paz y el Valle del Carrizal. Al sur existen planicies más reducidas: el Valle de Los Planes al norte de la Sierra de La Laguna; el Valle de Santiago entre la Sierra de La Laguna y la Sierra de la Trinidad; y al sur de ésta el Valle de San José. Al Lado del Golfo de California se encuentra un gran número de pequeñas cuencas o valles en donde se asientan poblados o comunidades que dependen de la escasa recarga de agua y del agua almacenada subterránea. Una descripción detallada de la cuencas del estado, las recargas y el estado de los acuíferos se presenta en el apartado *Recursos hídricos* de este Plan.

Vegetación. El estado pertenece al tipo Desierto Sonorense, dividido en regiones biogeográficas.

Población. En el año 2010 la población de Sudcalifornia fue de 637 mil habitantes o 0.6% del país, lo que la convierte en la entidad con la menor densidad población de México; es decir, 9 habitantes por kilómetro cuadrado. Sin embargo, en el concierto nacional el estado presenta el mayor índice de crecimiento poblacional sólo después del estado de Baja California (que es donde se ubica la frontera más transitada del mundo) al pasar de 3.4% en 2000-2005 a 4.5 % en 2005-2010. La relevancia de esto destaca si se considera que la tasa de crecimiento a nivel nacional fue de 1.8%. La longitud y aridez de la media península han estimulado la concentración poblacional en la parte sur de la entidad, de manera que 86% de los habitantes radica en zonas urbanas y 14% en rurales (para el conjunto mexicano el dato es de 78% y 22% respectivamente). La mayor proporción de la población se ubica en localidades de más de 2,500 personas (que conforman más de 85% del total de localidades), con mayor énfasis en los municipios de La Paz y especialmente de Los Cabos. Esta concentración se ha dado por la presencia de un fenómeno de inmigración muy dinámico. En 2005 el porcentaje de inmigrantes era de 9.8%, ya considerable, pero que pasó a 14% cinco años después y fue el más alto del país. La tasa neta migra-

toria, que se refiere al resultado neto de inmigrantes y emigrantes del estado en un periodo de 5 años, en Baja California Sur fue de 11.2% en 2010, mientras que el año base (2005) era de 6.9%.

Sectores económicos. En la historia reciente, Baja California Sur tuvo al sector terciario como base fundamental de su economía por la presencia del sector gobierno y el comercio. Sin embargo, ya en la década de los noventa se observó una transformación relevante en la composición del sector servicios. Las políticas de liberalización comercial y financiera y el estímulo al turismo hicieron que ese sector, y asociado a él el de bienes raíces, se convirtieran en los más destacados no sólo por su participación individual en la estructura productiva, sino por sus efectos sobre sectores como el comercio y la construcción. Sin embargo, la segunda mitad de la década de los 2000 mostró un panorama en el que, pese a que el sector terciario sigue dando cuenta de la mayor parte del producto interno bruto (PIB) en el estado, su participación se ha reducido (pasó de 78.63% en 2005 a 70.98% en 2009).

Esa misma tendencia ha seguido el sector primario al bajar su aportación de 5.78% a 3.89% en ese periodo. Por el contrario, en virtud del dinamismo del sector construcción, el sector secundario elevó su presencia en el PIB estatal de 17.72% a 26.61% en esos mismos años. En 2009, con un PIB de 72,808'675,000 pesos o casi 72 mil millones de pesos a precios corrientes, la economía sudcaliforniana representaba 0.6% del total nacional. Esto significó 33% más que en 2005; pero, a precios de 2003, el crecimiento del año 2005 al 2009 fue solamente de 17.5%.⁶

6 INEGI. *Sistema de Cuentas Nacionales de México. Baja California Sur: PIB en valores básicos por actividad económica, Serie anual de 2005 a 2009, Sistema de Cuentas Nacionales de México. Producto Interno Bruto por entidad federativa 2005-2009. Año base 2003, segunda versión*, México, INEGI, 2010, p. 214.

Tabla 1. Principales sectores económicos en Baja California Sur⁷

Sector	Aportación al PIB estatal (%)
Actividades primarias	3.89
Agricultura, ganadería, aprovechamiento forestal, pesca y caza	3.89
Actividades secundarias	26.61
Minería	2.96
Construcción y Electricidad, agua y gas	20.61
Industrias Manufactureras	3.04
Actividades terciarias	70.98
Comercio, restaurantes y hoteles (Comercio, Servicios de alojamiento temporal y de Preparación de alimentos y bebidas)	28.15
Transportes e Información en medios masivos (Transportes, correos y almacenamiento)	10.62
Servicios financieros e inmobiliarios (Servicios financieros y de seguros, Servicios inmobiliarios y de alquiler de bienes muebles e intangibles)	11.94
Servicios educativos y médicos (Servicios educativos, Servicios de salud y de asistencia social)	7.26
Actividades del Gobierno	
Resto de los servicios* (Servicios profesionales, científicos y técnicos, Dirección de corporativos y empresas, Servicios de apoyo a los negocios y manejo de desechos y servicios de remediación, Servicios de esparcimiento culturales y deportivos, y otros servicios recreativos, y Otros servicios excepto actividades del Gobierno)	5.41
Total	100

7 *Ibíd*

La crisis económica mundial de 2008 tuvo un reflejo adverso en el turismo y comercio y, por lo tanto, en la economía estatal. Si bien actualmente se aprecia cierta recuperación en la zona de Los Cabos y del sector construcción en ese municipio y en el de La Paz, la tasa de desocupación sigue siendo preocupante: en junio de 2012 fue de 5.03%, por encima de la media nacional de 4.81%,⁸ lo que deja un margen amplio de recuperación para la población en busca de trabajo. En este sentido, el crecimiento económico de Sudcalifornia el primer trimestre de 2012 fue reducido: de 2.5% en junio de 2012 con relación al año anterior, por debajo del indicador nacional de 4.6%.⁹

En este *Plan* se reconoce la extrema vulnerabilidad de la entidad derivada de su ubicación geográfica y condiciones específicas, con principales impactos reales y potenciales del cambio climático. Al amenazar los recursos hídricos, provocar ciclones más fuertes e inundaciones, acelerar la desertificación, e impactar negativamente la biodiversidad y poblaciones naturales marinas y terrestres, el calentamiento encarece los costos para mantener niveles de confort y seguridad suficientes que permitan realizar las actividades productivas y la vida cotidiana de la población. Estos impactos tienen consecuencias adversas en la sociedad y economía del estado: actividades productivas como el turismo, las demás ramas de servicios, la pesca y la agricultura han de dedicar una parte mayor de su presupuesto, por ejemplo, a contrarrestar el calor; mientras que la ganadería enfrenta el aumento de costos de producción por la falta de forrajes ante el estrés hídrico. Por su parte, la población es afectada por la escasez de agua, encarecimiento de la electricidad, mayores riesgos de salud pública y ante eventos extremos; y los gobiernos afrontan presiones mayores en sus funciones de atención a los habitantes y sectores económicos.

Baja California Sur tiene la mayor extensión costera de México, distribuida entre el Océano Pacífico y el Golfo de California. Es una región geográfica privilegiada por su gran potencial económico y riqueza patrimonial, posee un valor natural, histórico y cultural que convierten a éste estado en una zona de gran atractivo

8 INEGI. *Indicadores oportunos de ocupación y empleo. Cifras preliminares durante junio de 2012*, Boletín de prensa núm. 238/12, 20 de julio de 2012, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, Aguascalientes, Ags. <http://www.inegi.org.mx/inegi/contenidos/espanol/prensa/comunicados/sica.pdf> (29 de julio de 2012).

9 INEGI. *Indicador trimestral de la actividad económica estatal durante el primer trimestre de 2012*, Boletín de prensa núm. 243/12, 27 de julio de 2012, Aguascalientes, Ags., <http://www.inegi.org.mx/inegi/contenidos/espanol/prensa/comunicados/actividadee.pdf> (29 de julio de 2012).

turístico y de relevancia tanto nacional como internacional. Su alto valor natural se refleja en el establecimiento de un gran número de Áreas Naturales Protegidas (ANP): más de 40% de su territorio está comprendido en alguna modalidad de ANP, incluyendo áreas consideradas por la UNESCO en la categoría de Patrimonio de la Humanidad. Sin embargo, el incremento poblacional y productivo acelerado en el estado ha traído consigo un cambio en el ambiente regional debido a la necesidad de satisfacción de necesidades básicas, generación de desechos, crecimiento del parque vehicular, creciente extensión de zonas deforestadas, favorecimiento de actividades y modelos productivos que presionan sobre recursos escasos como el agua, contaminación y emisión de gases de efecto invernadero, y generación de la energía eléctrica, por mencionar algunos factores. Salidas a esta situación son posibles a partir de una mejor y más comprensiva planificación y seguimiento de políticas en materia de crecimiento y ordenamiento urbano y productivo del cual el sector público, social y privado se beneficiarán.

CAPÍTULO I. ESCENARIOS DE CAMBIO Y VARIABILIDAD CLIMÁTICA REGIONAL PARA BAJA CALIFORNIA SUR

Hugo Herrera Cervantes¹ / Salvador E. Lluch Cota²

INTRODUCCIÓN

Baja California Sur es extremadamente vulnerable a los efectos adversos del cambio climático global y a sus impactos sobre el aprovechamiento de recursos naturales y en la actividad productiva, en la dinámica social y económica de la región. Dentro de los principales impactos potenciales del cambio climático en Baja California Sur se reconocen al calentamiento, el cual amenaza los recursos hídricos; y genera perjuicios asociados con las inundaciones costeras; acidificación del océano; tropicalización de las costas del Pacífico (costa occidental de Baja California); ciclones más fuertes, cambio de cauce de arroyos, pérdida de vegetación y suelos; acelerada desertificación; impactos sobre la biodiversidad y poblaciones naturales marinas y terrestres.

En este capítulo se presentan escenarios de cambio climático regional para Baja California Sur que pueden utilizarse para determinar y evaluar la vulnerabilidad actual y futura de los diferentes sectores socio-económicos de la entidad así como la respuesta de los sistemas hídricos y asentamientos humanos ante la variabilidad y los efectos del cambio climático. Es importante, sin embargo, que el usuario recuerde que se trata de salidas de un modelo atmosférico y no de observaciones reales, y que desconocemos aún la capacidad de reproducción de la realidad a diferentes escalas. Al mismo tiempo, se trata de una oportunidad para que a través de sus observaciones, comentarios, resultados, etc., generemos entre todos de estos escenarios una herramienta para el estudio de los efectos del cambio climático sobre los sectores antes mencionados.

1 CICESE.

2 Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C., La Paz, B.C.S.

MODELO DE ESCENARIOS DE CAMBIO CLIMÁTICO REGIONAL

El Modelo Global de Circulación General de la Atmósfera (AGCM) con resolución espacial de 20km, diseñado en el Instituto de Investigaciones Meteorológicas de la Agencia Meteorológica Japonesa (MRI/JMA) y desarrollado sobre un sistema de supercomputadoras conectadas en paralelo (Mizuta *et al.*, 2006) fue diseñado para generar escenarios a futuro de cambio en el clima global (Mizuta *et al.*, 2009). El modelo utiliza como condiciones de frontera baja, la climatología mensual de la Temperatura Superficial del Mar y la concentración de hielo en los polos propuesta por Reynolds y Smith (1994), asimismo el modelo es forzado por las proyecciones de los escenarios A1B de emisiones de gases de efecto invernadero y aerosoles hacia la atmósfera propuestos por el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) en su versión 2 (Carter *et al.*, 2007).

Las salidas de este modelo son proyecciones del clima global futuro representadas por una gran cantidad de variables principalmente atmosféricas. Las salidas de este modelo ya han sido utilizadas en diversas aplicaciones y en diferentes regiones, tales como la proyección de la intensidad de los ciclones tropicales a futuro en la región del Pacífico occidental, en estudios de prevención de desastres y en la toma de decisiones de mercadeo aplicando la incertidumbre de las proyecciones del clima futuro. Las salidas del modelo AGCM utilizadas en este reporte comprenden los siguientes períodos:

TP-- Clima del tiempo Presente-SPOA: 1979-2003,

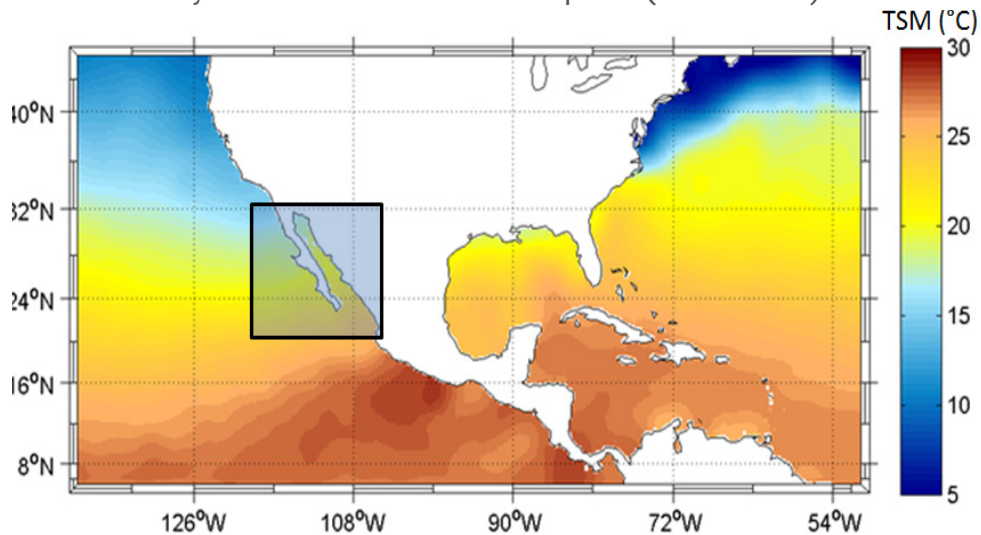
CF-- Clima del Tiempo Cercano al Futuro-SNOA: 2015-2039

TF-- Clima del Tiempo Futuro-SFOA: 2075-2099

El acceso a las salidas de este modelo se dio como parte del convenio de colaboración entre CIBNOR y el Centro de Ciencias de la Atmósfera de la UNAM, específicamente con el grupo de Meteorología Tropical, quienes proporcionaron una copia electrónica de los mismos y la información necesaria para la extracción de la información correspondiente a la región mostrada en el recuadro sombreado se ubica entre 20°N a 33°N y -119°W a -105°W). Los datos de las proyecciones climatológicas para los períodos CF y TF reflejan el efecto de las emisiones moderadas

de gases de efecto invernadero sobre las variables de la atmosfera y el océano en la región de estudio. Uno de los objetivos de los creadores del modelo AGCM-MRI/JMA es probar su efectividad manipulando sus salidas en diferentes regiones del océano y la atmósfera mundial.

Figura 1. Dominio regional de las salidas del modelo AGCM y el área utilizada en este reporte (sombreada)



Distribución anual de la TSM para el año 1979 con resolución de 20 km.

Abreviación	Nombre de la variable	Unidades
SLP	Sea Level Presssure	Pa
PS	Surface Pressure	Pa
UA	Surface Zonal Velocity at 10m	m/s
VA	Surface Merid. Velocity at 10m	m/s
TA	Surface Air Temperature at 2m	°C
QA	Surface Air Specific Humidity at 2m	kg/kg
RHA	Surface Air Relative Humidity at 2m	%
TGEF	Effective Ground temperature (Radiation)	K
PPCI	Convective Precipitation	kg/m**2/s
EVSPS	water vapor flux	kg/m**2/s
UMOM	momentum flux (X)	N/m**2
VMOM	momentum flux (Y)	N/m**2
FLLH	latent heat flux	W/m**2
FLSH	sensible heat flux	W/m**2
TSEAS	Sea Surface Temperature	°C

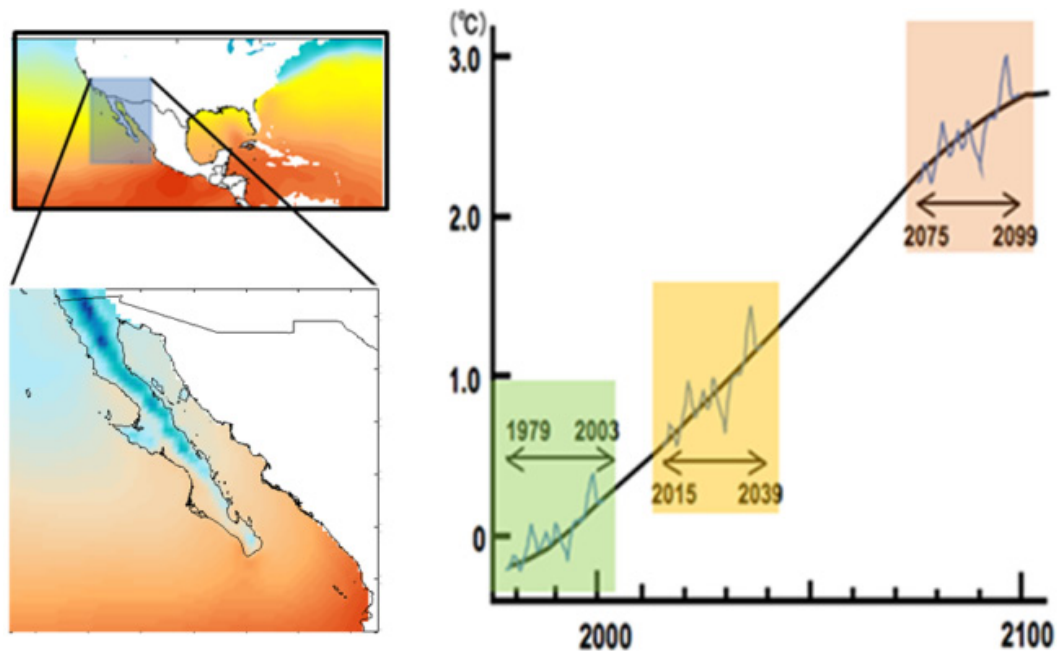
Fuente: elaboración propia.

DESCRIPCIÓN DE LOS DATOS

Los datos de las salidas del Modelo AGCM proporcionadas por el Centro de Ciencias de la Atmósfera de la UNAM se manipularon inicialmente en formato binario a escala mensual sobre una copia electrónica con la información computacional referente al procesamiento de la misma en los diferentes periodos analizados. La extracción de la información en tiempo y espacio para la región mostrada en la figura 2 se realizó con base en funciones de MATLAB.

Después de seleccionar las variables a utilizar en este reporte (tabla 1), se extrajo la información del dominio geográfico regional, cubriendo la región de influencia de la península de Baja California cubriendo el área geográfica comprendida entre 20°N a 33°N y -119°W a -105°W. Lo anterior se realizó para cada variable y para cada uno de los 3 periodos analizados, enmascarando la información correspondiente a la parte continental. La información extraída se procesó para calcular la climatología de las diferentes variables para su representación en patrones de evolución con el tiempo.

Figura 2. Proceso de re-escalamiento de los datos en el dominio geográfico regional para los tres periodos de tiempo analizados.



Las bases de datos resultantes de cada variable, se almacenan en matrices bi-dimensionales (formato ASCII), donde los renglones representan las series de tiempo de cada punto del dominio geográfico y las columnas corresponden al tiempo (meses) de cada período. Así, cada variable para cada período analizado (escenarios), se representa por una matriz de datos, donde se incluyen dos columnas (1, 2), correspondientes a los valores geográficos de Longitud y Latitud de cada punto y las 300 restantes a los meses de la serie. Así la Temperatura del aire (TA), se almacena en una matriz de 3451 renglones (puntos) x 302 columnas (2 columnas geográficas y 300 mensuales) de cada período analizado.

Ejemplo:

Para la TA:			
Archivo	Tamaño	Bytes Clase	Período
SFOA_PEACCBBCS_TSEAS	3451x302 7269744	double TSM:	Tiempo Futuro
SNOA_PEACCBBCS_TSEAS	3451x302 7269744	double TSM:	Futuro Cercano
SPOA_PEACCBBCS_TSEAS	3451x302 7269744	double TSM:	Tiempo Presente
Para la componente U y V del viento:			
Archivo	Tamaño	Bytes Clase	Período
SFOA_PEACCBBCS_UA	3451x302 7269744	double UA:	Tiempo Futuro
SNOA_PEACCBBCS_UA	3451x302 7269744	double UA:	Futuro Cercano
SPOA_PEACCBBCS_UA	3451x302 7269744	double UA:	Tiempo Presente
SFOA_PEACCBBCS_VA	3451x302 7269744	double VA:	Tiempo Futuro
SNOA_PEACCBBCS_VA	3451x302 7269744	double VA:	Futuro Cercano
SPOA_PEACCBBCS_VA	3451x302 7269744	double VA:	Tiempo Presente

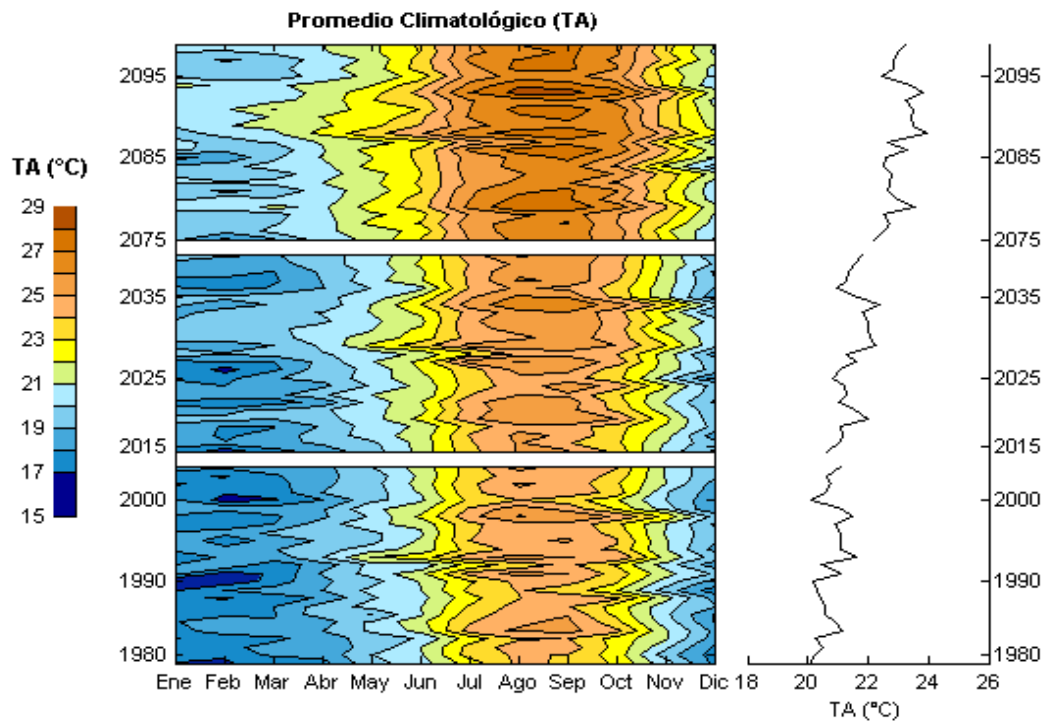
Para observar las tendencias que presentan las variables utilizadas en la región de estudio (representativas del cambio climático en el océano y la atmósfera durante los períodos analizados), se calculó su climatología y estadística básica para observar los cambios climatológicos más significativos para cada variable. A continuación se presentan las gráficas correspondientes a la variabilidad climatológica de cada variable analizada.

ESCENARIOS CLIMATOLÓGICOS REGIONALES

Temperatura del aire (TA)

Las series de tiempo correspondientes a los valores climatológicos de la TSM se presentan en la figura 3, en estas se observan valores que oscilan entre los 17-29 °C como promedio. las tendencias a incrementar la TA durante las proyecciones correspondiente al período CF (SNOA-2015-2039) y al período TF (SFOA-2075-2099) son evidentes, en ellas se mostraron valores del orden de 20-29 °C como promedio (incrementos del orden de 2° C), con una aumento del tiempo correspondiente a los valores máximos asociados con el período de Verano. El promedio por años correspondiente a la curva mostrada en el panel de la derecha muestran de forma más clara el incremento en las TA para los diferentes escenarios en el tiempo.

Figura 3. Valores climatológicos de la TA para la región de influencia de Baja California Sur

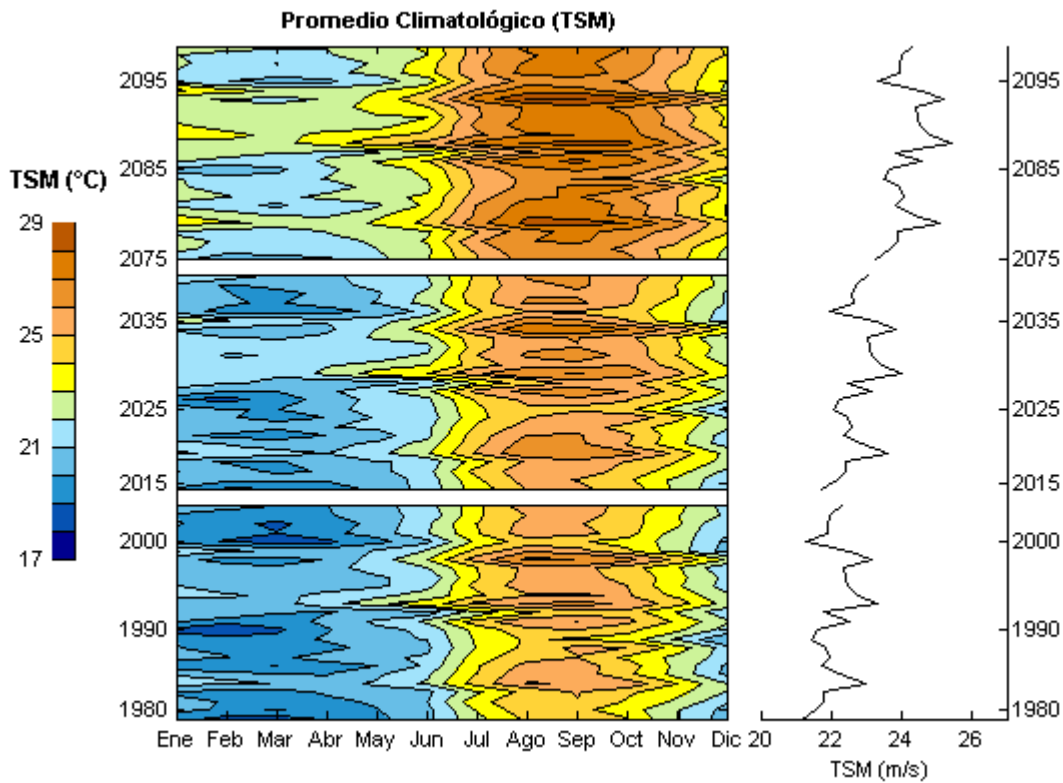


El eje y, corresponde al Tiempo Presente (1979-2003), el Tiempo Cercano al Futuro (2015-2039) y al Tiempo Futuro (2075-2099) y en el eje x a los valores de los meses climatológicos. La curva de la derecha representa el promedio anual.

Temperatura Superficial del Mar (TSM)

Las series de tiempo de los valores climatológicos de la TSM se presentan en la figura 4, en estas se observan valores que oscilan entre los 18-30 °C como promedio. Las tendencias a incrementar la TSM durante las proyecciones futuras, CF (SNOA-2015-2039) y TF (SFOA-2075-2099), se mostraron evidentes con valores del orden de 20-30 °C como promedio (incrementos del orden de 2° C con una disminución de los valores mínimos asociados con el período invierno-primavera. El promedio por años correspondiente a la curva mostrada en el panel de la derecha muestran de forma más clara el incremento en las TSM para los diferentes escenarios en el tiempo.

Figura 4. Valores climatológicos de la TSM para la región de Baja California Sur

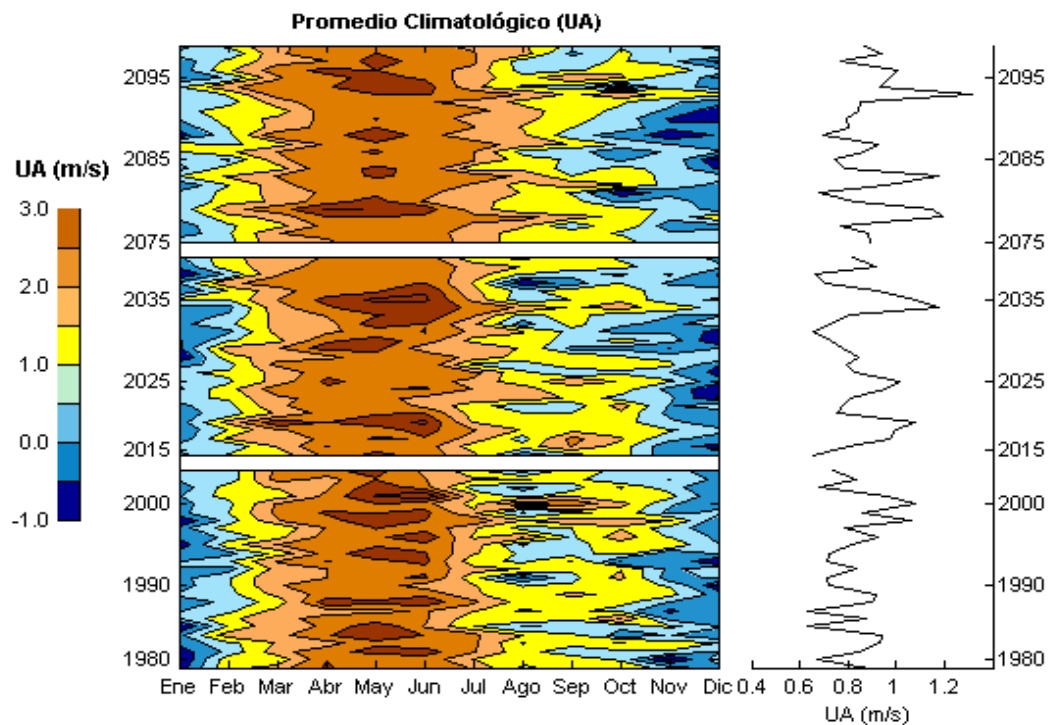


El eje y, corresponde al Tiempo Presente (1979-2003), el Tiempo Cercano al Futuro (2015-2039) y al Tiempo Futuro (2075-2099) y en el eje x a los meses climatológicos. La curva de la derecha representa el promedio anual.

Componente U del viento (UA)

Las series de tiempo de los valores climatológicos de la componente U del viento se presentan en la figura 5, en estas se observan valores máximos > 2 m/s durante la primavera, tendiendo a incrementar tanto en valores como en su variabilidad durante las proyecciones futuras, CF (2015-2039) y TF (2075-2099), con una disminución del tiempo correspondiente a los valores mínimos asociados con el período verano-otoño. El promedio anual (curva mostrada en el panel de la derecha) muestra de forma más clara el incremento en UA para los diferentes escenarios en el tiempo.

Figura 5. Valores climatológicos de la componente U del viento (UA) para la región de Baja California Sur

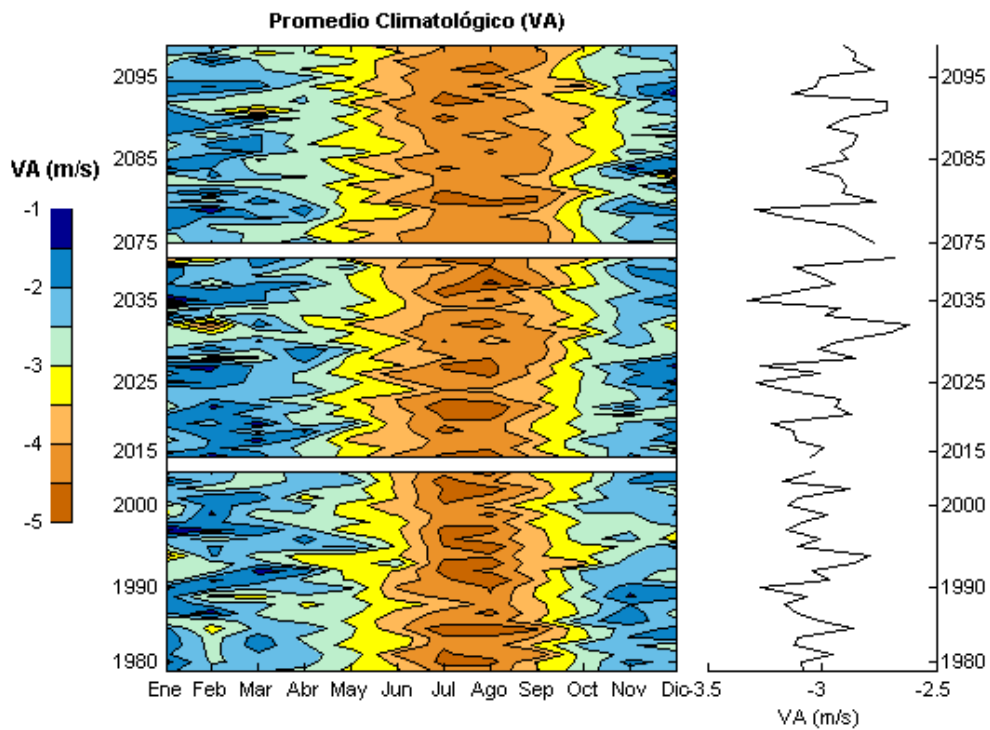


El eje y, corresponde al Tiempo Presente (1979-2003), el Tiempo Cercano al Futuro (2015-2039) y al Tiempo Futuro (2075-2099) y en el eje x a los meses climatológicos. La curva de la derecha representa el promedio anual.

Componente V del viento (VA)

Las series de tiempo de los valores climatológicos de la componente V del viento se presentan en la figura 6, en estas se observan valores máximos negativos > -3 m/s durante el verano, tendiendo a incrementar ligeramente durante las proyecciones futuras, CF (2015-2039) y TF (2075-2099), con un incremento del tiempo correspondiente a los valores máximos asociados con el período de verano. El promedio anual (curva mostrada en el panel de la derecha) muestra de forma más clara el incremento en la variabilidad de VA para los diferentes escenarios en el tiempo.

Figura 6. Valores climatológicos de la componente V del viento (VA) para la región de Baja California Sur

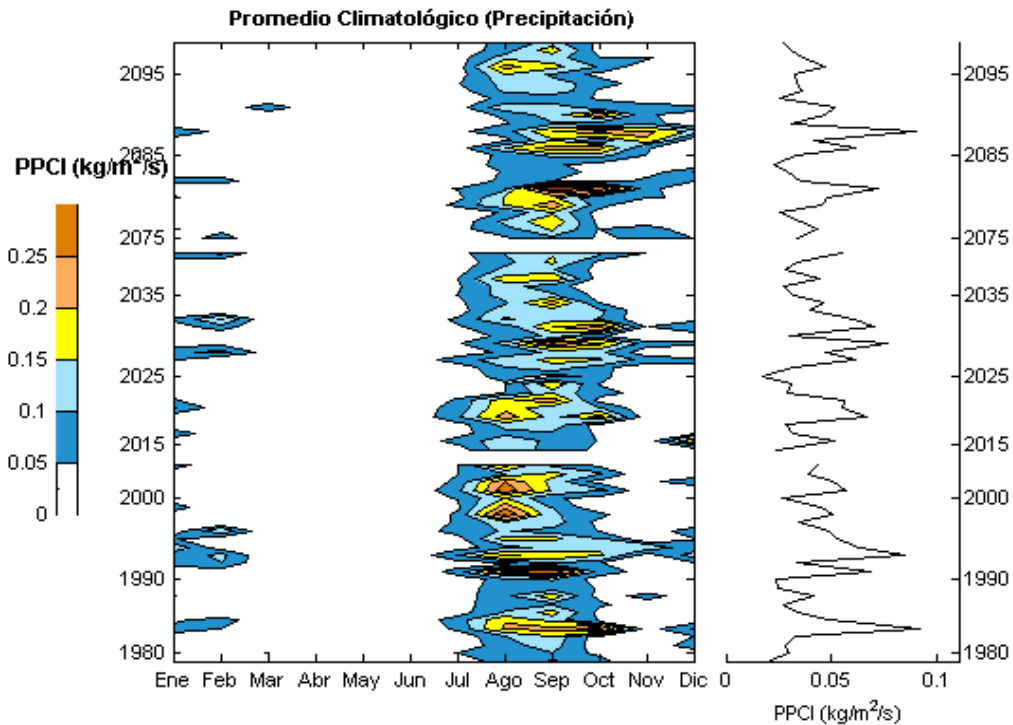


El eje y, corresponde al Tiempo Presente (1979-2003), el Tiempo Cercano al Futuro (2015-2039) y al Tiempo Futuro (2075-2099) y en el eje x a los meses climatológicos. La curva de la derecha representa el promedio anual.

Precipitación convectiva (PPCI)

La evolución temporal de los valores climatológicos de la precipitación convectiva (PPCI) se presentan en la figura 7, en esta se observan los valores máximos durante el verano, con un ligero incremento durante las proyecciones futuras, CF (2015-2039) y TF (2075-2099), durante el período verano-otoño. El promedio anual (curva mostrada en el panel de la derecha) muestra un comportamiento similar de la PPCI para los diferentes escenarios en el tiempo.

Figura 7. Valores climatológicos de la componente V del viento (VA) para la región de Baja California Sur.

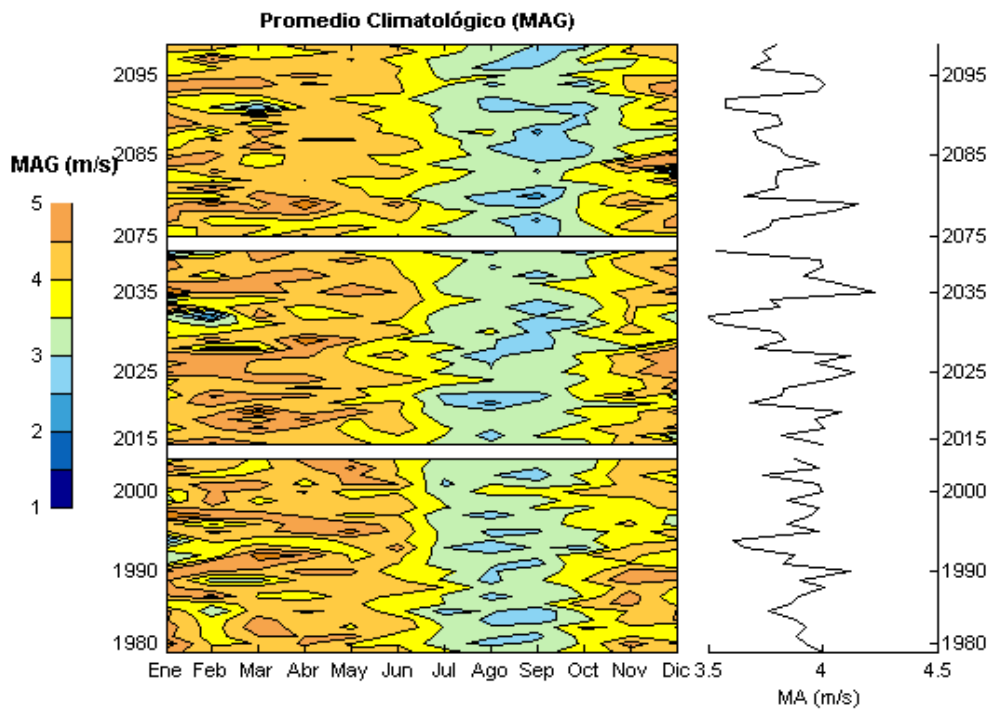


El eje y, corresponde al Tiempo Presente (1979-2003), el Tiempo Cercano al Futuro (2015-2039) y al Tiempo Futuro (2075-2099) y en el eje x a los meses climatológicos. La curva de la derecha representa el promedio anual.

Magnitud del viento (MA)

La evolución temporal de los valores climatológicos de la Magnitud del viento (MA) se presenta en la figura 8. Ésta se calculó en base a las componentes U y V del viento, los valores máximos se observaron durante el invierno-primavera y mínimos durante el verano, sin incrementos considerables en las proyecciones futuras, CF (2015-2039) y TF (2075-2099). El promedio anual (curva mostrada en el panel de la derecha) muestra de forma más clara la variación de la Magnitud del viento para los diferentes escenarios en el tiempo.

Figura 8. Valores climatológicos de la Magnitud del viento (MA) para la región de Baja California Sur

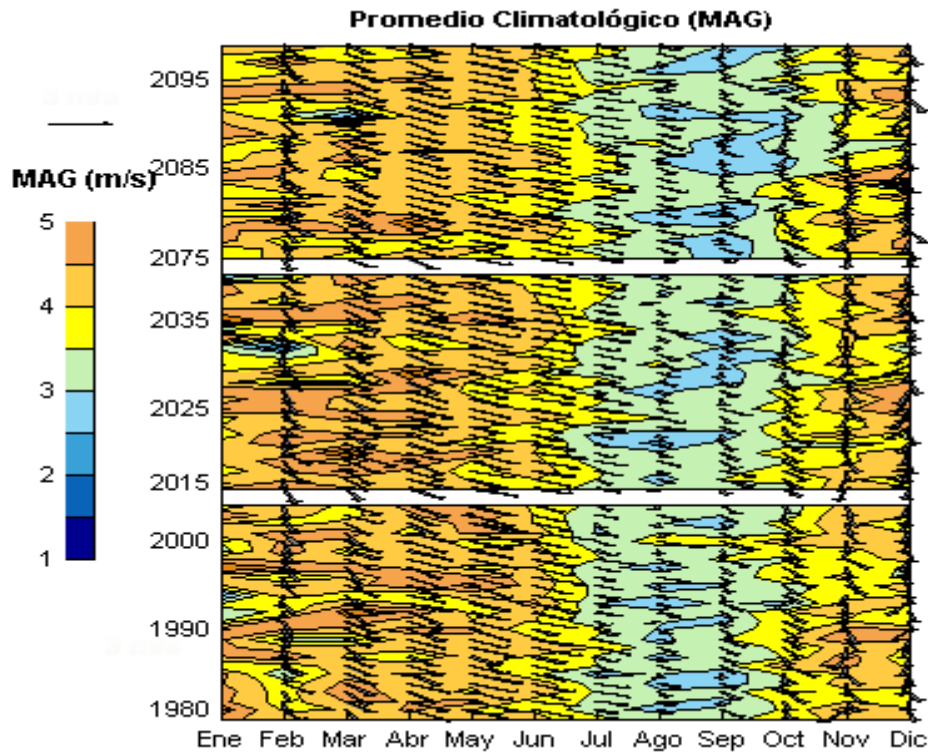


El eje y, corresponde al Tiempo Presente (1979-2003), el Tiempo Cercano al Futuro (2015-2039) y al Tiempo Futuro (2075-2099) y en el eje x a los meses climatológicos. La curva de la derecha representa el promedio anual.

Magnitud y dirección del viento (MA)

La evolución temporal de los valores climatológicos de la Magnitud (MA) y Dirección del viento (vectores), se presenta en la figura 9. Los valores máximos se observaron durante el invierno-primavera con dirección Noroeste y mínimos durante el verano con dirección este, no se muestran cambios considerables durante las proyecciones futuras, CF (2015-2039) y al período TF (2075-2099).

Figura 9. Valores climatológicos de la Magnitud (MA) y dirección del viento (vector) para la región de Baja California Sur.



El eje y, corresponde al Tiempo Presente (1979-2003), el Tiempo Cercano al Futuro (2015-2039) y al Tiempo Futuro (2075-2099).

REFERENCIAS

- Carter, T. R., K. Alfsen, E. Barrow, B. Bass, X. Dai, P. Desanker, B. Seguin, R. J. Paluotikof (2007). *General Guidelines on the use of scenario data for climate impact and adaptation assessment. Version 2. Task Group on data and scenario support for impact and Climate assessment (TGICA)*, Intergovernmental Panel on Climate Change.
- Kazuyoshi, O., J. Yoshimura, R. Mizuta, S. Kusunoki. (2006). "Tropical Cyclone Climatology in a Global-Warming Climate as Simulated in a 20 km-Mesh Global Atmospheric Model: Frequency and Wind Intensity Analyses", *Jour. Met. Soc. Jap.* 84 (2), 259-276.
- Mizuta, R., Y Yoshimura, Adachi, S. Yukimoto, S. Kusunoki (2009). *Estimation of the future distribution of sea surface temperatura and sea ice using CMIP3 multi-model emsemble mean*, Advanced Earth Science Technology Organization, Climate Research Department, Meteorological Research Institute, 1-28.
- Mizuta, R., H. Yoshimura, Katayama, K. (2006). "20-km-Mesh Global simulations using JMA-GSM Model", *Jour. Met. Soc. Jap.* 84 (1) 165-185.
- Reynolds, R. W. y Smith T. M. (1994). "Improved global sea surface temperature analysis using optimum interpolation", *J. Climate*, 7, 929-948.
- Young, P. (1998). *Data-based mechanistic modelling of environmental, ecological economic and engineering systems*, Lancastern University, Lancaster, LA1 4YQ, UK.

ANEXO

PRESENTACIÓN Y VISUALIZACIÓN DE LOS DATOS

En este reporte se incluye un disco compacto (CD) con las bases de datos de cada variable y para cada escenario en diferentes formatos (binario, Ascii, HDF). Asimismo se anexa un programa en MATLAB para visualizar y extraer de forma rápida, matrices mensuales y series de tiempo de cualquiera de las 7 variables analizadas. Dicha información se encuentra organizada de la siguiente manera; en el CD se encuentran una carpeta llamada *Base_de_Datos*, conteniendo los archivos individuales de cada variable mostrada en este reporte (TA, TSM, UA, VA, PPCI, SLP, MA) y para cada uno de los tres escenarios (SPOA, SNOA, SFOA) cuyas características son:

Archivo	Extensión	Tamaño	Bytes	Período
SPOA_PEACCBBCS_TA	dat	3451x302	7269744	1979-2003
SPOA_PEACCBBCS_TSEAS	dat	3009x302	7269744	1979-2003
SPOA_PEACCBBCS_UA	dat	3451x302	7269744	1979-2003
SPOA_PEACCBBCS_VA	dat	3451x302	7269744	1979-2003
SPOA_PEACCBBCS_PPCI	dat	3451x302	7269744	1979-2003
	"	"	"	"
SNOA_PEACCBBCS_TA	dat	3451x302	7269744	2015-2039
SNOA_PEACCBBCS_TSEAS	dat	3009x302	7269744	2015-2039
SNOA_PEACCBBCS_UA	dat	3451x302	7269744	2015-2039
SNOA_PEACCBBCS_VA	dat	3451x302	7269744	2015-2039
SPOA_PEACCBBCS_PPCI	dat	3451x302	7269744	1979-2003
	"	"	"	"
SFOA_PEACCBBCS_TA	dat	3451x302	7269744	2075-2099
SFOA_PEACCBBCS_TSEAS	dat	3009x302	7269744	2075-2099
SFOA_PEACCBBCS_UA	dat	3451x302	7269744	2075-2099
SFOA_PEACCBBCS_VA	dat	3451x302	7269744	2075-2099
SPOA_PEACCBBCS_PPCI	dat	3451x302	7269744	1979-2003
	"	"	"	"

Todas las variables incluyen datos sobre la península de Baja California, excepto la correspondiente a la TSM. En cada matriz bi-dimensional, los renglones representan las series de tiempo correspondientes al número de puntos existente en el dominio geográfico y el número de columnas corresponden a los 300 meses de cada período analizado (25 años), un dato por cada mes (12meses x 25años = 300 meses). Así como ejemplo tenemos que SPOA_PEACCBCS_TA.dat, es una matriz donde el número de renglones es igual al número de puntos existentes en el dominio geográfico con tamaño de celda de 20km, las dos primeras columnas corresponden a los valores de Longitud y Latitud de cada punto y las 300 columnas restantes a los meses correspondientes:

Archivo: SPOA_PEACCBCS_TA.dat

LatN	LonW	SST(1)	SST(2)	SST(3)	...SST(300)
20.00	-119.00	20.44	19.65	19.11	.....21.76
20.19	-119.00	20.29	19.48	18.94	.....21.60
20.38	-119.00	20.12	19.32	18.79	.....21.45
20.57	-119.00	19.97	19.16	18.67	.....21.30
20.76	-119.00	19.80	19.00	18.55	.....21.15
20.96	-119.00	19.64	18.84	18.43	.....21.01
21.15	-119.00	19.47	18.68	18.31	.....20.87
21.34	-119.00	19.30	18.52	18.19	.....20.72
21.53	-119.00	19.13	18.36	18.06	.....20.59
21.72	-119.00	18.94	18.19	17.93	.....20.45
21.91	-119.00	18.76	18.02	17.80	.....20.32
22.10	-119.00	18.58	17.86	17.67	.....20.20
22.29	-119.00	18.40	17.71	17.55	.....20.07
22.49	-119.00	18.24	17.55	17.42	.....19.96

GRAFICADOR

El programa para graficar las variables de los diferentes escenarios está hecho en base a rutinas MATLAB, para una versión 6 o más actual. Solo se requiere insertar el CD de datos, abrir MATLAB y escribir en la ventana de comandos el nombre del programa "GRAFICADOR_REGIONAL" y el programa se ejecutará inmediatamente, ver ejemplo:

```
% GRAFICADOR de datos DEL MODELO ATMOSFÉRICO GLOBAL JAPONÉS
% PROYECTO PEACC-BCS: CAMBIO CLIMÁTICO EN BAJA CALIFORNIA SUR
% DATOS: TA, TSM, SLP, UA, VA, MA, PPCI, MA
% PERIODO(1): SPOA--> 1979-2003 MENSUAL
% PERIODO(2): SNOA--> 2015-2039
% PERIODO(3): SFOA--> 2075-2099
```

Forma en la cual se despliega la opción de seleccionar el PERIODO cuando es ejecutado el GRAFICADOR de escenarios

```
%%%ELECCIÓN DEL PERIODO%%
disp('PERIODO: ');
disp(' ');
disp(' Presente = 1');
disp(' ');
disp(' Futuro Cercano = 2');
disp(' ');
disp(' Futuro = 3');
disp(' ');
disp(' parar = 0');
```

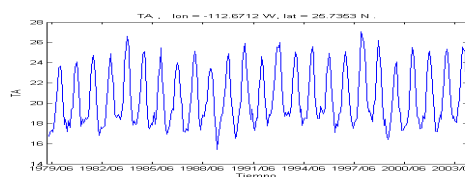
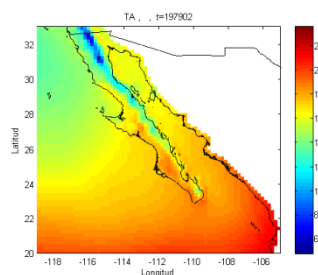
Forma en la cual se despliega la opción de VARIABLE cuando es ejecutado el GRAFICADOR y la gráfica de la variable y fecha seleccionada, así como la opción de graficado en series de tiempo de un punto en la gráfica.

```
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
```

ELECCION DE LA VARIABLE

```
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
```

```
disp('VARIABLES: ');
disp(' ');
disp(' temperatura del aire = 1');
disp(' ');
disp(' temperatura del mar = 2');
disp(' ');
disp(' velocidad_u = 3');
disp(' ');
disp(' velocidad_v = 4');
disp(' ');
disp(' Presion sup.del mar = 5');
disp(' parar = 0');
```



INSTRUCCIONES DEL GRAFICADOR

Para correr el programa GRAFICADOR_MARMEX deben seguirse las siguientes instrucciones que también se encuentran en la carpeta “**Graficador**” del CD.

El programa que grafica o extrae matrices o series de tiempo de los diferentes escenarios contenidos en este reporte está hecho en lenguaje de MATLAB para una versión 6 o más actual. En esta carpeta se encuentran tanto el programa como las rutinas y archivos de datos necesarios para su funcionamiento y graficado como son: t_date.m, t_day.m, Date_SPOA.dat, Date_SNOA.dat y Date_SFOA.dat (fechas mensuales) así como el archivo conteniendo la posición de la línea de costa COSTA_REGIONAL.mat y el archivo Mask conteniendo la ubicación de las celdas que se encuentran ubicadas en la parte continental. Solo se necesita insertar el CD de datos y escribir en la ventana de comandos de MATLAB la palabra “GRAFICADOR_REGIONAL” y el programa se ejecutará automáticamente, se deben de seguir las instrucciones que se van desplegando durante la ejecución:

1. Elección del período: PERIODO:
Presente = 1
Futuro Cercano = 2
Futuro = 3
parar = 0
2. Elección de la variable: VARIABLE
temperatura del aire = 1
temperatura del mar = 2
velocidad_u = 3
velocidad_v = 4
precipitación convectiva = 5
Presion en superficie del mar = 6
Magnitud del viento = 7

Una vez elegido el periodo y la variable se carga el archivo correspondiente a esta información (se utiliza el sufijo de cada periodo; SPOA, SNOA, SFOA).

3. Graficar la figura de referencia (si/no).
4. Elegir la fecha de la figura a graficar (Para SPOA de enero/1979 a dic/2003, para SNOA de enero/2015 a dic/2039 y para SFOA de enero/2075 a dic/2099) siguiendo el formato indicado (año/mes). Se graficará una figura correspondiente al período, variable y fecha seleccionada, la cual servirá de referencia para las siguientes instrucciones.
5. Elegir entre graficar una serie de tiempo, guardar la matriz o iniciar otra sesión.
6. La respuesta del paso 5 servirá para desplegar diferentes opciones. Si se elige serie de tiempo, preguntará si se quiere guardar o no, si se elige guardar la matriz, se preguntará la ubicación del directorio donde se quiere que sea guardado el archivo de la matriz de datos, aquí se recomienda que se generen en C:/ tres subdirectorios correspondientes a los tres periodos analizados para almacenar la información por cada escenario. La tercera opción iniciará una nueva sesión de graficado para diferente período, variable y fecha.

Con respecto al nombre de los archivos que se extraen y que son guardados en la carpeta ubicada en (C:/), estos son generados por el nombre de la variable, la fecha (para una matriz) y las coordenadas (para series de tiempo). Por ejemplo:

Para una matriz: c:\Graf_SFOA\TA207510.dat

Para una serie de tiempo: c:\Graf_SFOA\TA-104.2W_16.8N.dat

