

# El plan de acción climática para la ciudad de La Paz, BCS: instrumento para políticas públicas en una ciudad costera<sup>1</sup>

## Climate change action plan for the city of La Paz, BCS: public policy instrument in a coastal city

*Antonina Ivanova Boncheva \**

*Alfredo Bermúdez Contreras \*\**

### Resumen

Por su posición geográfica costera y condición árida, la ciudad de La Paz, Baja California Sur, es extremadamente vulnerable a los impactos del cambio climático. Este trabajo presenta los principales hallazgos del Plan de Acción ante el Cambio Climático para La Paz y sus Zonas Colindantes (PACCLAP) incluyendo el proceso de elaboración del plan y los principales resultados de sus dos grandes secciones: primero, la vulnerabilidad al cambio climático en la zona y las medidas de adaptación sugeridas; y segundo, el inventario de emisiones locales de gases con efecto invernadero y las medidas de mitigación recomendadas. Las acciones propuestas tienen además importantes efectos relacionados directamente con prioridades del Plan Municipal de Desarrollo, por lo que el PACCLAP es un instrumento valioso para apoyar a tomadores de decisiones actuales y futuros en la elaboración de políticas públicas que fomenten un desarrollo más sustentable y eleven el bienestar de la sociedad paceña.

**Palabras clave:** política pública, inventario, adaptación, mitigación, vulnerabilidad.

---

<sup>1</sup> Este documento está basado en el Informe Final del Proyecto “Plan de Acción ante el Cambio Climático para la Ciudad de La Paz y áreas colindantes”, realizado en el año 2013, coordinado por los autores y disponible en línea en [www.lapaz.gob.mx/images/stories/cambioclima.zip](http://www.lapaz.gob.mx/images/stories/cambioclima.zip)

\* Doctora por la Universidad Nacional Autónoma de México. Profesora-Investigadora en la Universidad Autónoma de Baja California Sur. Tema de especialidad: cambio climático. Correo electrónico: [aivanova@uabcs.mx](mailto:aivanova@uabcs.mx)

\*\* Doctor por Loughborough University. Profesor-Investigador en la Universidad Autónoma de Baja California Sur. Temas de especialidad: energías renovables e inventarios de gases de efecto invernadero. Correo electrónico: [abermudez@uabcs.mx](mailto:abermudez@uabcs.mx)

## Abstract

As a result of its coastal location and severe water scarcity condition, the city of La Paz, Baja California Sur, is extremely vulnerable to the impacts of climate change. This work presents the main findings of the Climate Change Action Plan for the City of La Paz and Neighbouring Areas (PACCLAP) including its development process and the main results of its two larger components: first, the vulnerability to climate change in the area and the adaptation measures suggested; and second, the local greenhouse gas emissions inventory and the recommended mitigation measures. In addition, the proposed actions have important impacts directly related with the Municipality Development Plan, thus making the PACCLAP a valuable instrument to support current and future decision makers in the formulation of public policies to foster a more sustainable development and improve the wellbeing of the local society.

**Keywords:** public policy, inventory, adaptation, mitigation, vulnerability.

## Introducción

La comunidad científica ha llegado al consenso de que estamos modificando sustancialmente el clima de la tierra y desde el inicio de la Revolución Industrial la temperatura global promedio ha aumentado en 0.8°C. Los científicos atribuyen la mayor parte de esta alza a las actividades humanas que liberan gases de efecto invernadero (GEI) a la atmósfera, como la quema de combustibles fósiles (IPCC, 2013). Por lo tanto no es coincidencia que el primer eje<sup>2</sup> de la Iniciativa Ciudades Emergentes y Sostenibles (ICES) del Banco Interamericano de Desarrollo (BID) sea Sostenibilidad Ambiental/Cambio Climático, que tiene como objetivos: controlar la contaminación del aire y agua (menos CO<sub>2</sub>); tratar y reciclar residuos sólidos; aumentar la eficiencia energética; prevenir/prepararse para desastres naturales (BID, 2011).

El Plan de Acción Climática para la ciudad de La Paz y áreas colindantes se origina como un estudio complementario a la Iniciativa Ciudades Emergentes y Sostenibles (ICES) del Banco Interamericano de Desarrollo, de la cual forma parte La Paz, en Baja California Sur (BCS). La ICES busca contribuir a que las ciudades participantes puedan identificar los principales retos y las acciones de corto y mediano plazo que permitan orientar su desarrollo hacia mayor sostenibilidad. Uno de estos retos es el cambio climático, en primer lugar, debido a que la ciudad es una fuente importante de emisiones de gases de efecto invernadero, cuyo inventario permite delinear

---

<sup>2</sup> Los otros dos ejes de ICES son Desarrollo Urbano Integral Sostenible y Sostenibilidad Fiscal y Gobernabilidad. El primero tiene como objetivos: a) mejorar el hábitat urbano, b) reducir la congestión en las ciudades, y c) aumentar la seguridad ciudadana; el segundo pretende: a) modernizar la gestión financiera y fiscal, b) organizar los servicios públicos locales, c) mejorar la eficiencia en el gasto público, d) mejorar la recaudación y los nuevos impuestos, e) implantar gestión por objetivos (para más detalles véase BID, 2011).

las acciones para su mitigación, y, en segundo lugar, debido a la vulnerabilidad<sup>3</sup> a los impactos climáticos de los sectores económicos clave y la sociedad de La Paz (variación de las temperaturas, modificación de la línea costera, intrusión salina en los acuíferos subterráneos, amenazas hidrometeorológicas, severidad y redistribución de lluvias y sequías, cambio de cauces de arroyos, desertificación, menor disponibilidad de agua para uso humano y productivo, impactos sobre salud humana, animal y vegetal). La definición de las vulnerabilidades permite establecer las principales estrategias y acciones de adaptación a los impactos del cambio climático (Ivanova *et al.*, 2013: 5). La hipótesis que guió este estudio fue la siguiente: La Paz presenta alta vulnerabilidad a los impactos del cambio climático, misma que podría atenuarse por medio de adecuadas acciones de adaptación; existiendo, al mismo tiempo, posibilidades de disminuir de manera significativa las emisiones de gases con efecto invernadero (GEI), implementando medidas de mitigación.

## Contexto de la ciudad de La Paz

La Paz es la capital de Baja California Sur y es la cabecera del municipio con el mismo nombre. El municipio cuenta con una población de 253 077 habitantes y el 93.6% de esta se concentra en las localidades de la costa. Para La Paz y zonas colindantes las costas del Mar de Cortés son de gran importancia para el desarrollo, dado que las actividades que sustentan a los paceños incluyen el comercio marítimo, la pesca, el turismo y los servicios; sin embargo, también se desarrollan actividades agropecuarias en los valles (Páez, 2007).

La ciudad concentra gran parte de las instancias gubernamentales, instituciones de educación y centros de salud de Baja California Sur. De los años 1950 a 2010, la población de La Paz ha ido en aumento constante (en promedio 4.5% anual, según INEGI, 2010), lo cual denota una comunidad en movimiento por migraciones pero también representa un desafío para lograr una planificación del crecimiento urbano que propicie un desarrollo sustentable (Ivanova, *et al.*, 2013).

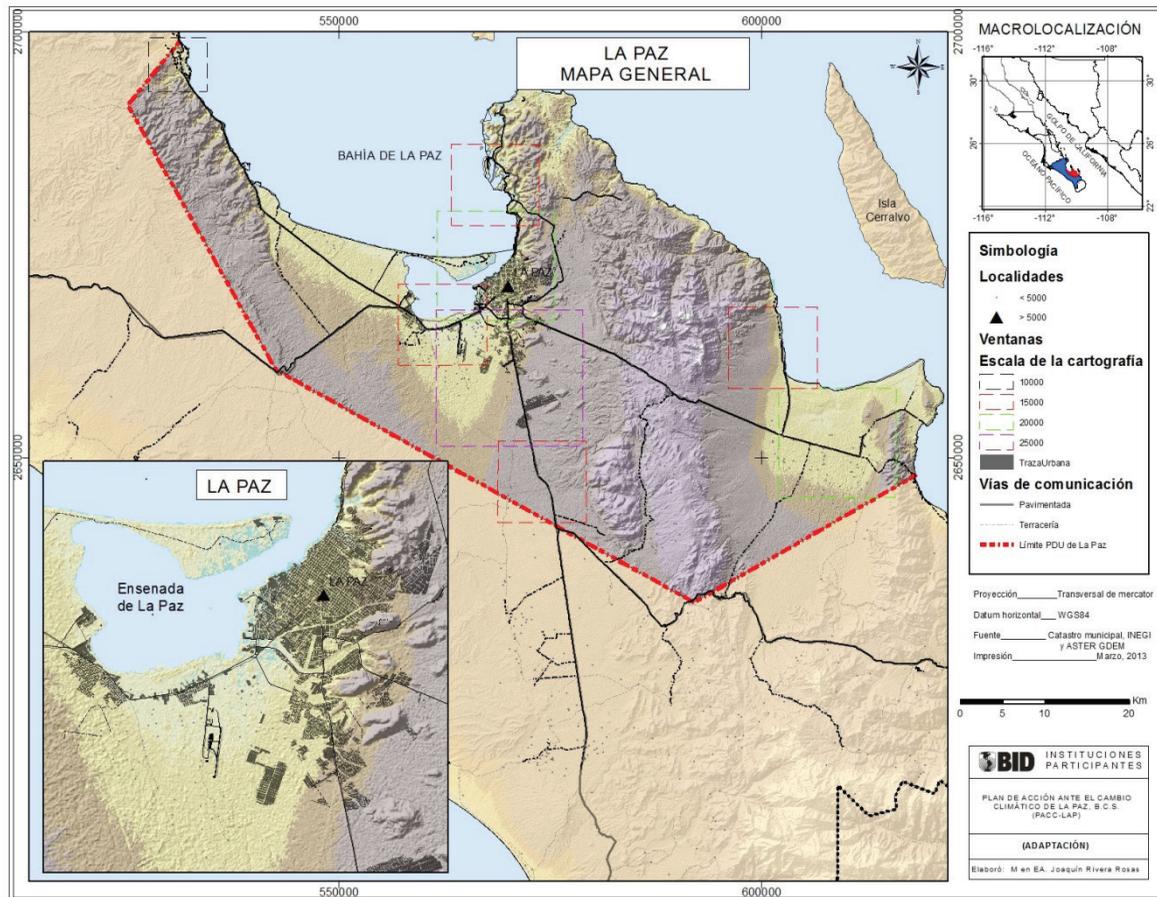
El incremento poblacional acelerado trajo consigo un cambio en el ambiente ciudadano debido ante todo a la generación de desechos, el crecimiento de su parque vehicular y la progresión de las zonas deforestadas (Ivanova y Gámez, 2012). Asimismo, la escasa planificación para el crecimiento y ordenamiento urbano, ocasionó diversos problemas de contaminación e incremento de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI).

Los límites de la zona de estudio de este Plan de Acción ante el Cambio Climático se muestran en el mapa de la Figura 1. Las áreas colindantes fueron incluidas por su influencia sobre la

<sup>3</sup> La Ley General de Cambio Climático define vulnerabilidad como el “nivel a que un sistema es susceptible, o no es capaz de soportar los efectos adversos del Cambio Climático, incluida la variabilidad climática y los fenómenos extremos. La vulnerabilidad está en función del carácter, magnitud y velocidad de la variación climática a la que se encuentra expuesto un sistema, su sensibilidad, y su capacidad de adaptación” (LGCC, 2012: 4).

vida económica y social de la ciudad, dado que cobran especial relevancia en sectores como transporte, actividades agropecuarias y pesqueras. La zona de estudio y las localidades incluidas fueron definidas en concertación con funcionarios del Ayuntamiento de La Paz.

**Figura 1: Mapa de la ciudad de La Paz y zonas aledañas: área de estudio.**

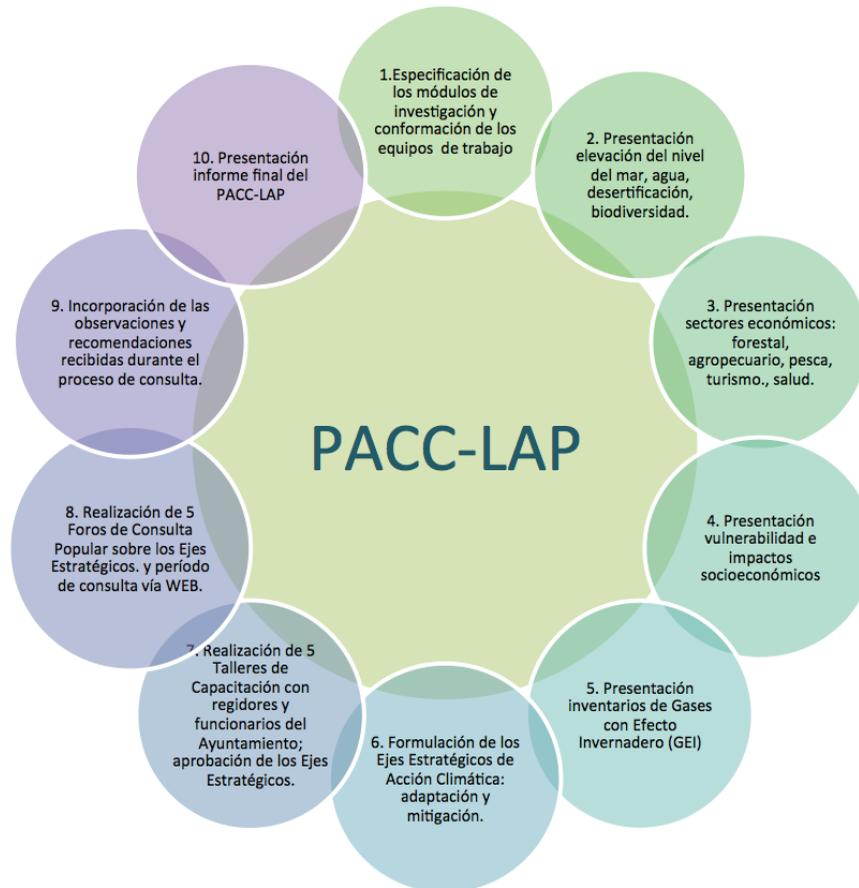


Fuente: Ivanova *et al.*, 2013.

En el contexto de este estudio, la ciudad es considerada como un “ecosistema urbano” (UNEP, 2008, 2011). Se estudia desde la perspectiva del manejo de los recursos naturales e incluye, por lo tanto, las áreas colindantes que tienen una relación de dependencia mutua con la ciudad. Las características de la ciudad de La Paz son las siguientes: clima desértico, área de costa, zona semiárida, potencial económico mediano (la mayor parte del crecimiento económico es por concepto de los servicios, mientras que el desarrollo de la industria y la agricultura afronta la fuerte limi-

tante de escasez de agua), desarrollo social alto, tamaño mediano y tasa de crecimiento poblacional mediana (4.5% anual).<sup>4</sup>

**Figura 2: Etapas del proceso de investigación, capacitación y consulta.**



Fuente: Ivanova *et al.*, 2013.

### **Proceso de investigación, talleres de capacitación y foros de consulta**

La investigación se desarrolló en dos módulos principales: adaptación y mitigación, para cubrir los aspectos más relevantes para La Paz relacionados con el cambio climático. Los componentes de cada módulo desarrollados a lo largo del proceso fueron los siguientes: 1) Adaptación: elevación del nivel del mar, sector hídrico, desertificación y biodiversidad, sectores económicos (agropecuario y forestal, industria, comercio, turismo, salud y pesca), vulnerabilidad social; 2) Mitigación: Inventario de Emisiones de Gases con Efecto Invernadero: energía, transporte, industria, cambio de

<sup>4</sup> Este párrafo transcribe de manera puntual las características de La Paz tal y como fueron especificadas para la realización del proyecto “Plan de Acción ante el Cambio Climático para la Ciudad de La Paz y áreas colindantes” (véase Ivanova *et al.*, 2013: viii).

uso de suelo, desechos. El estudio también presenta la importancia de la legislación ambiental, la educación ambiental, la creación de capacidades y la investigación en el área del cambio climático (Ivanova, *et al.*, 2013: *xi-x*).

## Vulnerabilidad y adaptación

En este estudio se aplicó, de manera general, la metodología especificada en UNEP (2008), UNEP (2009), UN-Habitat (2010), y UNEP (2011). Sin embargo, es importante mencionar que cada componente aplicó adicionalmente metodología propia relacionada con su área específica de estudio (recursos hídricos, elevación del nivel del mar, sectores económicos, etcétera). La metodología asume que el desarrollo sustentable genera nuevas demandas respecto a la evaluación de los impactos y la estructuración de medidas de respuesta. En este sentido, se considera importante:

- Reconocer la interacción entre condiciones ambientales y actividades humanas;
- Tomar en cuenta la equidad de género;
- Tomar en cuenta la equidad intergeneracional;
- Promover la participación de los habitantes de La Paz en la toma de decisiones.

Las preguntas a responder son: ¿Cuál es la situación actual ambiental y socioeconómica en La Paz?; ¿Cómo impacta el cambio climático al ambiente y al bienestar social?; ¿Qué respuestas de adaptación podemos proponer a corto y mediano plazo?

### *Situación actual e impactos del cambio climático sobre el ambiente y el bienestar social de La Paz*

En el plan se reconoce la extrema vulnerabilidad de La Paz 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 global 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 de la ciudad: actividades productivas como el turismo, servicios, pesca y agricultura, que deben dedicar una parte cada vez mayor de su presupuesto a contrarrestarlos; mientras que otros sectores como la ganadería enfrentan aumen-

to de costos de producción por la falta de forrajes ante el estrés hídrico. También la población es afectada por el encarecimiento de la electricidad, surgen mayores riesgos ante eventos extremos y problemas de salud pública; y el gobierno municipal afronta presiones mayores en sus funciones de atención a los habitantes y sectores económicos.

Cabe destacar que el estrés hídrico es la mayor vulnerabilidad reconocida para La Paz. En la actualidad la suma del agua subterránea concesionada supera a la suma del agua que se recarga anualmente para las dos cuencas principales del área de estudio (La Paz y Los Planes). Se reconoce la sobreexplotación del acuífero de La Paz desde los años 70 (Troyo-Diéguez, *et al.*, 2010; CONAGUA, 2011) y se reconoce que la demanda va aumentar más de dos veces en los próximos 23 años debido al crecimiento poblacional. El análisis del consumo de agua en relación con cambios de la temperatura indica que el consumo diario por persona sube 5.4 litros por cada grado centígrado de aumento en la temperatura máxima (CONAGUA, 2012).

Además de esta amenaza, el estudio climático muestra posibles incrementos en la temperatura promedio del mar de aproximadamente 1°C a mediano plazo, así como la prolongación del verano, abarcando el tiempo de calor (temperaturas promedio de 27°C) a los meses de octubre y noviembre (Ivanova y Gámez, 2012; INECC, 2013). Dichos fenómenos propiciarán la intensificación de los ciclones, además de que podría extenderse la duración de su temporada, como ocurre durante los años Niño, y generar mayores catástrofes naturales (Wurl y Martínez, 2006). El aumento en el nivel de mar que, de acuerdo con lo reportado en este estudio: entre 5.4-17.7 cm. mínimo y máximo respectivamente, al año 2030 y entre 9–29.5 cm para el año 2050, se suma e interactúa con la magnitud de la marea de tormenta, que puede influir hacia el incremento de estas dimensiones. Los efectos de esta interacción a largo plazo serán de consideración, para La Paz y sus áreas colindantes, donde el índice de vulnerabilidad es alto y el periodo de retorno de los huracanes es pequeño. Esto se debe a la localización de las poblaciones más pobres y vulnerables, infraestructuras críticas y principales actividades económicas (H. XIV Ayuntamiento de La Paz, 2011).

El estudio también caracteriza los patrones de crecimiento urbano y su relación directa con el cambio de Cobertura/Usos del Suelo (CC/US) a escala detallada en la zona de La Paz, BCS, para lo cual se utilizó el método de análisis multitemporal para determinar los cambios en la cobertura de suelo dados por el crecimiento de la mancha urbana, utilizando imágenes satelitales de los años 2005 y 2012, encontrándose seria degradación de los ecosistemas en el área conurbada de La Paz, particularmente con relación en la expansión urbana de la ciudad, así como su impacto en el ambiente biofísico. Se estimó una tasa de deforestación de 1 939 hectáreas de matorral sarcocaula, 7.57 hectáreas de manglar y 11 hectáreas de vegetación de marismas o dunas costeras, para el

periodo 2005–2012. Obteniéndose en la zona de La Paz un total de 1957.5 ha de deforestación en el periodo estudiado, es decir, una tasa de deforestación anual de 279.65 ha/año (0.11%). La mancha urbana de La Paz está creciendo espacialmente de forma desordenada y dispersa, lo cual aumenta los grados de insustentabilidad (Moreno, 2012). Debido a la fragmentación del ecosistema y al aumento de infraestructura urbana y rural se genera una mayor vulnerabilidad por la constante presencia humana. La deforestación en la región de La Paz ha sido originada en primera instancia por el desarrollo de actividades agrícolas y por usos habitacionales.

En la agricultura el aumento de la temperatura y la disminución de la precipitación pluvial (OOMSAPA, 2012), se traducirá de inmediato en un aumento de la demanda de agua en cada cultivo al incrementarse los niveles de evapotranspiración y la salinización del suelo. Del mismo modo, el aumento de la demanda de agua implicaría un mayor costo energético. Por otro lado, en tiempos de sequía los rendimientos de algunos cultivos pueden disminuir (SAGARPA, 2012), por ejemplo, el maíz en 14% y el sorgo en 9%, también en periodos de lluvia anormal se puede esperar afectaciones de las cosechas, para maíz de 23% y para sorgo de 15%.

El sector industria se encuentra dentro de las actividades secundarias del estado de Baja California Sur, las cuales representan el 27% del PIB estatal. De estas actividades se desprenden la minería, que aporta el 3%, construcción y electricidad, agua y gas que aporta el 21%, y la industria manufacturera que aporta el 3% (INEGI, 2010). El sector comercio se encuentra dentro de las actividades terciarias más importantes para Baja California Sur. Las actividades terciarias generan la mayor aportación al PIB estatal representando el 70% en el 2009. De este porcentaje se desprenden por orden de aportación las siguientes actividades: el comercio, servicios de alojamiento y de preparación de alimentos y bebidas (28%), los servicios financieros e inmobiliarios (12%), y los transportes e información en medios masivos (11%), además de los servicios educativos y médicos (7%), y actividades de gobierno (6%). Por sí solo, el comercio representa el sector con mayor aportación al PIB estatal, con 19%. Poco menos de la mitad de la población ocupada se encuentra empleada en el sector comercio al menudeo, construcción, hoteles y restaurantes. El comercio al por menor posee cuatro veces más empleados a su cargo que el comercio al por mayor. El cambio climático puede afectar algunos de los establecimientos comerciales ubicados en zonas de riesgo de inundaciones por elevación del nivel medio del mar y por cambio de cauces de arroyos debido a mayores precipitaciones. También la disrupción de los caminos por fuertes inundaciones puede afectar los flujos de suministros para un funcionamiento armónico del sector comercial.

En La Paz, existen 347 establecimientos dedicados directa o indirectamente al servicio del turismo, de estos el 30% son restaurantes, el 18% son hoteles (INEGI, 2010). La Paz contribuye

con 23% de los visitantes de B.C.S. De 2008 a 2012 hubo un promedio de 20 762 visitantes. De los turistas recibidos en La Paz el 79% son nacionales, mientras que el 21% restante son extranjeros. Los principales países extranjeros de donde provienen los turistas a La Paz son Estados Unidos y Canadá. El principal motivo del viaje es por visita a familiares 32%, descanso 31%, eventos deportivos 17% y congresos 10% (SECTUR, 2013). El turismo es una actividad económica que, aunque pertenece al sector terciario, presenta una alta vulnerabilidad a los impactos climáticos (semejante a las actividades económicas del sector primario como pesca y agricultura). Esta actividad se puede ver afectada por la elevación de las temperaturas promedio, que harían poco atractivo para la afluencia del turismo (temporada baja) un mayor periodo de año. Por otro lado, algunas playas se podrían ver afectadas por la elevación del nivel medio del mar. Es importante mencionar la afluencia de extranjeros para residencia de tiempo completo o tiempo parcial, así como la construcción de marinas. Sin embargo, faltan estudios que determinen su aportación para creación de ingreso y empleo en La Paz.

El sector salud figura dentro de las actividades terciarias y respecto a su aportación al PIB estatal representa, junto con los servicios educativos, el 7%. En Baja California Sur existen 144 unidades médicas públicas con 1 543 médicos, y 14 unidades médicas particulares con 44 médicos (INEGI, 2010). De la población total del municipio de La Paz (251 871 habitantes), el 75% es derechohabiente de instituciones de seguridad social. La frecuencia de los registros de suicidio se correlacionó con las variables climáticas. Se encontró un incremento de los casos durante primavera-verano y un decremento durante otoño-invierno. Durante la temporada cálida (mayo-octubre), el incremento de las temperaturas y las tasas de suicidio se correlacionan de manera positiva (Ivanova y Gámez, 2012). Por lo tanto es importante asegurar mayor acceso de la población a la atención psicológica de manera profiláctica. El municipio cuenta con 801 personas que conforman el personal médico. El personal médico es altamente calificado y algunos de los hospitales tienen instalaciones e instrumentos de primer nivel. Asimismo, existen instituciones médicas que hacen validos los seguros de Estados Unidos y Canadá. Esto es un factor que está beneficiando la construcción de segundas residencias en la zona de estudio (Kiy y McEnany, 2010). Sin embargo, para fomentar el turismo de segundas residencias hay que invertir en mayor calidad de servicios médicos y la construcción de más hospitales de primer nivel y de ubicación segura. Algunas de las unidades médicas, como el nuevo hospital del Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores del Estado (ISSSTE) en el Conchalito, están ubicados en zonas vulnerables a inundación. Por lo tanto es muy importante realizar una planeación adecuada para la construcción de las nuevas unidades médicas tomando en cuenta la vulnerabilidad ante los impactos climáticos.

### *Respuestas de adaptación<sup>5</sup>*

Para enfrentar la creciente escasez de agua existen muchos métodos técnicos para aumentar la oferta, entre los cuales, tres tienen mayor importancia para la zona de estudio: desalinización, reúso de aguas residuales tratadas y captura de agua superficial en presas y represas. Estas tres fuentes alternas aumentan actualmente la oferta de agua natural en aproximadamente solo 20%. Con relación a esto, se puede adelantar lo siguiente:

- a. El reúso de aguas residuales tratadas no representa una opción viable para un aumento sustancial del agua, debido a su relativamente poco volumen y además la mayoría de este recurso ya está concesionado para el riego.
- b. Debido a sus altos costos, la desalinización de agua salobre o salada no puede sustituir el déficit esperado en el futuro cercano (además de que habría que considerar sus impactos en el medio ambiente, toda vez que para operar usan combustibles fósiles, si bien se puede emplear energía solar).
- c. La captura del agua superficial en obras como presas, represas o estanques de infiltración representa la opción más viable por su costo y eficiencia para La Paz.
- d. Para La Paz existe además un gran potencial de ahorro de agua reduciendo las pérdidas por fugas en el sistema de agua potable y un consumo más eficaz.

Es importante limitar por medios legales el uso humano del suelo, el agua y la vegetación, y de los recursos animales presentes en las zonas de coincidencia de alta diversidad con alta susceptibilidad al cambio climático, situadas al sur de la Ensenada de La Paz, de la Bahía de La Ventana, y en la Sierra del Novillo (al sureste de La Paz).

Promover acciones y campañas para minimizar la pérdida de cobertura vegetal en la región, a partir del trabajo conjunto de los diversos niveles de gobierno, las organizaciones civiles, los medios de comunicación y las escuelas. La desaparición de la vegetación leñosa y de los matorrales modifica no solo la composición de las comunidades de animales residentes, sino los ciclos biogeoquímicos locales, alterando por ejemplo la retención de agua en el piso, y el reciclamiento de los nutrientes esenciales para el funcionamiento de los ecosistemas.

---

<sup>5</sup> En esta sección se sintetizan las principales acciones de adaptación. Las propuestas más específicas y detalladas tanto de adaptación como de mitigación se pueden consultar en el Anexo XIII (p. 345) del informe final del PACCLAP que contiene los Ejes Estratégicos de Acción Climática, los cuales se diseñaron con base en los estudios realizados para este Plan (disponible en: <http://www.lapaz.gob.mx/images/stories/cambioclima.zip>).

Habrá que promover la adaptabilidad para los cultivos agrícolas, buscando reconversión hacia aquellos que sean más resistentes a los cambios bruscos de temperatura, tengan un periodo de vida corto, demanden en menor volumen de agua y sean más rentables.

En el sector pesca es pertinente iniciar programas oficiales apoyados por información científica y tecnológica, que permitan diversificar la captura o cambiar las especies objeto de las pesquerías, por medio de la sustitución de algunos de los actuales artes de pesca comercial artesanal. Invertir recursos municipales y de la iniciativa privada para llevar a cabo un seguimiento de los niveles de captura y el esfuerzo realizado en la captura de especies de interés deportivo, es factible que al igual que para el caso de peces arrecifales, los pelágicos eventualmente muestren cambios en su composición. Tal previsión seguramente se verá reflejada en el nivel de atractivo que la actividad deportiva presentará para el turismo.

Es importante planear los futuros desarrollos turísticos tomando en cuenta la elevación media del mar y las posibles zonas de inundación por precipitaciones elevadas en temporada de ciclones. Asimismo, planear la construcción de nuevas instituciones de salud y educación en zonas no amenazadas por la elevación del nivel del mar. El Plan de Desarrollo Urbano (PDU) tiene que tomar en cuenta en el crecimiento de la ciudad la posible deforestación y afectación de las zonas de recarga de los acuíferos.

En general, para el desarrollo económico es importante considerar la posibilidad de desarrollo de algunas ramas industriales adicionales en La Paz, que contribuyan a crear empleos y disminuyan la dependencia excesiva de los sectores terciario (turismo) y primario (pesca y agricultura), que son altamente vulnerables a los impactos del cambio climático. Sin embargo, en su planeación hay que tomar en cuenta dos importantes limitantes: la escasez del recurso hídrico, que se va reforzar con los efectos del cambio climático, y el reducido número de población. Una de las alternativas podría ser la informática.

Los medios locales, las escuelas y las agencias de gobierno deben efectuar campañas de difusión hacia la sociedad respecto de los peligros que el cambio climático traerá para los residentes del municipio. Estas acciones deben estar basadas principalmente en los resultados de la presente investigación y en otra información confiable; la educación ambiental tiene que ser enfocada hacia todos los integrantes de la sociedad sudcaliforniana: comunidades pesqueras y rancheras, escuelas, padres de familia, funcionarios públicos. El conocimiento adecuado de la situación actual y de la que se pronostica, será la única forma como las personas vean como suya la necesidad de adaptarse a las condiciones futuras, para su propio beneficio y el de sus familias.

## Mitigación de emisiones

En el proceso de formulación de recomendaciones para lograr la reducción de las Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (EGEI) de la zona de estudio, se realizó primero un inventario de las mismas para los años 2005 a 2010. Después, para un escenario donde todo sigue igual con excepción del aumento en la población (“business as usual”, BUA), se trazó una proyección a futuro de los niveles que podrían esperarse para las EGEI al año 2030. Esta línea base sirve de referencia para evaluar los efectos que tendrían, en caso de implementarse, las medidas de mitigación propuestas. Los resultados de estas etapas se describen a continuación.

### *Inventario de emisiones y línea base*

En la elaboración del inventario local de gases de efecto invernadero (ILEGEI) se tomó como referencia la metodología del Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC) establecida en sus Directrices (Guidelines) para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, versión revisada de 1996 (IPCC 1997a; IPCC 1997b; IPCC 1997c). En estas Directrices se abarcan seis categorías: Energía, Procesos industriales, Utilización de disolventes y otros productos, Agricultura, Uso del suelo, cambio del uso del suelo y silvicultura (USCUSS) y Desechos.

Para la estimación de las emisiones en la elaboración del ILEGEI se emplearon los datos con la mejor resolución disponible para zona de estudio (estatal, municipal, local). En los casos en que los datos disponibles no correspondían a la zona de estudio, se hicieron estimaciones de indicadores, los cuales fueron a su vez utilizados para ajustar los datos disponibles de manera que se apegaran mejor a la zona de estudio.

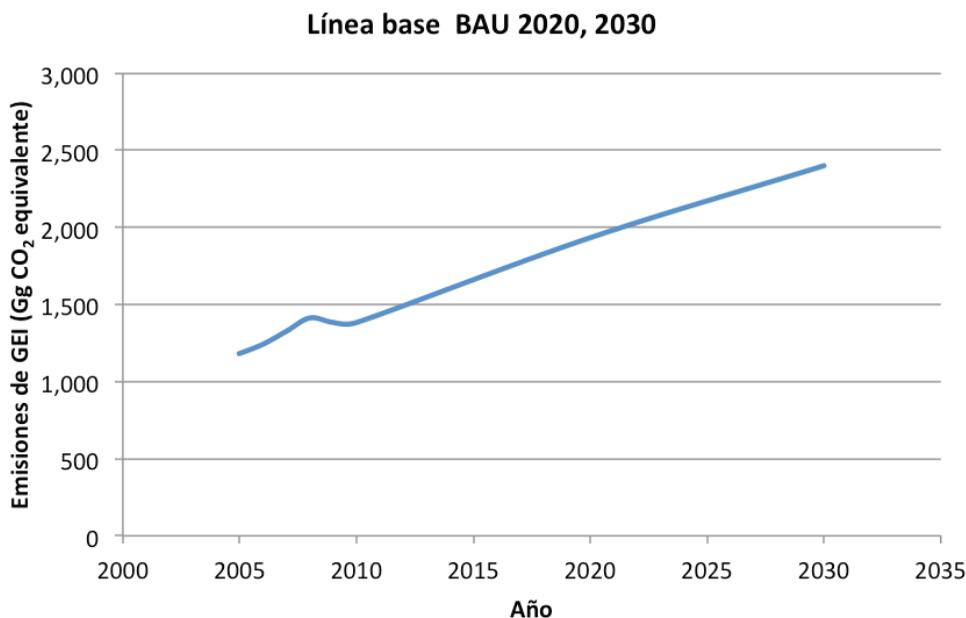
Así, los resultados del inventario se presentan de forma condensada en la Tabla 1. Los valores de las EGEI que se reportan en esta tabla están dados en Gg de CO<sub>2</sub> (dióxido de carbono) equivalente. En esta Tabla, la columna de la extrema derecha muestra la suma total de las EGEI de todas las categorías para cada año. El resto de las columnas muestran las EGEI correspondientes a cada rubro y categoría considerados. Como se esperaba, las emisiones correspondientes a la categoría de Energía dominan el inventario, abarcando más del 90% de las emisiones totales para cada año.

La generación de la línea base de EGEI hasta el año 2030 bajo escenarios BAU se realizó considerando las proyecciones de crecimiento poblacional estatal reportadas por el CONAPO (2012). Esto asume que en un escenario donde se continúa como hasta ahora, la variación de las emisiones GEI en todas las categorías es proporcional solamente a la variación de la población y no considera cambios tecnológicos ni la implementación de ninguna otra medida que pudiera afectar

la relación emisiones-población. Asimismo, se considera que la variación de la población en la zona de estudio es proporcional a la del estado.

Para hacer los estimados a futuro se calcularon las emisiones *per cápita* para los años cubiertos en el ILEG EI (2005 a 2010) y se obtuvo un promedio. Con base en este promedio se estimaron las emisiones de gases de efecto invernadero para la zona de estudio. La Figura 3 muestra la línea base generada para las emisiones totales y en la Tabla 1 se presentan los valores para cada categoría del inventario entre 2005 y 2010 y también las proyecciones de la línea base hasta 2030.

**Figura 3: Emisiones de GEI – Línea base BAU 2020, 2030.**



Fuente: Ivanova *et al.*, 2013.

Como se observa en la Tabla 1, la gran mayoría de las EGEI producidas en La Paz y sus áreas colindantes (LAPAC) provienen tanto del transporte como de la generación de electricidad. Por tanto, es en estas categorías donde se concentran las medidas de mitigación que se presentan en las siguientes secciones. A la par de estas u otras medidas que pudieran proponerse, debe hacerse siempre hincapié en la información y educación de la población en general en cuanto al ahorro y uso eficiente de la energía y en el aprovechamiento de fuentes de energía renovables y limpias.

Tabla 1: ILEGFI incluyendo proyecciones a 2020 y 2030 en un escenario B.

| Emisiones de gases de efecto invernadero en Gg de CO <sub>2</sub> equivalente BAU |                    |                   |                 |           |               |                            |   |               |          |          |          |  |          |          |          |          |                |
|---|--------------------|-------------------|-----------------|-----------|---------------|----------------------------|---|---------------|----------|----------|----------|--|----------|----------|----------|----------|----------------|
| Año   | Población<br>(hab) | Energía           |                 |           |               |                            | Procesos Industriales                   |               |          |          |          | Utilización<br>de<br>disolventes<br>y otros<br>productos | Subtotal | Subtotal | Subtotal | Subtotal | Total<br>anual |
|   |                    | Electrici-<br>dad | Trans-<br>porte | Gas<br>LP | Sub-<br>total | Pavimentación<br>asfáltica | Emisiones<br>fugitivas<br>refrigerantes | Sub-<br>total | Subtotal | Subtotal | Subtotal |  |          |          |          |          |                |
| 2005  | 196,685            | 381               | 633             | 57        | 1,071         | 1                          | 2                                       | 3             | 0        | 21       | 10       | 77   | 1,182    |          |          |          |                |
| 2006  | 202,244            | 435               | 637             | 59        | 1,131         | 1                          | 2                                       | 3             | 0        | 22       | 10       | 77   | 1,243    |          |          |          |                |
| 2007  | 207,803            | 390               | 757             | 61        | 1,208         | 1                          | 2                                       | 3             | 0        | 22       | 10       | 84   | 1,327    |          |          |          |                |
| 2008  | 213,362            | 469               | 763             | 60        | 1,292         | 3                          | 2                                       | 6             | 0        | 22       | 10       | 82   | 1,413    |          |          |          |                |
| 2009  | 218,921            | 504               | 711             | 53        | 1,268         | 2                          | 2                                       | 5             | 0        | 23       | 10       | 78   | 1,384    |          |          |          |                |
| 2010  | 224,480            | 497               | 722             | 52        | 1,271         | 2                          | 3                                       | 5             | 0        | 23       | 10       | 74   | 1,383    |          |          |          |                |
| 2020  | 308,172            | 651               | 1,030           | 83        | 1,765         | 3                          | 3                                       | 6             | 0        | 32       | 15       | 115  | 1,933    |          |          |          |                |
| 2030  | 382,595            | 808               | 1,279           | 104       | 2,191         | 3                          | 4                                       | 7             | 0        | 40       | 19       | 143  | 2,400    |          |          |          |                |

Fuente: Ivanova *et al.*, 2013.

*Transporte: situación actual en Baja California Sur*

Al final de 2010, la infraestructura de transporte en el municipio de La Paz contaba con 1 704 km de carreteras (federales, estatales, caminos rurales y brechas), de los cuales 1 019 km están pavimentados o revestidos. En infraestructura portuaria, el municipio cuenta con tres muelles (Pichilingue, La Paz y San Juan de la Costa). Además, la ciudad posee uno de los tres aeropuertos internacionales existentes en el estado (Aeropuerto Internacional General Manuel Márquez de León).

En cuanto al parque vehicular, Baja California Sur es el estado con mayor número de vehículos de motor por habitante en México. Este número ha ido en rápido aumento desde el año 2000 y para 2008, ascendía a 78 vehículos de motor registrados en circulación por cada 100 habitantes (INEGI, 2011). El valor para BCS se encuentra muy por encima del valor del segundo lugar nacional para ese mismo año (2008), el cual corresponde a Baja California con 47 vehículos de motor registrados en circulación por cada 100 habitantes. A su vez, estos valores son considerablemente mayores que el promedio nacional para el mismo año, el cual el Banco Mundial reporta en 265 por 1 000 habitantes, es decir, 26.5 por 100 habitantes (World Bank, 2013). No es sorprendente entonces de que entre los años 2005 a 2010 alrededor de tres cuartas partes del consumo de combustibles para transporte en el estado correspondan a gasolina y diésel, lo cual se refleja también en las EGEI estatales y locales de transporte, las cuales son dominadas por estos dos combustibles.

Además del gran número de vehículos por habitante en el estado y la zona de estudio, el parque vehicular está formado principalmente por vehículos viejos. El análisis de las características del parque vehicular que tiene registrado la Dirección General de Seguridad Pública, Policía Preventiva y Tránsito Municipal de La Paz muestra que más del 80% de los vehículos son de más de 10 años de antigüedad (aunque no se tiene certeza de cuántos de ellos están en circulación). Indudablemente, esto tiene un efecto en detrimento de la eficiencia de uso de combustible del parque vehicular local y por tanto en las EGEI correspondientes. El análisis del parque vehicular registrado también arrojó que la mayoría de los vehículos registrados en el padrón provienen de los Estados Unidos, aproximadamente el 75%. Esto se debe a la facilidad que existe para adquirir vehículos provenientes de ese país.

*Mitigación de emisiones en el transporte*

Un programa de reemplazo de vehículos a partir de 2015 para obtener mejoras a la eficiencia de uso de combustible (1.2% anual) similares a las encontradas en otros países (ver datos de pruebas

de uso de combustible en vehículos de uso ligero en IEA, 2009), tendría un importante efecto en las EGEI derivadas del transporte terrestre (el consumo de gasolina y diésel representó el 79% de las EGEI de transporte en 2010). Este programa deberá considerar no solo el cambio de unidades de combustión interna viejas por nuevas, sino también incentivar el reemplazo con vehículos híbridos y eléctricos, especialmente con el enorme potencial local de generación de electricidad renovable. A 2030, con tal programa podrían reducirse las emisiones del transporte terrestre en 20%.

Sin embargo, en esta propuesta es importante no pasar por alto las enormes facilidades que existen para adquirir vehículos provenientes de los Estados Unidos sin una revisión mecánica exhaustiva que garantice el buen funcionamiento mecánico de las unidades que entran al país. Por lo tanto esta acción debe ser analizada minuciosamente, ya que de llevarse a cabo una propuesta de sustitución del parque vehicular bajo los mismos principios de adquisición actual es probable que no obtenga los resultados esperados. Sería entonces necesario enlazar la renovación del parque vehicular con metas y controles de eficiencia de combustible y de condición de funcionamiento de los vehículos de reemplazo.<sup>6</sup>

Adicionalmente, la cultura local juega también un papel muy importante en el uso de vehículos de motor para el transporte, sobre todo en lo que respecta al uso de automóviles privados y al (bajo) uso del transporte colectivo. En este rubro, la educación ambiental y el trabajo directo con la gente puede contribuir a cambiar los paradigmas locales de transporte y a su vez traducirse en reducciones en las EGEI correspondientes.

Asimismo, la aparición de nuevas zonas residenciales ubicadas a lo largo de las vías de acceso a la ciudad (crecimiento lineal) incrementa las distancias de transporte, lo cual a su vez incrementa las emisiones asociadas y alienta el uso de vehículos privados en el transporte. Un modelo distinto de crecimiento podría contribuir también a reducir las EGEI del transporte.

Finalmente, una opción más para reducir las EGEI en LAPAC (y con otros beneficios importantes en salud y calidad de vida en general) es el uso de medios de transporte no motorizados (transporte ciclista y peatonal). Sin embargo, para que esto pueda tener un número de usuarios tal que se obtenga una contribución significativa a la reducción de EGEI, es necesario contar con espacios designados para ello con las condiciones adecuadas tales como carriles ciclistas claramen-

---

<sup>6</sup> Es probable que esto requiera impulsar una reforma a la Ley Tránsito Terrestre del Estado y sus Municipios, para implementar una revisión electromecánica, de niveles de EGEI y de estado de aptitud, para circular, estricta a los vehículos de importación para complementar los criterios ya establecidos en esta misma ley en su artículo 22, que también implemente la obligatoriedad del uso de catalizadores. Además, adicionar un artículo 22-BIS estableciendo que en la revisión electromecánica anual, en caso de que el automóvil no se encuentre en condiciones de circular, deberán de retirarse de circulación y depositarlos obligatoriamente en un destino final que pueda ser un centro reciclador bajo la supervisión de la autoridad municipal, debiéndose considerar asimismo medidas de aprovechamiento de llantas, acumuladores y enfriadores o radiadores, cuyo manejo debe explicitarse en la propia legislación.

te delimitados y con señalización,<sup>7</sup> vías arboladas (sombreadas)<sup>8</sup> y andadores peatonales amplios, entre otras. Esto indudablemente debe ir acompañado por la reglamentación correspondiente en cuanto a su uso, pero también a la dotación de más espacios de este tipo en el futuro (incorporación en planes, leyes y reglamentos), así como de programas de mantenimiento establecidos. Se deben implementar también mecanismos que garanticen el respeto a estos espacios por parte de toda la sociedad<sup>9</sup> y su persistencia (y expansión) en el mediano y largo plazo. Desafortunadamente, en la actualidad no existe en el municipio de La Paz un reglamento para el uso de ciclovías.

### *Electricidad: situación actual*

La generación de electricidad en LAPAC ocupó el segundo lugar en EGEI con un promedio entre 2005-2010 de 0.89 kg CO<sub>2</sub> equivalente por kWh de electricidad consumida. Este factor se encuentra muy por arriba del promedio nacional para 2010 que fue de 0.58 kg CO<sub>2</sub> equivalente por kWh (SEMARNAT e INECC, 2012: 271). Esto se debe principalmente a que la generación local se lleva a cabo quemando diésel y combustóleo, los cuales emiten mayores cantidades de GEI que otros combustibles utilizados a nivel nacional como el gas natural usado en centrales de ciclo combinado. Además, a nivel nacional se genera también una parte importante de la electricidad por medio de tecnologías que no quemar combustibles fósiles tales como la hidroeléctrica, la geotermoeléctrica y la nuclear.

Entre las opciones para mitigar las EGEI derivadas de la generación de electricidad en LAPAC se pueden encontrar tres categorías:

- Mejorar la eficiencia de las tecnologías actualmente en uso para lograr una menor intensidad de carbono de la electricidad generada.
- Introducir otras tecnologías y formas de generación con combustibles fósiles que tengan menores intensidades de carbono que las que se encuentran en uso actualmente.
- Introducir tecnologías y formas de generación de electricidad con fuentes de energía que no emitan GEI durante su operación tales como las renovables.

---

<sup>7</sup> Actualmente existen en La Paz tres ciclovías a lo largo de tres de las principales vialidades de la ciudad: una a lo largo del Bulevar Forjadores de Sudcalifornia, otra a lo largo del Bulevar Agustín Olachea Avilés (Las Garzas) y, la más reciente, a lo largo del malecón costero. Las primeras dos se encuentran en un estado de desatención total, invadidas por comerciantes e infraestructura del transporte público.

<sup>8</sup> Dada la importancia de los árboles como sumideros de carbono y las condiciones climatológicas locales, sería conveniente realizar un estudio enfocado a las especies regionales de árboles que tengan una mayor captación de CO<sub>2</sub> y que además necesiten poca agua. Este estudio daría pie para reforzar o reformar el artículo 27 del actual Reglamento para Parques y Jardines del Municipio de La Paz, B.C.S., el cual establece las especies consideradas adecuadas para plantar en los diferentes espacios de acuerdo a sus dimensiones. Este estudio daría mayor impacto a parques y áreas verdes como sumideros de carbono.

<sup>9</sup> En este espacio debe resaltarse la importancia del trabajo de grupos ciudadanos como BCSicletos, Una Casa Para Todos, Ellas en Bici o Ciclovía Pacea que están llevando a cabo actividades relevantes como diagnósticos del estado de las ciclovías actuales, propuestas de redes de transporte no motorizado, fomento al ciclismo urbano, respecto al ciclista y al peatón, entre otras actividades.

Respecto de la primera categoría, el promedio de la eficiencia de las centrales de generación de Comisión Federal de Electricidad (CFE) en BCS se estima que para 2010 fue de alrededor de 38%.<sup>10</sup> Por el tipo de tecnología empleada, no sería posible hacer mejoras sustanciales a este nivel de eficiencia.

Respecto de la segunda categoría, el uso de turbinas de gas en ciclo combinado podría incrementar significativamente la eficiencia de la generación. Este tipo de centrales tienen eficiencias de alrededor de 55% lo cual contribuiría de forma importante a reducir las EGEI asociadas a la generación. Actualmente, el Programa de Obras e Inversiones del Sector Eléctrico 2012-2026 (POISE) contempla iniciar la generación con gas natural en BCS a mediano plazo en plantas convencionales así como la incorporación de centrales de ciclo combinado. El POISE también contempla la interconexión de las redes estatales al Sistema Interconectado Nacional (CFE, 2012b). Sin embargo, estas opciones representan grandes inversiones cuyos resultados en materia de reducción de EGEI se verían en el mediano y largo plazo.

Desde el punto de vista de mitigación de EGEI desde el corto plazo, una opción con alto potencial para lograr reducciones significativas es mediante la incorporación de generación a partir de fuentes de energía limpia y renovable al parque municipal, y estatal en general. En el caso de LAPAC, la energía solar, es la que cuenta con mayor potencial.<sup>11</sup>

### *Sistemas solares interconectados a la red*

Además de las aplicaciones solares rurales independientes, con la expedición del primer contrato de interconexión en 2001 (y sus subsecuentes modificaciones) y de la Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética (LAERFTE) en 2008 es ahora también posible interconectar a la red sistemas de energías renovables para generación de electricidad, incluida la energía solar fotovoltaica. El aprovechamiento de la electricidad solar fotovoltaica dentro de las redes de la CFE, donde se encuentra el grueso del consumo eléctrico, puede incrementarse en el futuro inmediato a través de la instalación de sistemas fotovoltaicos distribuidos de pequeña y mediana escala así como en sistemas centralizados en plantas de algunos megawatts (MW) de capacidad.

Estos esquemas de generación de electricidad son los que se han incluido como recomendación de importancia para disminuir las emisiones de GEI.

---

<sup>10</sup> Con base en la cantidad de combustibles utilizados en el estado (20 537 TJ) y la cantidad de electricidad generada (2 147 GWh).

<sup>11</sup> En los límites del área de estudio se ha identificado una zona con potencial de aprovechamiento de energía eólica pero no se han llevado a cabo las mediciones necesarias para determinar la calidad del recurso. Asimismo, aunque existe la posibilidad de aprovechar el biogás de los desechos urbanos (residuos sólidos y aguas residuales) para generación de electricidad, cálculos preliminares indican que el potencial es muy pequeño y por tanto los esfuerzos de mitigación son más eficientes al dirigirlos en otras direcciones.

### *Sistemas solares interconectados a red en pequeña y mediana escala*

Para evaluar el potencial de mitigación de estos sistemas se ha propuesto un escenario donde se implementen programas que estimulen la instalación de este tipo de sistemas de manera que al año 2030 cubran el 20% del consumo eléctrico de LAPAC. Se parte de los datos reportados por CFE (CFE 2012a; CFE 2013) para la estimación de la capacidad instalada en 2011 y 2012. Los cálculos asumen que por cada 1 kW de paneles fotovoltaicos instalados en LAPAC se producirán 1 825 kWh de electricidad al año y que se desplazará esta misma cantidad de generación convencional.<sup>12</sup> Se utilizó también el factor de emisión promedio para LAPAC 2005-2010 de 0.89 kg CO<sub>2</sub> equivalente por kWh de electricidad consumida. La capacidad (potencia) instalada acumulada que se requiere para alcanzar el objetivo del 20% a 2030 es de 100 MW.

### *Sistemas solares interconectados a red para grandes establecimientos comerciales y edificios públicos*

Grandes consumidores tienen también la posibilidad de instalar sistemas de energía renovable e interconectarlos a la red. Estos sistemas pueden ser de hasta 500 kW en media tensión sin necesidad de un permiso de la Comisión Reguladora de Energía (CRE), el cual es necesario para instalaciones mayores. Dentro de estos esquemas, los permisionarios pueden también producir su propia electricidad a partir de fuentes renovables y así desplazar total o parcialmente su consumo de electricidad de la red, reduciendo por tanto también la intensidad de carbono de su consumo energético.

Como ejemplo, la Organización Soriana anunció en un comunicado de prensa el 7 de mayo de 2013 (Soriana, 2013) que implementará su primer Proyecto de Energía Solar Fotovoltaica. Este contempla en su primera etapa la instalación de 500 kW de paneles fotovoltaicos en la cubierta de cada una de tres tiendas ubicadas en La Paz, esperando generar 880 000 kWh al año en cada una, equivalente al 25% del consumo de cada tienda. Con este nivel de generación limpia se podrían dejar de emitir alrededor de 2.3 Gg de CO<sub>2</sub> equivalente al año en LAPAC.

Este podría ser también el caso de edificios públicos como es el caso del Ayuntamiento de La Paz, el cual tiene planeado techar el estacionamiento de las oficinas del Palacio Municipal y utilizar esta infraestructura para montar de paneles fotovoltaicos y así reducir su consumo de electricidad de la red. Una instalación de 1 MW podría traducirse en una reducción en el consumo eléctrico de las oficinas del Palacio Municipal de cerca de unos 1 825 MWh al año y también una

---

<sup>12</sup> Para este cálculo se asumió que la electricidad fotovoltaica generada desplazaría a la electricidad convencional en una proporción de 1:1. Sin embargo, debido a la naturaleza fluctuante de la energía solar, CFE deba tener “respaldada” la generación solar con equipos convencionales para amortiguar posibles fluctuaciones. El operar con este “respaldo” podría reducir la proporción de electricidad convencional que en realidad se desplazaría. Por el contrario, la generación *in situ* para autoconsumo elimina pérdidas por transmisión y distribución, lo cual también afecta incrementa la cantidad de electricidad desplazada.

reducción de cerca de unos 1.6 Gg de CO<sub>2</sub> equivalente al año. Este plan podría también extenderse para el bombeo de aguas negras y agua potable así como alumbrado público.

Si otros grandes establecimientos comerciales y edificios públicos tomaran iniciativas similares podría también lograrse una reducción significativa de la demanda de electricidad convencional de la red. Si algunos de los mayores establecimientos comerciales e instituciones públicas (y de educación superior) en la zona de estudio instalara progresivamente 1 MW de paneles fotovoltaicos para fines de autoconsumo, al año 2030 se tendrían 18 MW adicionales de capacidad de generación limpia (sin incluir lo ya instalado). A este esquema podrían también sumarse muchos otros edificios públicos, escuelas, hospitales y los grandes hoteles localizados en la zona. Desde luego, a 2030 probablemente habrá más establecimientos comerciales y edificios públicos que podrían incorporarse.

#### *Centrales fotovoltaicas – Pequeño productor*

La contraparte de los sistemas distribuidos de los que se ha hablado hasta ahora son los sistemas centralizados. Durante 2012 y el primer trimestre de 2013, la Comisión Reguladora de Energía (CRE) otorgó cuatro permisos para generación de electricidad solar fotovoltaica en el área de La Paz bajo el esquema de Pequeño Productor (CRE 2012a; CRE 2012b; CRE 2013a; CRE 2013b). Todos ellos cuentan con capacidades de entre 25–30 MW. De ellos, el proyecto Aura Solar ha iniciado ya operaciones a finales de 2013.

Considerando la capacidad de generación de energía eléctrica estipulada en cada uno de estos permisos, esta corresponde a un total combinado de 224 GWh al año (cerca de 615 MWh diarios en promedio). Este nivel de generación sería equivalente a un poco más del 10% de la generación de electricidad en BCS en el año 2010 y cerca del 40% de la electricidad consumida en LAPAC en el mismo año. De llevarse a cabo los cuatro proyectos, considerando el parque de generación actual de CFE, esto representaría una reducción de hasta 200 Gg de CO<sub>2</sub> equivalente al año, que representa también una reducción de cerca del 40% de las EGEI por generación de la electricidad consumida en LAPAC tomando como referencia las de 2010.

Si en el futuro se siguen agregando centrales de este tipo (generación anual de cerca de 60 GWh), en proporción similar a la relación guardada entre el consumo eléctrico y el número de centrales autorizadas hasta 2013, para el año 2030 se podrían tener seis centrales de similares dimensiones.

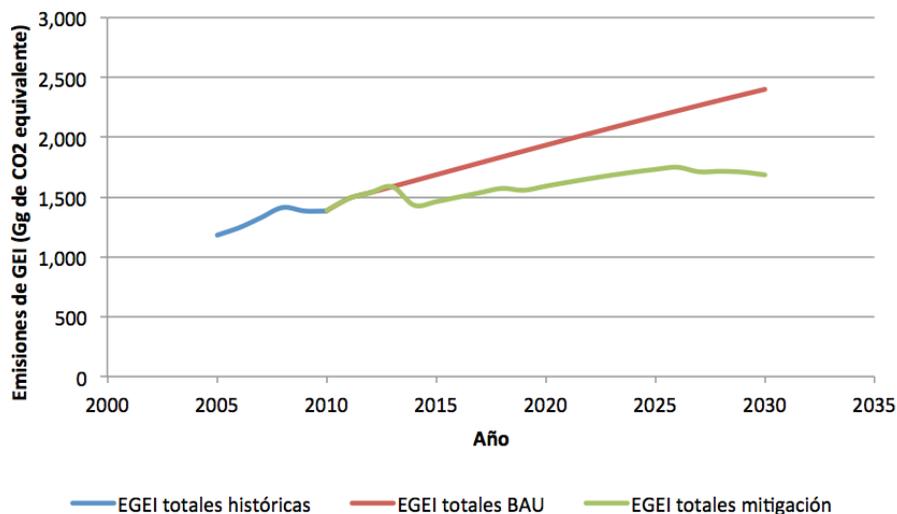
### *Otras medidas en el consumo de electricidad*

Además de los escenarios propuestos anteriormente, no debe dejarse de lado el potencial de mitigación que se encuentra en los usuarios a través de la selección que hacen de aparatos y dispositivos. También son muy importantes los patrones de uso de los mismos, así como el comportamiento del usuario en general. Tanto la selección como los patrones de uso podrían orientarse mediante esquemas de incentivos y penalizaciones así como mediante la sensibilización y educación del usuario y otras medidas de gestión de la demanda.

### *Escenario de mitigación combinado: transporte y electricidad*

Al conjuntar las medidas de mitigación presentadas tanto en la sección de transporte como en la de generación de electricidad se obtiene la curva de mitigación presentada en la Figura 4: EGEI totales BAU y con escenarios de mitigación combinados. Esta combinación representa una reducción total de EGEI de 343 Gg de CO<sub>2</sub> equivalente al año 2020 y de 715 Gg de CO<sub>2</sub> para el año 2030. En relación a las emisiones total del escenario BAU, esto corresponde a reducciones del 18% y del 30% en 2020 y 2030, respectivamente. Sin embargo y a pesar de lo ambicioso de las medidas de mitigación propuestas, el nivel de EGEI a 2030 es superior al de 2010, aunque con una tendencia descendente.

**Figura 4: EGEI totales BAU y con escenarios de mitigación combinados.**



Fuente: Ivanova *et al.*, 2013.

## A manera de conclusión

Por su posición geográfica en zona costera y condiciones de aridez, la ciudad de La Paz, Baja California Sur, es extremadamente vulnerable a los efectos adversos del cambio climático global sobre el aprovechamiento de recursos naturales, así como en su actividad productiva y en la dinámica social y económica. Dentro de los principales impactos potenciales del cambio climático en el estado destacan 1) el calentamiento que amenaza los recursos hídricos y genera perjuicios asociados con las inundaciones costeras, 2) la presencia de ciclones más fuertes, 3) el cambio de cauce de arroyos, 4) la pérdida de vegetación y suelos que lleve a una acelerada desertificación, 5) los impactos adversos sobre la biodiversidad, 6) la afectación negativa en los sectores económicos más importantes (pesca, turismo y agricultura), y 7) el incremento de la vulnerabilidad humana (grupos sociales en desventaja, empleo, vivienda y salud). No obstante lo anterior, La Paz tiene un gran potencial para reforzar sus oportunidades de sustentabilidad, disminuir su vulnerabilidad y elevar el bienestar de la población. Reflejo de esto son los avances en las acciones de conservación, el incremento en la conciencia ciudadana, y la existencia de capital humano especializado, así como la participación de esta capital en la iniciativa ICES del BID.

La confirmación de la primera parte de la hipótesis planteada en este trabajo se puede apreciar en el apartado denominado **Vulnerabilidad y adaptación**, donde se presentan las múltiples vulnerabilidades de La Paz ante el cambio climático (en primer lugar el sector hídrico), y también están especificadas las medidas de adaptación que pueden contribuir a disminuir estas vulnerabilidades. A su vez, la confirmación de la segunda parte de hipótesis se presenta en detalle en el apartado **Mitigación de emisiones**, que concluye que la implementación de las medidas de mitigación propuestas puede reducir la cantidad total de las emisiones de GEI en 18% y 30% para los años 2020 y 2030, respectivamente.

Es muy importante resaltar que tanto las acciones de mitigación como las de adaptación tienen importantes efectos colaterales, relacionados directamente con prioridades del Plan Municipal de Desarrollo (H. XIV Ayuntamiento de La Paz, 2011): establecer políticas eficientes para el manejo del escaso recurso hídrico; perfeccionar el transporte público (rutas y parque vehicular); proteger los grupos vulnerables (tanto por su localización geográfica, como por sus actividades económicas); asegurar un desarrollo continuo en condiciones cambiantes de las principales actividades económicas (pesca y turismo), así como tratar de disminuir la dependencia de estas actividades altamente vulnerables a la variabilidad climática; optimizar la salud humana, animal y vegetal, entre otros.

El Plan de Acción Climática para la ciudad de La Paz, considerando sus ejes estratégicos de acción, es un instrumento valioso de política pública para apoyar a los tomadores de decisión a

nivel municipal, tanto en la planeación de las acciones de mitigación de gases con efecto invernadero y la adaptación a los impactos del cambio climático, como en las políticas más amplias para el desarrollo sustentable y la elevación del bienestar de la sociedad paceña.

## Referencias

- Banco Interamericano de Desarrollo (BID) (2011). “Iniciativa Ciudades Emergentes y Sostenibles (ICES)”. Disponible en <http://www.iadb.org/es/temas/ciudades-emergentes-y-sostenibles/dando-respuesta-a-los-desafios-de-desarrollo-urbano-de-las-ciudades-emergentes,6690.html> (Último acceso 15 de julio de 2014).
- Comisión Federal de Electricidad (CFE) (2013). “Comportamiento de los contratos de interconexión en pequeña y mediana escala”. Disponible en: <http://www.cre.gob.mx/documento/2109.pdf> (Último acceso 11 de marzo de 2013).
- Comisión Federal de Electricidad (CFE) (2012a). “Comportamiento de los contratos de interconexión en pequeña y mediana escala”. Disponible en: <http://www.cre.gob.mx/documento/2109.pdf> (Último acceso 7 de febrero de 2012).
- Comisión Federal de Electricidad (CFE) (2012b). “Programa de Obras e Inversiones del Sector Eléctrico 2012-2026”. Disponible en: [http://www.cfe.gob.mx/ConoceCFE/1\\_AcercadeCFE/Paginas/Publicaciones.aspx](http://www.cfe.gob.mx/ConoceCFE/1_AcercadeCFE/Paginas/Publicaciones.aspx) (Último acceso 22 de abril de 2013).
- Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) (2012). “Consulta estadística del agua”. Disponible en: <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Contenido/Documentos/> (Último acceso 15 de junio de 2012).
- Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) (2011). “Determinación de la disponibilidad de agua subterránea por acuífero en BCS”. Disponible en: <http://www.conagua.gob.mx/disponibilidad.aspx?id=Disponibilidad%20por%20acu%C3%ADfer> (Último acceso 20 de marzo de 2011).
- Comisión Reguladora de Energía (CRE) (2012a). “Título de permiso de pequeña producción de energía eléctrica núm. E-938-PP-2012”. Disponible en: [www.cre.gob.mx](http://www.cre.gob.mx) (Último acceso 10 de febrero de 2013).
- Comisión Reguladora de Energía (CRE) (2012b). “Título de permiso de pequeña producción de energía eléctrica núm. E-950-PP-2012”. Disponible en: [www.cre.gob.mx](http://www.cre.gob.mx) (Último acceso 6 de diciembre de 2012).
- Comisión Reguladora de Energía (CRE) (2013a). “Título de permiso de pequeña producción de energía eléctrica núm. E-978-PP-2013”. Disponible en: [www.cre.gob.mx](http://www.cre.gob.mx) (Último acceso 12 de marzo de 2013).
- Comisión Reguladora de Energía (CRE) (2013b). “Título de permiso de pequeña producción de energía eléctrica núm. E-989-PP-2013”. Disponible en: [www.cre.gob.mx](http://www.cre.gob.mx) (Último acceso 22 de abril de 2013).
- Consejo Nacional de Población (CONAPO) (2012). “Proyecciones de la población de las entidades federativas 2010-2030”. Disponible en: [http://www.conapo.gob.mx/es/CONAPO/De\\_las\\_Entidades\\_Federativas\\_2010-2050](http://www.conapo.gob.mx/es/CONAPO/De_las_Entidades_Federativas_2010-2050) (Último acceso 13 de enero de 2013).
- H. XIV Ayuntamiento de La Paz (2011). “Diagnóstico socioeconómico del Municipio de La Paz, Baja California Sur”, en *Plan Municipal de Desarrollo 2011-2015*.

- International Energy Agency (IEA) (2009). "Transport, energy and CO<sub>2</sub> - Moving toward sustainability", Paris: IEA. Disponible en: [www.iea.org](http://www.iea.org) (Último acceso 24 de abril de 2013).
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) (2011). "Vehículos de motor registrados en circulación por cada 100 habitantes". Disponible en: <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/biinegi/default.aspx> (Último acceso 13 de enero de 2013).
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) (2010). "Anuario Estadístico, Baja California Sur, México". Disponible en: <http://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/bcs/economia/infraestructura.aspx?tema=me&e=03> (Último acceso 13 de enero de 2013).
- Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC) (2013). "Actualización de escenarios de cambio climático para México, como parte de los productos de la 5a. Comunicación Nacional". Disponible en: <http://escenarios.inecc.gob.mx/index2.html> (Último acceso junio 2013).
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2013). "Cambio Climático 2013. Bases Físicas. Resumen para responsables de políticas. Contribución del Grupo de Trabajo I al Quinto Informe de Evaluación del Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático". Disponible en: [www.Climatechange2013.org](http://www.Climatechange2013.org) (Último acceso 15 de julio de 2014).
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (1997a). "Revised 1996 guidelines for national greenhouse gas inventories-Reference manual (volume 1)". Disponible en: [www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gl/invs4.html](http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gl/invs4.html) (Último acceso 20 de noviembre de 2012).
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (1997b). "Revised 1996 guidelines for national greenhouse gas inventories - Reporting instructions (volume 2)". Disponible en: [www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gl/invs1.html](http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gl/invs1.html) (Último acceso 20 de noviembre de 2012).
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (1997c). "Revised 1996 guidelines for national greenhouse gas inventories-Workbook (volume 3)". Disponible en: [www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gl/invs4.html](http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gl/invs4.html) (Último acceso 20 de noviembre de 2012).
- Ivanova, Antonina y Alba Gámez (eds.) 2012. *Plan Estatal de Acción ante el Cambio Climático para Baja California Sur*. La Paz, México.
- Ivanova, Antonina, Alfredo Bermúdez, Adolfo de la Peña, Dennis de la Toba, Ernesto Encarnación, Andrea Geiger, Ivonne Gómez, J. Carlos Graciano, Eduardo Juárez, René Kachok, Carolina López, María Martínez, Violeta Martínez, Gabriela Moreno, David Petatán, Gerzaín Polanco, Ekaterine Ramírez, Ernesto Rangel, Héctor Reyes, Joaquín Rivera, Jobst Wurl (2013). *Plan de Acción ante el Cambio Climático para La Paz y sus Áreas Colindantes*. La Paz, México. Disponible en: <http://www.lapaz.gob.mx/images/stories/cambioclima.zip> (Último acceso 21 de mayo de 2014).
- Kiy, Richard y Anne McEnany (2010). "Tendencias sobre la jubilación de estadounidenses en las comunidades costeras de México, datos demográficos y prioridades en los estilos de vida", en *International Community Foundation, serie de trabajos de investigación sobre la jubilación de estadounidenses en México*, marzo.
- Ley General de Cambio Climático (LGCC)* (2012) Disponible en: <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGCC.pdf> (Último acceso 16 de julio de 2014).
- Moreno Gómez, Gabriela (2012). "Análisis del impacto del crecimiento de la mancha urbana en el ambiente biofísico del área conurbada de la ciudad de la paz, B.C.S., México", Universidad Autónoma de Baja California Sur, Tesina de Posgrado en Ciencias Sociales: Desarrollo Sustentable y Globalización.

- Organismo Operador Municipal del Sistema de Agua Potable y Alcantarillado de La Paz (OOMSAPA) (2012). “Información del sistema de agua potable. Disponible en: <http://www.lapaz.gob.mx/sapa/Enlaces/ConsyServ.htm>.
- Páez Rosas, Elisa Isabel (2007). “El espacio físico municipal”, en *Caracterización socioeconómica y demográfica del municipio de La Paz durante la última década del siglo XX y principios del siglo XXI: Un enfoque histórico*. Universidad Autónoma de Baja California Sur, Memoria de Servicio Social, pp. 39-54.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, (SAGARPA) (2012). *Datos Básicos de Baja California Sur*, Subdelegación de Pesca.
- Secretaría de Turismo (SECTUR) (2013). *Directorio elaborado por el sistema de Información Turística Estatal* (SITE).
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) e Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC) (2012). *México-Quinta Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*. Morelos, México: SEMARNAT.
- Soriana (2013). “Comunicado de prensa CP 10-2013: Soriana genera energía con paneles solares”. Disponible en: [http://publicidad.soriana.com/publicidad/resources/InfoInst/Sala\\_Prensa/2013/2013\\_05\\_07\\_Soriana\\_Genera\\_Energia\\_con\\_Paneles\\_Solares\\_10.pdf](http://publicidad.soriana.com/publicidad/resources/InfoInst/Sala_Prensa/2013/2013_05_07_Soriana_Genera_Energia_con_Paneles_Solares_10.pdf) (Último acceso 11 de mayo de, 2013).
- Troyo-Diéguez, E., A. Cruz-Falcón, A. Avilés-Polanco, L.F. Beltrán-Morales, J. Vega-Mayagoitia, A. Nieto-Garibay, B. Murillo-Amador, M. Álvaro-González, H. Fraga-Palomino, J. Wurl, S. Zamora-Salgado, F.A. Beltrán-Morales, F. Ruiz-Espinoza, S. Troyo-Diéguez, E. Nava-Sánchez Carrillo y F. Frías-Villagón, (2010). *Plan de Manejo Integrado de las Aguas Subterráneas en el Acuífero La Paz, Baja California Sur* TOMO I. La Paz, BCS: Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C.
- United Nations Environment Programme (UNEP) (2011). “IEA Training Manual, Climate Change Vulnerability and Impact Assessment in Cities”. Disponible en: <http://www.unep.org/ieacp/files/pdf/Climate/IEA-Climate-Change-VIA-City.pdf> (Último acceso 15 de enero de 2012).
- United Nations Environment Programme (UNEP) (2009). *Training Manual on Vulnerability and Adaptation to Climate Change for Geo Cities*.
- United Nations Environment Programme (UNEP) (2008). *Metodología para la elaboración de los informes GEO Cities*. Manual de aplicación. Versión 3.
- UN-Habitat, 2010. *Planning for Climate Change: A Resource Guide for Urban Planners* (draft).
- World Bank (2013), “Motor vehicles (per 1,000 people)”. Disponible en: [data.worldbank.org/indicator/IS.VEH.NVEH.P3/countries?display=default](http://data.worldbank.org/indicator/IS.VEH.NVEH.P3/countries?display=default) (Último acceso 13 de enero de 2013).
- Wurl, Jobst y Genaro Martínez Gutiérrez, (2006). “El efecto de ciclones tropicales sobre el clima en la cuenca de Santiago, Baja California Sur, México”. III Simposio Internacional en Ingeniería y Ciencias para la Sustentabilidad Ambiental y Semana del Ambiente, 5-6 de junio, México, DF.

Recibido: 23 de abril de 2014

Aceptado: 10 de julio de 2014