

## Estrategias sustentables para Cd. Loreto BCS; humedales artificiales y propuesta vegetal para resiliencia y desarrollo local

### Sustainable strategies for Cd. Loreto BCS; artificial wetlands and plant proposal for resilience and local development

Rosalía Ivonne Cruz Cervantes

Salvador Adame Martínez

Correspondencia: arq\_rcruz@live.com.mx

Doctorante en Ciencias Ambientales.  
Universidad Autónoma del Estado de México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7527-4036>

Correspondencia: adame\_ms@yahoo.com

Profesor-Investigador de Tiempo Completo. Universidad Autónoma del Estado de México

**Fecha de recepción:**  
05-agosto-2020

**Fecha de aceptación:**  
15-abril-2021

#### Resumen

En el presente artículo de investigación se hace una propuesta de humedales artificiales en Ciudad Loreto BCS, la cual es vulnerable a riesgos hidrometeorológicos derivados de la variabilidad climática actual; principalmente a sequías y temperaturas máximas extremas, los cuales fueron identificados por el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC). Acorde al paradigma del desarrollo sustentable y la sustentabilidad urbana se han desarrollado dos propuestas específicas para el abordaje de la problemática actual y futura. Un análisis socio-territorial previo permitió identificar las estrategias más factibles y adecuadas para el sitio. Una de ellas son los humedales artificiales como tratamiento del agua residual (para abordaje de las sequías) y la otra, la incorporación de una infraestructura vegetal en la ciudad (intervención en temperaturas altas en el sitio). Los anteriores con el fin de mitigar los efectos del cambio climático y contribuir a la resiliencia y mejora del estado hídrico-ambiental.

**Palabras clave:** cambio climático, resiliencia, humedales artificiales, desarrollo sustentable.

#### Abstract

In the present article work a proposal of artificial wetlands is made in Ciudad Loreto B.C.S., which, is vulnerable to hydrometeorological risks derived from current climate variability; mainly to droughts and extreme maximum temperatures, which were identified by the National Institute of Ecology and Climate Change (INECC). In accordance with the paradigm of sustainable development and urban sustainability, two specific proposals have been developed to address the current and future problems. A previous socio-territorial analysis allowed to identify the most feasible and appropriate strategies for the site. One of them is artificial wetlands as a treatment for wastewater (to address droughts) and the other, the incorporation of a plant infrastructure in the city (intervention in high temperatures at the site). The former in order to mitigate the effects of climate change and contribute to the resilience and improvement of the water-environmental state.

**Key words:** climatic change, resilience, artificial wetlands, sustainable development.

## **Introducción**

El cambio climático global es uno de los mayores riesgos ambientales que enfrentan las ciudades y las poblaciones. Diversas actividades económicas se verán afectadas por la variabilidad climática, además se prevén problemas de abastecimiento de agua, cambios en la flora y fauna, aumento en la morbilidad y mortalidad, fenómenos hidrometeorológicos más intensos y extremos, el aumento del nivel medio del mar, entre otros impactos negativos. En México existen condiciones de alta vulnerabilidad ante el cambio climático debido a sus características geográficas. Destaca la variabilidad de afectación mayormente marcada en dos zonas, la norte y la sur; de las cuales la primera resulta mayormente afectada por sus condiciones de clima seco extremo.

Por su parte, el agua, figura como el recurso básico para la preservación de la vida en la tierra, además de para toda actividad económica. El agua y su ciclo hidrológico representa uno de los factores en que mayor intervención tienen en los efectos del cambio climático, de esta deriva la acentuación de las sequías por el cambio en el ciclo del agua y a la vez una disminución de la precipitación que abate los mantos acuíferos al presentarse una disminución de su recarga; entre otros factores. Dos acciones son fundamentales para responder ante los efectos del cambio climático: la adaptación y la mitigación, las cuales dependen directamente de la vulnerabilidad del territorio y la capacidad de respuesta de la sociedad. La adaptación radica en la capacidad de las personas y los asentamientos de ajustarse a las nuevas condiciones del lugar que habitan y los cambios que estas sufren.

La mitigación es la acción que de forma continua se realiza con el fin de disminuir los diversos impactos y con ello mitigar los efectos del cambio climático o las afectaciones al medio natural y por ende al medio artificial. De ahí la importancia de establecer inicialmente un índice de vulnerabilidad de cada lugar, ya que de ello dependen las estrategias a considerar y en qué prioridad. Desde un enfoque territorial, para que un asentamiento humano se desarrolle y prospere se requiere de recursos como los naturales, humanos, industria, tecnología, comercio, entre otros. Por lo tanto, la intervención de alguna estrategia específica para mitigar los efectos negativos del cambio climático en alguna ciudad o población debería estar relacionada con, al menos, las tres dimensiones de la sustentabilidad: social, económica y ambiental. Además de lo anterior estas estrategias deberán responder como una medida de adaptación y a la vez de mitigación en el sitio para direccionarlo hacia la resiliencia.

Finalmente, con relación al agua y al cambio climático, se han hecho diferentes planteamientos; por ejemplo, la ONU Agua (2019) ha planteado primordialmente la intervención en la mitigación del cambio climático a partir de estrategias basadas en la naturaleza considerando las tecnologías utilizadas para el suministro de agua potable, el tratamiento de aguas residuales y pluviales, el bombeo de agua con fines agrícolas y de cualquier otro tipo que reduzca la emisión de GEI o daño ambiental.

### **1. El desarrollo local, la resiliencia y la sustentabilidad**

Puntualmente, Juárez (2013) explica que el desarrollo local parte de la hipótesis de que todo territorio tiene un conjunto de recursos ambientales, materiales, económicos, políticos y sociales que lo valorizan. Ese es el potencial de cada territorio que el desarrollo local busca ampliar y utilizar. Juárez considera que a este nivel (local) un proceso de desarrollo siempre supone que los diversos sectores sociales ya sea que involucren la cultura, la economía o a la población en sí, participen y sigan acciones y actividades dirigidas a mejorar la infraestructura, la mejora del hábitat y el bien común en el que se encuentran. El desarrollo local es un camino y a la vez un fin en el que se busca el bien común de todos los integrantes de un territorio y de este mismo. Afirma Soularly (2013) que hay cuatro dimensiones que integran en el desarrollo local, las cuales son la económica, la social, la ambiental y la política. Al hacer un análisis conceptual se identificó que comparte con la sustentabilidad y la resiliencia similitud entre sus dimensiones, las cuales abordan puntalmente los aspectos del medio ambiente, los recursos económicos y materiales y lo referente a la población.

En concordancia con este desarrollo local, la sustentabilidad es un concepto que ha sido un paradigma derivado de la ideología del desarrollo sostenible planteada en 1987 por la ONU; la cual promueve el cuidado del bien común llamado planeta tierra y todos los recursos que del tomamos, con el fin de contar con recursos futuros. Se considera que las dimensiones de la sustentabilidad son tres, la económica, la social y la ambiental, del cuidado y la interrelación de estas depende el éxito de este planteamiento. Actualmente uno de los objetivos en las ciudades es contar con asentamientos más resilientes; que sean capaces de responder, sobrellevar e incluso salir fortalecidos ante circunstancias desfavorables como lo son los efectos ante el cambio climático y los fenómenos hidrometeorológicos extremos que puedan presentarse.

La resiliencia es definida para el urbanismo como la capacidad de sobreponerse a situaciones adversas o de desastre, en este caso la capacidad urbana radica principalmente en la población que habita el asentamiento y la preparación previa que esta tenga; la resiliencia es una cualidad del desarrollo urbano sostenible. El conocer que tan expuesta esta un área específica a cierto fenómeno hidrometeorológico permite a la población aumentar su capacidad de adaptación y respuesta; con lo cual a su vez mejoraría su resiliencia. Para que un asentamiento humano sea resiliente se requiere de la comprensión de los riesgos y efectos inmediatos de un choque en una zona determinada, pero también las consecuencias en cascada que pueden tener un impacto significativo y duradero en las comunidades, sistemas financieros y las fronteras geográficas (ONU Habitat, 2015).

El planteamiento de políticas públicas ocupa un papel importante para lograr en cualquier sistema urbano la habilidad de estar preparados y recuperarse rápidamente ante el impacto de cualquier crisis y mantener la continuidad de sus servicios, el bienestar social y del entorno ecosistémico considerando la planificación para una posible reconstrucción. En lo general el INECC (2019) menciona un panorama para el país en relación a 6 principales impactos proyectados del cambio climático en México. Estos son (de un nivel bajo a alto de impacto) el aumento del nivel del mar, disminución de la producción del maíz para la década del 2050 (hay evidencias de que la mayoría de los cultivos resultarán menos adecuados para la producción en México hacia el 2030), tormentas fuertes que pueden volverse más intensas y frecuentes (por lo que aumentaría el riesgo a inundaciones). Asimismo, se pronostica la reducción de la cobertura vegetal, el colapso de pesquerías, merma en el rango de algunos mamíferos. La mayor parte del país se volverá más seca y las sequías más frecuentes, con el consecuente aumento en la demanda de agua. Posible incremento de la intensidad de los ciclones del Noroeste, Pacífico y Atlántico (INECC, 2019).

Referente a la acción climática respecto a esta problemática en las ciudades, la ONU generó los objetivos del desarrollo sostenible (ODS), los cuales son unas de las acciones propuestas que se han tomado para contrarrestar y enfrentar los efectos del cambio climático. Estos son 17 objetivos que se interrelacionan entre sí e incorporan los desafíos globales como la pobreza, el agua y el saneamiento, ciudades y comunidades sostenibles, industria, innovación e infraestructura, el clima, la degradación ambiental, la prosperidad, vida de ecosistemas terrestres (CEPAL, 2015). Estos objetivos plantean la incorporación de estrategias para atacar puntualmente estas problemáticas que repercuten directamente en el

logro del desarrollo sostenible. Este trabajo pretende aportar en relación al objetivo 6 -Agua limpia y saneamiento y el 11 -Ciudades y comunidades sostenibles.

## **2. Metodología**

Cabe destacar que el proceso que se plantea en este trabajo es en relación con cambios climáticos futuros proyectados en el sitio, detectados por el INECC en su Actualización de los escenarios de cambio climático para estudios de impactos, vulnerabilidad y adaptación. Este trabajo está desarrollado de acuerdo a las siguientes etapas:

1. Delimitación del territorio.
2. Identificación de los principales efectos del cambio climático en el sitio.
3. Recolección de datos climáticos y socio-territoriales.
4. Identificación de la instancia involucrada o ejecutadora.
5. Propuesta de las estrategias ante los efectos del cambio climático para la resiliencia.

Las etapas se desarrollaron como sigue:

### *1. Delimitación del territorio*

Se identificaron aquellos estados que se consideran de atención primordial con mayor índice de vulnerabilidad y una mayor área geográfica involucrada. Lo anterior se definió a partir de los mapas emitidos por INECC donde se reconocen los municipios más vulnerables a los efectos del cambio climático por entidad federativa (ver Imagen 1).

### Imagen 1. Municipios más vulnerables al cambio climático por entidad federativa



Fuente: INECC (2016).

Como se puede observar en la Imagen 1, Baja California y Baja California Sur son los estados con mayor número de municipios vulnerables, este factor de riesgo dio la primera pauta para seleccionar el caso de estudio específico (Ciudad Loreto). Posteriormente se analiza la vulnerabilidad en relación a los dos factores más representativos en la afectación climática: temperaturas altas y disminución de precipitación. Con relación a la temperatura el INECC en su actualización de los escenarios de cambio climático para estudios de impactos, vulnerabilidad y adaptación en relación a un escenario cercano para el 2015-2039, con un RCP de 8.5; pronosticó las temperaturas máximas que se muestran en la Tabla 1. Los valores de los municipios de ambos estados de la Península de Baja California (anteriormente identificados por su vulnerabilidad) fueron analizados para poder seleccionar el municipio de estudio (ver Tablas 1 y 2).

**Tabla 1. Temperaturas máximas pronosticadas (2015-2039) INECC, BCN**

<b>Municipios de Baja California</b>	<b>Modelo CNRMCM5 Escenario de temperatura máxima (julio)</b>
Mexicali	43.2°C
Ensenada	36.3°C
Tecate	38.7°C
Tijuana	32.2°C
Playas de Rosarito	29.6°C
Promedio	36°C

Fuente: elaboración propia, con base en el Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM (2020).

Mexicali y Tecate destacan como los municipios con las temperaturas más altas. En la Tabla 2, se observan los valores de las temperaturas de los municipios de Baja California Sur.

**Tabla 2. Temperaturas máximas pronosticadas (2015-2039) INECC, BCS**

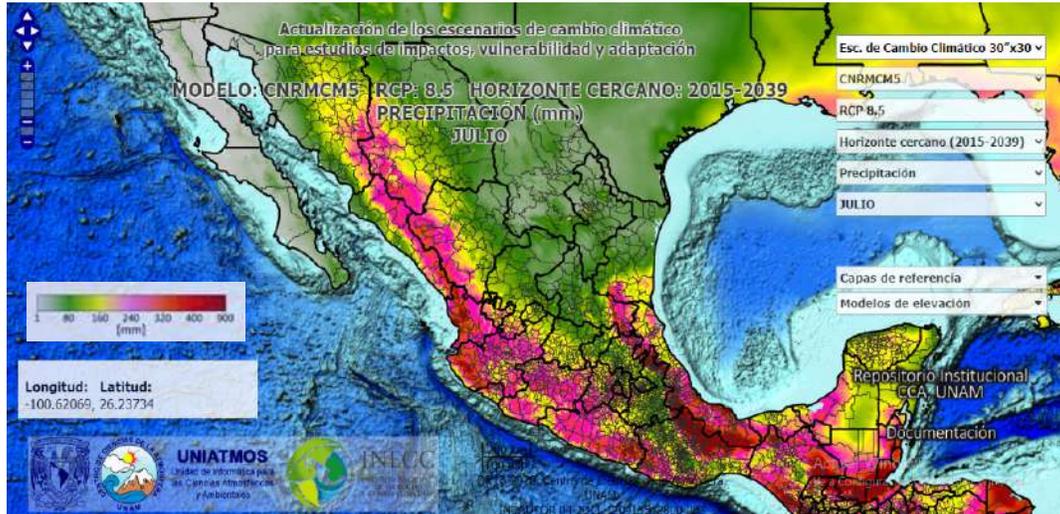
<b>Municipio de Baja California Sur</b>	<b>Modelo CNRMCM5 Escenario de temperatura máxima (julio)</b>
Mulegé	37.1°C
Comondú	36.3°C
Loreto	36.8°C
La Paz	36.2°C
Los Cabos	36.4°C
Promedio	36.6°C

Fuente: elaboración propia, con base en el Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM (2020).

Por lo identificado en las Tablas 2 y 3 se seleccionó al estado de Baja California Sur para continuar el sesgo en relación a sus municipios, ello debido a que los promedios de sus temperaturas máximas pronosticadas en ese escenario son de 36.6°C y los municipios de Baja California tienen un promedio de 36.0°C. Además de ello todos los municipios de Baja California Sur tienen una temperatura mayor a los 36°C, mientras que de BC dos se encuentran por debajo de ese valor. Con relación a la precipitación (ver Imagen 2) se aprecian niveles bajos en la zona norte del país, pero la península de Baja California es donde los

valores son extremadamente bajos o incluso nulos, se prevé la una precipitación de 0 mm en la mayoría de los municipios durante el mes de julio que se considera uno de los más lluviosos.

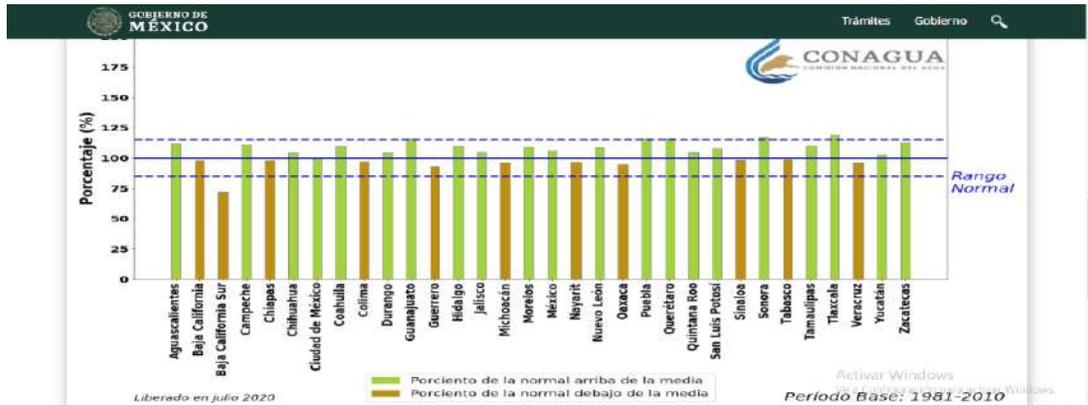
**Imagen 2. Mapa de escenario cercano de precipitación**



Fuente: Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM (2020).

Estos valores se encuentran muy por debajo de la media, incluso el promedio estatal se encuentra entre los 80 y 120 mm anuales considerados a nivel nacional; esto se observa en la Imagen 3, elaborada por CONAGUA (2020) para la precipitación de julio del año 2020. Se observa claramente que es Baja California Sur, el cual tiene la menor perspectiva de precipitación.

**Imagen 3. Perspectiva de porcentaje de precipitación respecto a la media por estado, julio 2020**



Fuente: CONAGUA (2020).

Los datos anteriores remiten nuevamente al estado de BCS pero se requieren de características más precisas para determinar el municipio; para ello se analizó el mapa con el porcentaje de cambio de precipitación por la temperatura, con el fin de identificar aquel que resulte más vulnerable a una mayor exposición. Los datos encontrados en este mapa muestran que el municipio de Loreto existe el valor más grande en relaciona la disminución de la precipitación en el sitio, esto se observa en la Tabla 3:

**Tabla 3. Porcentaje de cambio en precipitación pronosticado (2015-2039) INECC, BCS**

Baja California Sur. Municipios	Modelo CNRMCM5 Escenario de cambio de % de precipitación (enero)
Mulegé	-58%
Comondú	-40%
Loreto	-62%
La Paz	-49%
Los Cabos	-53%
Promedio	-52%

Fuente: elaboración propia, con base en el Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM (2020) e INECC (2016; 2019).

Se identifica que el municipio de Loreto presenta sería el municipio más afectado por la disminución de la precipitación en un 62%, es decir más de la mitad de lo que actualmente precipita, el municipio de Mulegé sería el segundo más afectado en la entidad con el 58%. El último dato considerado para la elección del municipio de Loreto como área de estudio fue del Plan Estatal de Acción ante el Cambio Climático de Baja California (Ivannova y Gámez, 2012) en el que se hace referencia a las ciudades con mayor vulnerabilidad ante el incremento del nivel del mar. Se consideran ocho ciudades vulnerables en la entidad por aumento del nivel del mar, entre ellas Guerrero Negro, Los Cabos, Santa Rosalía, Loreto, La Paz y otros, los valores se observan en la tabla 4, de acuerdo su índice de vulnerabilidad.

**Tabla 4. Índice de vulnerabilidad total a la elevación del nivel del mar ciudades de BCS**

Sitio	Vulnerabilidad
Los Cabos	2.4
La Paz	2.0
Loreto	1.9
Guerrero Negro	1.8
Laguna San Ignacio	1.7
Puerto Chale	1.7
Santa Rosalía	1.6
La Ventana- El Sargento	1.5

Fuente: Ivannova y Gámez (2012, p. 49).

Aunque se hace referencia a Los Cabos y La Paz como los sitios con un mayor índice de vulnerabilidad la Ciudad de Loreto se seleccionó como caso de estudio debido a su vulnerabilidad por nivel socio económico y problemáticas presentes que se han reportado en esa ciudad, en gran parte por la sobreexplotación del acuífero del que abastece de agua a la ciudad. Además de lo anterior Loreto se encuentra aún en desarrollo como región mientras que La Paz y Los Cabos son áreas ya consolidadas en materia de turismo y cuentan con un mayor presupuesto estatal.

## *2. Identificación de los principales efectos del cambio climático en el sitio*

En resumen, en Loreto, BCS se identificaron tres importantes efectos del cambio climático:

- Aumento de temperaturas extremas
- Sequías por disminución de la precipitación
- Índice de vulnerabilidad a la elevación del nivel del mar

Por lo cual se puede resumir que el principal problema en Loreto es el relacionado con la carencia del recurso hídrico. Al presentarse un clima seco en la región la población y la ciudad en general son altamente vulnerables a problemas relacionados con los fenómenos hidrometeorológicos (sequías, olas de calor) además de enfermedades y falta de producción de alimentos, pero el escenario pronosticado es aún más desalentador.

## *3. Recolección de datos climáticos y socio-territoriales*

El municipio de Loreto se localiza en la parte central de BCS, la cabecera municipal es ciudad Loreto, que se localiza a los 26° 00' 38.97" de latitud norte y 111° 20' 31.77" de longitud oeste a una elevación promedio de 9 metros sobre el nivel del mar (Loreto está situada en la zona central de la Península de Baja California, frente al Mar de Cortés, a una distancia de 360 km. de La Paz, capital). De acuerdo con la Secretaría de Salud del estado, el municipio de Loreto tiene una población de 21,657 habitantes, de acuerdo a Proyecciones de Población de los Municipios de México 2015-2030 (SETUES, 2020).

El clima predominante en el municipio de Loreto es seco, con la variante del seco templado (BSK) en un 3.13% de la superficie. Muy seco, muy cálido y cálido (BW(h')) en un 30.69% y muy seco semi-cálido (BWh) en un 66.18% de la superficie. Se trata de un clima seco de acuerdo a la clasificación climática de Köppen, esto es debido a la latitud en que se encuentra el municipio (INEGI, s.a.). Específicamente la ciudad de Loreto presenta un clima cálido muy seco, la temperatura media en ciudad Loreto es de 24.8 °C de acuerdo con el Gobierno de Baja California Sur (2017).

## **Procedencia del agua en Ciudad Loreto**

Los acuíferos de la Loreto pertenecen a la Región Hidrológica 6, denominada Baja California Sureste (La Paz), a la cual pertenecen las cuencas: La Paz-Cabo San Lucas con un porcentaje de estatal del 9.89, Loreto - Bahía La Paz con un porcentaje de estatal del 3.57 y A. Frijol - A. San Bruno con un porcentaje de estatal del 3.35 y dando un total de 16.81% del total de la región hidrológica del estado.

Para el abastecimiento de agua de la ciudad se suministra por medio del acuífero de Loreto ubicado dentro del municipio, el cual es reabastecido por el acuífero de San Juan Bautista Londó, ubicado al norte de la ciudad. La recarga total que recibe el acuífero Loreto está integrada básicamente por las entradas subterráneas y la recarga vertical por lluvia y por los escurrimientos a lo largo del cauce de los arroyos, el comportamiento de las entradas al río San Juan Londó es el mismo (CONAGUA, 2015).

Se pudo identificar que ambos acuíferos descargan en el Mar de Cortés por lo que la calidad del agua puede afectar directamente a la bahía de Loreto, la cual está definida como un sitio Ramsar. Cabe señalar que en Loreto existen dos sitios Ramsar<sup>1</sup>; dato relevante que hace aún más importante la implementación de estrategias hídricas ambientales en esta ciudad. El Oasis de la Sierra de la Giganta es el otro sitio Ramsar, el cual, es el responsable de captar y transportar el agua que recargan los acuíferos que están a sus pies, de los cuales dependen ciudades como Loreto. Ambos sitios son humedales naturales de importancia ambiental, social y económica, sus características se muestran en la Tabla 5.

---

<sup>1</sup> La denominación como sitio Ramsar es utilizada para designar humedales naturales de importancia internacional en términos ecológicos, botánicos, zoológicos, limnológicos o hidrológicos, cualquier humedal que cumpla al menos uno de los criterios puede ser designado Ramsar (s.a.).

**Tabla 5. Sitios Ramsar en Loreto**

Nombre	Superficie	Descripción
Parque Nacional Bahía de Loreto	206,580.7 hectáreas	Las islas e islotes ocupan alrededor del 11.9% del parque y el resto del área, el 88.1%, es en su totalidad marina. Dentro de la poligonal del parque se identifican cinco hábitats claramente diferenciados: manglar, mantos de rodolitos, lechos de sargazos, ambientes arenosos someros y hábitat rocoso multiespecífico. De las 3,452 especies reportadas para todo el Golfo de California, el 40.1% (1,385 especies) se encuentra en la zona del parque. Además, 89 especies están bajo alguna categoría de protección en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-2001 (Norma Oficial Mexicana NOM-059- ECOL-2001).
Oasis Sierra de la Giganta	41,181.38 ha	Se caracteriza por presentar pendientes escarpadas en la ladera oriental de la Sierra de la Giganta, con pequeñas llanuras aluviales costeras. En sus cañadas se localizan pozas que sirven de abrevaderos al borrego cimarrón ( <i>Ovis canadensis weemsi</i> ), la cual está listada bajo protección especial en la NOM-059-SEMARNAT-2001, tal como el Tejón ( <i>Taxidea taxus</i> ), el águila real ( <i>Aquila chrysaetos</i> ) y especies vegetales incluidas en la misma clasificación. Se localizan cinco oasis son: La Primer Agua, Ligüi, Tabor, Juncalito y Nutrí. En la costa se registra la presencia de pequeñas agregaciones de mangles. Las especies presentes en estas comunidades son <i>Avicennia germinans</i> , <i>Laguncularia racemosa</i> y <i>Rhizophora mangle</i> .

Fuente: elaboración propia, con base en Ramsar (2003; 2007).

La relevancia de estos espacios radica en el interés internacional para su conservación como área natural sino y por las especies que los habitan; en el caso del Oasis de la Sierra Giganta abastece de agua no solo a las personas de la ciudad sino a las especies endémicas como el borrego cimarrón que también subsisten del agua del sitio. Al contaminar, escasear o tener mala calidad del agua se afectan diferentes actividades de las personas, pero también del sistema biótico. Una de las problemáticas al medio ambiente derivados del uso del agua y el estado de las aguas residuales en Ciudad Loreto fue que, a pesar de la existencia de una planta de tratamiento de aguas negras en la ciudad, se conoce también que algunos desarrollos habitacionales no cuentan con plantas de tratamiento, por lo que solo se supone tratan el agua

en fosas sépticas. Sin embargo, en otros espacios habitacionales no se cuenta con ningún tipo de sistema de drenaje por lo que se filtra agua directamente al subsuelo (Programa Subregional de Desarrollo Urbano de la Región Loreto–Nopoló–Notrí–Puerto Escondido–Ligüí–Ensenada Blanca, 2007).

Además, los datos relacionados con el reúso del agua en el municipio fueron del 0% de acuerdo con los indicadores de competitividad y sustentabilidad de los pueblos mágicos de la Secretaría de Turismo (2014). A excepción de la laguna de oxidación o laguna aeróbica ubicada dentro de la ciudad, en la cabecera municipal para la llegada del agua residual y su estabilización natural no se conoce otro dato significativo sobre el agua en la ciudad. El carente o el inadecuado tratamiento y cuidado del agua en ciudad Loreto ha traído consigo afectaciones en el medio natural y el medio artificial del asentamiento, principalmente a la salud humana, de flora y de fauna. Al ser una ciudad principalmente turística Loreto no solo requiere de atención en sistemas hídricos para su subsistencia vital y para consumo, sino para la permanencia de sus actividades económicas que permitan mantener la economía y con ello tener los recursos para invertir en la Ciudad.

#### *4. Identificación de la instancia involucrada o ejecutora*

Para este paso se identificó al Municipio de la Ciudad de Loreto como la instancia gubernamental principalmente relacionada con las propuestas de intervención en la ciudad, al identificar las problemáticas se reconoció que se involucraría al Organismo Operador Municipal del Sistema de Agua Potable y Alcantarillado de Loreto (OOMSAPA Loreto) para el seguimiento y mantenimiento de la propuesta. Cabe destacar que puede existir intervención de otras dependencias como la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales o recibir apoyo de alguna organización no gubernamental.

También es importante mencionar que se plantearía el involucramiento de los habitantes de la ciudad para reforzar su identidad y la aceptación del proyecto. Además, se propondría un curso de cuidado ambiental y revalorización de las áreas naturales protegidas, donde se les daría a conocer los beneficios de las dos estrategias que a continuación se describen como las seleccionadas a implementar. Estas dos propuestas finales han sido definidas a partir de la revisión de literatura sobre ambas estrategias y el análisis previamente descrito.

### 3. Resultados

#### 5. Propuesta de las estrategias ante los efectos del cambio climático para la resiliencia

El resultado final de este trabajo son dos principales estrategias que beneficiarán al desarrollo regional sustentable de Ciudad Loreto y primordialmente, la prepararían para poder responder y reponerse ante los efectos hídricos negativos o adversos del cambio climático pronosticados para dicha región. Como resultado se obtuvieron las siguientes estrategias:

- I. Establecimiento de humedales para el tratamiento del agua
- II. Incorporación de infraestructura vegetal en la ciudad.

En este sentido se realizó durante el trabajo de campo un análisis de la factibilidad para la implementación de estas propuestas, en éste se pudo determinar lo siguiente.

#### *Factibilidad territorial*

Específicamente con relación a la factibilidad territorial para la implementación de los humedales se identificó un terreno libre con las dimensiones requeridas. El terreno es colindante a la vialidad de acceso de Ciudad Loreto denominada Carretera transpeninsular (ver Imagen 4), la cual se muestra en las siguientes fotografías.

**Imagen 4. Carretera transpeninsular**



Fuente: elaboración propia.

El terreno identificado para el desarrollo el sistema de humedales se muestra en la Imagen 5, el cual es un terreno desocupado en breña que de acuerdo a lo informado es de propiedad municipal.

### **Imagen 5. Área identificada para el uso e implementación de los humedales**



Fuente: elaboración propia.

Respecto al área para la implementación de la infraestructura vegetal, se logra observar que existen banquetas y camellones ya existentes a los cuales se les puede adicionar las especies vegetales seleccionadas y en el caso de las calles donde no existe, se integraría una jardinera en las banquetas. Al ser una ciudad turística el gobierno municipal tiene interés en generar una mejor imagen urbana y calidez en la misma.

#### *Factibilidad social*

Al visitar la ciudad se aplicaron entrevistas a 20 personas de manera aleatoria para conocer de manera previa qué tan dispuestos estarían para aceptar y colaborar en proyectos de diferente naturaleza principalmente en relación al agua, como el que se plantea sobre humedales. Todos ellos comentaron estar en la disponibilidad para cooperar en la comunidad en dichos proyectos, argumentan que tienen actualmente problemas con el agua. La población se puede ver beneficiada al obtener el carrizo, que sería una de las especies vegetales a cultivar en el humedal como materia prima para elaboración de artesanías.

Como un punto adicional se involucraría a las personas en el cuidado de al menos tres elementos naturales: el agua, la vegetación y las especies que pudiesen llegar al humedal derivados de los sitios Ramsar presentes en el sitio. Esto se reforzaría con el curso que se dirigiría a la población para el conocimiento y valoración tanto del sitio natural protegido como del humedal y la vegetación a implementar en la ciudad.

### *Factibilidad económica*

Se realizó un análisis de propuestas previas en el ámbito de las políticas públicas o programas y se encontraron algunos en donde el fomento al tratamiento de agua es una de las estrategias en la región que ya se ha venido planteando desde hace varios periodos gubernamentales en las tres escalas de gobierno. Por ejemplo, existe el Plan hídrico estatal 2015-2021 (2017) de Baja California Sur que plantea de manera general el saneamiento de aguas residuales y la gestión del agua para la sostenibilidad. También se encontró el Plan Estatal de Acción ante el Cambio Climático para Baja California Sur (PEACC-BCS) (2012) el cual reconoce que Baja California Sur, es una región altamente vulnerable ante el cambio climático, pronostica la disminución de precipitación y el aumento de temperatura. Durante la visita a Loreto, OOMSAPA el Organismo encargado del agua, comentó que, si llega a existir presupuesto para obras, pero no llega a concretarse. Además, se considera se podría solicitar apoyo de los 3 niveles gubernamentales, de la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales o incluso de ONG.

### *Factibilidad ambiental*

La zona no solo requiere, sino que demanda el aumento de vegetación. La gente busca en el centro de la ciudad donde descansar bajo la sombra debido a que es de los pocos lugares donde hay árboles grandes que la proporcionan. Además, durante la visita de campo se encontró que en la zona del malecón y todo el corredor de la playa existen bancas y zonas de descanso (por más de 1 km) pero estaban a pleno sol y nadie las usaba, el mobiliario estaba caliente y el sitio no estaba bioclimáticamente acondicionado; mientras que podrían ser apoyados por la sombra de alguna especie arbórea y ser más funcionales. Lo mismo sucede al caminar por las calles, ya que las banquetas no cuentan con alguna jardinera con árboles

que permita que la gente camine por ahí sin la radiación directa del sol. La escasa vegetación arbórea existente es, en su mayoría de casas particulares que cuentan con jardines en sus accesos.

La factibilidad ambiental de las propuestas radica en que el agua tratada del humedal sugerido podría funcionar para el riego de la infraestructura vegetal propuesta en la ciudad. Particularmente, al interrogar en un negocio donde vendían diferentes especies vegetales la persona encargada comentó que todos los cítricos son fructíferos en la zona (limón, naranja, toronja, lima) así como otros árboles que son mencionados más adelante y que se proponen para la infraestructura vegetal. Los arboles seleccionados se identifican como nativos o adaptados por lo que, sería factible su uso en el sitio. La vegetación como estrategia tanto depuradora de agua como reguladora del clima resulta un acierto importante sobre todo en zonas de clima cálido seco, llama la atención como al ser una estrategia de fácil aplicación la gente del lugar no se apoye de ello (sobre todo en el caso del Gobierno Municipal).

#### **4. Descripción de las estrategias propuestas**

##### *Humedales para el tratamiento del agua*

Un humedal artificial es capaz de tratar el agua, se considera debe utilizarse preferentemente como un tratamiento secundario, sobre todo con relación al requerimiento de la reducción de materia en suspensión de sólidos para el óptimo rendimiento del humedal y su conservación (Kadlec y Wallace, 2009). Por lo cual, el sistema puede contar con este filtrado previo para su óptimo funcionamiento, en el caso del sistema propuesto se propone una fosa séptica, con lo que, además de la cloración final garantizaría la limpieza del agua para un uso inmediato después del término de su tratamiento por el humedal.

En el caso del agua de localidades es preferible pase por una planta o sistema que ayude a otro tipo de tratamiento requerido y dar seguimiento del caudal tratado, aumentando así sus posibilidades de uso en comunidades pequeñas debido al mayor control y conocimiento de la procedencia-destino del agua residual. La propuesta es la siguiente: Un humedal 1 de flujo subsuperficial con especies de tipo emergentes, con un total de 5 especies vegetales: carrizo, junco, papiro, espadaña y junco espinoso. La distribución de las especies se describe en la Imagen 7. Un humedal 2 de flujo superficial en el cual se consideran plantas flotantes

emergentes, incluso florales. Tiene un total de 6 especies: junco fino, lirio acuático, achilillo macho, cola de pato, cola de zorro y girasol.

La superficie final para cada humedal es de 32 x 98 metros cada uno, esto considerando el área para el talud que debe llevar cada humedal en su perímetro; de este modo se abarca toda el área de la calle para lograr así una visibilidad mayor al público. En la Imagen 6 se observa el corte del sistema de humedal donde se muestra su funcionamiento a partir del paso por la fosa séptica, después al humedal 1 de flujo subsuperficial y finalmente por el humedal 2 de flujo superficial.

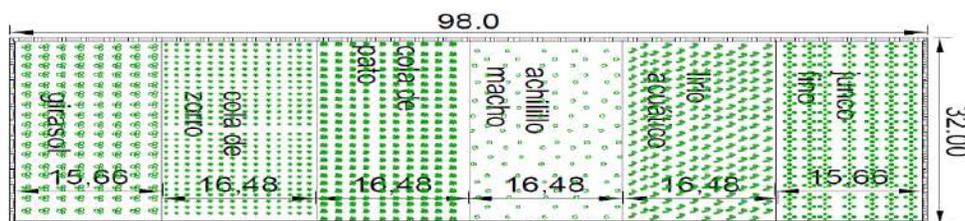
**Imagen 6. Vista lateral de un corte del sistema de humedales y la fosa séptica**



Fuente: elaboración propia.

En la Imagen 7 se observa la planta de cada humedal y la distribución de cada especie vegetal en ellos:

**Imagen 7. Humedal 1 subsuperficial y humedal 2 de flujo superficial**



Fuente: elaboración propia.

*Incorporación de infraestructura vegetal en la ciudad*

Esta estrategia de determinó bajo la premisa del uso de la vegetación como instrumento para el control macro y micro climático. La vegetación puede modificar los patrones climáticos

debido a la liberación de vapor de agua o evapotranspiración<sup>2</sup> lo cual provoca la formación de nubes (lo que contribuye a la convección y condensación para un posible aumento de precipitaciones); estas a su vez disminuyen la cantidad de radiación que llega a la superficie terrestre que afecta su reflectividad y aumento de temperatura. También hallaron que hasta un 30% de la precipitación y la variabilidad de las radiaciones superficiales son derivadas de las retroalimentaciones entre la atmósfera y la biosfera.

Especialmente en las regiones en transición entre la limitación de la energía y el agua, como las regiones semiáridas o monzónicas, se encuentran a menudo importantes retroalimentaciones de la precipitación de la biosfera. Esta relación explica que debido al crecimiento de la vegetación terrestre y sus cambios o fenómenos que partir de esta se presentan pueden modular los flujos de agua y energía hacia la atmósfera, y de manera contraria, pueden afectar las condiciones climáticas que regulan la dinámica de la vegetación.

Por otra parte, antecede el estudio sobre el uso de la vegetación como instrumento para el control micro climático en las zonas urbanas (1999). El autor afirma que la vegetación interviene en la incidencia de radiación solar, en la velocidad y dirección del viento, la variación en la temperatura y humedad del aire; por lo cual, influir en la partición de los flujos turbulentos en la superficie, la humedad y la temperatura del suelo puede afectar a la variabilidad climática (Ochoa de la Torre, 1999).

Al igual que en el caso macro climático, en el microclima urbano la presencia de vegetación genera una reducción de la temperatura en el ambiente y aumento en la humedad del aire, debido al efecto de sombra proyectada sobre las diversas superficies, al fenómeno de la evapotranspiración y otra contribución se debe a la humedad del suelo generada por las plantas. En este caso la forma en la que se logra el control de la radiación solar en el suelo es cuando las plantas absorben aproximadamente el 85% de la energía solar incidente para la fotosíntesis. La influencia es mayormente a nivel del suelo, en su disminución de temperatura y aumento de humedad; y en el caso macro climático la influencia es sobre todo en la contribución de la formación de nubes y humedad relativa.

De acuerdo con el clima donde se desee intervenir en el microclima será el tipo de vegetación a implementar; en el caso de clima cálido aquel árbol que tuviera baja transmisividad en verano y alta en invierno sería el más adecuado. También destaca Ochoa de

---

<sup>2</sup> El efecto de enfriamiento evaporativo del agua que transpiran las plantas, en este proceso se disipa gran parte del calor que genera la radiación solar (INECOL, s.a.).

la Torre (1999), que el diseño del acomodo de la vegetación resulta importante debido a que el tipo de agrupamiento provoca distintos resultados. Por ejemplo, el efecto de un árbol aislado no es muy significativo, ya que desaparece rápidamente debido a los movimientos provocados por el viento. Por consiguiente, la vegetación urbana de esta estrategia se propuso como sigue: Las especies seleccionadas tienen como hábitat el clima cálido o están adaptadas a él y resisten sequías, estas se muestran en la Tabla 5.

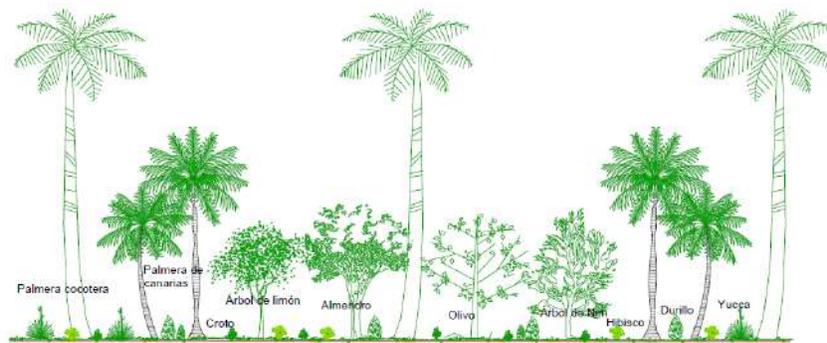
**Tabla 5. Especies vegetales seleccionadas para la infraestructura vegetal**

<b>Especie</b>	<b>Nombre científico</b>	<b>Vialidades o calles</b>
Palmera de coco	<i>Cocos nucifera</i>	Carretera transpeninsular, Av. Salvatierra
Palmera de canarias	<i>Phoenix canariensis</i>	Av. Miguel Hidalgo, Paseo Adolfo López
Almendro	<i>Terminalia catappa</i>	Mateos, Paseo Nicolás Tamaral, Vialidad
Árbol de limón	<i>Citrus limon</i>	Ayuntamiento, Av. Independencia, Paseo
Olivo	<i>Olea europaea</i>	Pedro de Ugarte, Calle Davis, calle
Árbol de nim	<i>Azadirachta indica</i>	Francisco I. Madero, calle Arcoíris, calle
Arbusto croto	<i>codiaeum</i>	Misiones (norte) y bordo de contención.
Hibisco	<i>Hibiscus rosa-sinensis</i>	
Durillo	<i>Viburnum tinus</i>	
Yucca	<i>Yucca angustifolia</i>	

Fuente: elaboración propia.

El diseño de la secuencia vegetal propuesta y sus especies se observa en la Imagen 8.

### Imagen 8. Diseño de la secuencia vegetal propuesta



Fuente: elaboración propia.

### Discusión y conclusiones

Los escenarios muestran un cambio en relación con el aumento de fenómenos extremos, en el caso de la precipitación lo que se observa es que el mes más seco será aún más seco y por el contrario el mes más lluvioso será aún más lluvioso, aunque en una menor proporción que la disminución de lluvia. La viabilidad e interés de la implementación de la estrategia de humedales artificiales radica en la baja de la inversión en infraestructura convencional para incrementar la capacidad de tratamiento de aguas residuales, esto a su vez, disminuye los costos de contaminación, sobreexplotación y transporte del agua (costos que aumentan progresivamente con el crecimiento de la población al aumentar la presión sobre los recursos hídricos); lo cual es sustituido con sistemas de tratamiento sustentables.

Se encontraron diversas fuentes donde confirman la efectividad de los humedales para el tratamiento del agua, además en el caso del clima cálido y el humedal superficial donde hay posibilidad de desarrollo de mosquitos, se conoce que los usos de un manejo natural con especies de peces dentro del humedal funcionarían para control y prevención de plagas. De esta forma sería posible contar una fuente que permita que la población cuente con un almacenamiento de agua constantemente disponible para su uso, sobre todo a bajo costo de operación y mantenimiento. Además, sería posible aprovechar los productos de las plantas que de este se obtengan, por ejemplo, se propone el cultivo del girasol en el humedal el cual

puede ser venido a los turistas del lugar el cual, técnicamente sirve para airear el agua del humedal.

Respecto a la incorporación de un diseño vegetal en la ciudad, se encontró que anteriormente se consideraba que la vegetación podría influir únicamente en el microclima urbano, pero estudios recientes permiten afirmar que la presencia de vegetación o la modificación en la biosfera influye directamente en los sucesos de la atmósfera al modificar principalmente su composición en relación a la humedad relativa, la disminución de la radiación solar incidente y/o el aumento de la nubosidad. Estos resultados serían altamente favorables en la retroalimentación biósfera-atmósfera para mejorar el fenómeno de sequía existente en Ciudad Loreto y lo serán aún más cuando el fenómeno aumente por efectos del cambio climático, beneficiando a la población y el ecosistema del lugar. Esto aunado a la disminución de la sensación térmica ante temperaturas altas máximas y proporcionando zonas más favorables para la flora y fauna en el sitio.

El análisis de los estudios analizados para este trabajo permitió confirmar que la vegetación es una estrategia efectiva para el control y modificación micro y macro-climática. La presencia de plantas contribuye al micro y macro clima, las formas más representativas de su contribución detectadas son en primer lugar en el suelo, donde diversifican el destino de la energía en forma de radiación, la cual puede ser reflejada (por el follaje, hacia la atmósfera), absorbida (por la hoja para la fotosíntesis), transmitida (la que llega a pasar por el follaje) o dispersada (hacia otra especie o superficie) (Raffo, 2014).

Se asevera que la función realizada por el follaje de los árboles, arbustos y plantas impacta, entre otras cosas, proporcionalmente en los efectos de la isla de calor que se presenta en las ciudades, al impedir que llegue toda esa radiación a las vialidades, las cuales son las que al estar recubiertas de asfalto absorben y después la emiten el calor hacia la atmósfera. Con lo anterior se puede concluir que las dos estrategias determinadas son adecuadas y factibles tanto técnica como ambientalmente, queda la interrogante y el deseo que las políticas públicas que se planteen para el desarrollo local de las ciudades en el país giren en torno a este tipo de inversiones donde se beneficie al ambiente y la población y no solo al interés financiero.

## Referencias bibliográficas

- Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM (2020). *Actualización de los escenarios de cambio climático para estudios de impactos, vulnerabilidad y adaptación. Unidad de informática para las ciencias atmosféricas y ambientales*. <https://atlasclimatico.unam.mx/AECC/servmapas>
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) (2015). *Objetivos del desarrollo sostenible*. <https://www.cepal.org/es/temas/agenda-2030-desarrollo-sostenible/objetivos-desarrollo-sostenible-ods>
- Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) (2015). *Actualización de la disponibilidad media anual de agua en el acuífero Loreto (0328), Estado de Baja California Sur*. México: Diario Oficial de la Federación.
- \_\_\_\_\_ (2020). *Pronóstico climático, precipitación*. <https://smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/pronostico-climatico/precipitacion-form>
- Gobierno de Baja California Sur (2017). *Programa hídrico estatal de Baja California Sur 2015-2021*. México: Comisión Estatal del Agua.
- Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC) (2016). *Vulnerabilidad futura*. <https://www.gob.mx/inecc/acciones-y-programas/vulnerabilidad-al-cambio-climatico-futura>
- \_\_\_\_\_ (2019). *Atlas Nacional de Vulnerabilidad al Cambio Climático México*. México: Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. [https://atlasvulnerabilidad.inecc.gob.mx/page/fichas/ANVCC\\_LibroDigital.pdf](https://atlasvulnerabilidad.inecc.gob.mx/page/fichas/ANVCC_LibroDigital.pdf)
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) (s.a.). *Baja California sur*. <http://www.cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/bcs/territorio/clima.aspx?tema=me&e=03>
- Ivannova A. y Gámez A. (2012). *Plan Estatal de acción ante el cambio climático de Baja California Sur (PEACC-BCS)*. México: Gobierno de Baja California Sur. <https://cambioclimatico.gob.mx/wp-content/uploads/2018/11/Documento-1-Plan-Estatal-de-Acci%C3%B3n-Baja-California-Sur-2012.pdf>
- Juárez, G. (2013). Revisión del concepto de Desarrollo local desde una perspectiva territorial. *Revista Líder*, 23, 9-28.
- Kadlec, R. y Wallace, S. (2009). *Treatment wetlands*. EEUU: Taylor & Francis Group, LLC.

- Ochoa de la Torre, J. M. (1999). “La vegetación como instrumento para el control microclimático”. (Tesis para obtener el grado de Doctor). Universitat Politècnica de Catalunya. España.
- ONU Agua (2019). *Informe de políticas de ONU-AGUA sobre el Cambio Climático y el Agua*. Suiza: UN Wáter.
- ONU Habitat (2015). *TEMAS HABITAT III 15 - RESILIENCIA URBANA*. Nueva York, EEUU: ONU.
- Raffo, D. (2014). *La radiación solar y las plantas: un delicado equilibrio*. Argentina: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria/Alto Valle.
- Ramsar (s.a.). *Designación de sitios Ramsar*. <https://www.ramsar.org/es/sitios-paises/designacion-de-sitios-ramsar>
- \_\_\_\_\_. (2003). *Ficha Informativa de los Humedales de Ramsar, Parque Nacional Bahía de Loreto*. <https://rsis.ramsar.org/RISapp/files/RISrep/MX1358RIS.pdf?language=en>
- \_\_\_\_\_. (2007). *Ficha informativa de los humedales de Ramsar (FIR) Oasis Sierra de La Giganta*. <https://rsis.ramsar.org/RISapp/files/RISrep/MX1793RIS.pdf?language=es>
- Secretaría de Turismo, Economía y Sustentabilidad (SETUES) (2020). *Loreto. Información Estratégica Gobierno del estado de Baja California sur*. [http://setuesbcs.gob.mx/doctos\\_estadisticos/estrategico\\_loreto\\_2020\\_red.pdf](http://setuesbcs.gob.mx/doctos_estadisticos/estrategico_loreto_2020_red.pdf)
- Secretaría de Turismo (2014). *Pueblos mágicos. Indicadores de competitividad y sustentabilidad de los pueblos mágicos*. México: SECTUR.
- Soulary, V. (2013). La exportación de servicios académicos de las universidades. Su contribución a la dimensión económica del desarrollo local. *Revista Santiago*, 223-237.