

La problemática del agua en La Paz Baja California Sur, México



Foto/Miguel Ángel de la Cueva

"El agua y la energía son fundamentales para el desarrollo de las sociedades. De su disponibilidad o carencia se derivan modos de vida, estructuras económicas y la calidad de nuestros entornos naturales y artificiales. En una región donde el agua potable proviene de fuentes subterráneas, es imposible extraerla sin energía y, similarmente, los procesos de obtención de energía requieren agua."



Mesa de Trabajo 2

La problemática del agua en La Paz Baja California Sur, México

Autores: Mara Yadira Cortés Martínez, Jobst Wurl, José Antonio Pérez Venzor, Karen Velázquez Pedroza, Yersinia Olvera Vidal, Francesca Pancaldi, Enrique Troyo Diéguez, Janette Magali Murillo Jiménez, Alejandra Irasema Campos Salgado, María Z. Flores López*

*Coordinadora de la mesa de trabajo:

María Z. Flores López: m.zflores@uabcs.mx



1. Panorama general

Baja California Sur (B.C.S.) es un estado especial con relación al resto de las demás entidades de la República, pues en cuanto a su ubicación geográfica está dentro y fuera de los trópicos, es alargado y angosto, y está rodeado por mares con comportamientos muy distintos uno del otro, lo cual lo coloca en una posición sumamente difícil en cuanto al conocimiento de cuánta agua de lluvia podría disponerse con anticipación. O se tiene una sequía catastrófica o una serie de chubascos y crecidas incontrolables, que en su mayoría van y descargan enormes cantidades de agua dulce al mar.

En la cuenca de La Paz la precipitación y las escorrentías superficiales son escasas. La mayoría de las fuentes de agua se encuentran en el subsuelo y tienen una lenta renovación (de cientos o miles de años). De aquí que sea muy importante conocer sus características, así como su régimen de abastecimiento o recarga natural.

La bahía y la laguna de La Paz tienen un impacto directo en las cuencas hidrográficas aledañas, debido al aporte de materiales sólidos o en disolución que son transportados por escorrentías temporales o torrenciales. Los materiales de origen natural que son aportados a estos cuerpos de agua son sedimentos generados de la desintegración de rocas preexistentes por procesos de erosión e intemperismo, estos sedimentos contienen una gran variedad de elementos, los cuales cada uno de estos tiene un potencial de disolución diferente y que dependiendo de las características físico químicas del agua con la cual entra en contacto, será el tiempo de disolución pudiendo ser inmediato o a largo tiempo. Una vez depositados los sedimentos en estos cuerpos de agua, liberan sus componentes, dejándolos ya sea en el agua intersticial o en la columna de agua.

Todos los materiales antropogénicos contienen elementos nocivos y/o potencialmente tóxicos, como arsénico, azufre, mercurio, plomo, uranio, vanadio, medicamentos, protozoarios entre otros, que ya sea en forma de célula, partícula o en disolución afectan la calidad del agua y de los sedimentos, así como promueven anoxia del fondo marino por la reducción de la concentración de oxígeno. Todo esto pone en riesgo el



equilibrio ecológico, tanto para la continuidad de las especies como para las actividades productivas, así como afecta la salud de la flora, de la fauna y de los pobladores que dependen y/o se alimentan de productos de estos cuerpos de agua.

Existe otro aspecto muy importante a considerar con relación al uso del agua, si por algún mal manejo del agua ésta se deja libremente expuesta a la atmósfera, la cantidad de agua que se evapora es 10 veces mayor de la que llueve, por lo tanto, es imprescindible almacenar y conducir el agua bajo condiciones de extrema precaución para evitar pérdidas abruptas de un recurso escaso.

En el tema de saneamiento, por ejemplo, para la ciudad de La Paz se cuenta con una planta de tratamiento de aguas residuales que está llegando a su límite de capacidad. Es necesario por tanto diseñar un plan de saneamiento para atender la demanda futura e impedir la contaminación hacia el mar, por descargas inadecuadas. También es necesario construir infraestructura complementaria que permita la recolección de las aguas residuales en las zonas de expansión de la ciudad y la implementación de un programa robusto de reúso de agua tratada para destinarla a usos compatibles o para la recarga artificial de acuíferos.

El crecimiento de los asentamientos humanos irregulares en la ciudad de La Paz (ubicados generalmente en laderas, cauces y a un costado de arroyos) y la presencia de infraestructura subterránea de servicios de saneamiento (drenajes y fosas sépticas), incrementan la vulnerabilidad. Por ello la planificación territorial debe tomar en cuenta todos estos factores para minimizar al máximo la ocurrencia de desastres en el futuro.

En la actualidad, no existen datos suficientes para realizar estudios hidrológicos e hidráulicos a profundidad en la cuenca de La Paz y con frecuencia se tiene que hacer uso de la modelación, estimaciones para poder generar proyecciones a futuro. Las estaciones climatológicas que recaban diariamente datos de temperatura, lluvia son insuficientes en densidad y muchas de ellas se encuentran inoperativas. No existen estaciones hidrométricas en B.C.S. que midan la escorrentía en nuestros cauces y existen escasas estaciones meteorológicas automáticas (EMA) instaladas en el estado, lo cual dificulta tener datos reales con frecuencia horaria.



Finalmente, el Organismo Operador de Agua Potable en el municipio de La Paz se encuentra en un estado financiero crítico, con deudas generadas de antaño y pocos ingresos. No se tiene una micromedición universal del consumo de agua en las viviendas y la macromedición también es deficiente. El costo de la tarifa de agua potable es excesivamente bajo para las condiciones de aridez que vive nuestro estado. También las redes de tuberías de agua potable se encuentran colapsadas y con alta presencia de fugas (en La Paz del orden del 40-50%) lo cual promueve que el agua se desperdicie y no llegue a su destino final que es el domicilio de los usuarios

El agua en Baja California Sur es un recurso sumamente escaso, dada su naturaleza geológica y climatológica, con una precipitación que oscila desde 80 mm al año en el norte del estado hasta 320 en la porción sur; sin embargo, en los polos de desarrollo, incluyendo La Paz, Los Cabos y Loreto, la precipitación y recarga anual son notoriamente bajos, donde los acuíferos denotan una condición clara de sobreexplotación. La problemática se agrava en los destinos turísticos, donde la tasa de crecimiento es superior a la media nacional, con escenarios de crecimiento que indican una tendencia acelerada para los próximos años (mediano y corto plazos), siendo la principal, y única fuente, el agua subterránea que se extrae de los acuíferos. En este sentido, los acuíferos que abastecen las principales ciudades seguirán siendo sobreexplotados de no aplicarse medidas y estrategias de ahorro de agua. Al respecto, se han identificado varias estrategias que pueden conformar una gama integral de soluciones, lo que debe considerar la reparación y modernización de la red de distribución del agua público-urbana, incremento significativo en la eficiencia de riego (agua para uso agrícola), construcción y puesta en marcha de obras de recarga, corrección de fugas, reuso de aguas residuales tratadas y la previsión o desarrollo de nuevas fuentes de agua, incluyendo la desalinización. En el caso de La Paz, la escasez de agua en las zonas urbanas y suburbanas obedece a que la ciudad presenta un déficit de 100 litros de agua por segundo, y en parte, por problemas derivados de la extracción, falta de sectorización ordenada y fugas. Además, existen problemas técnicos, azolve de pozos y obsolescencia (rupturas y colapsos estructurales) de tuberías de una red pública antigua y envejecida, cuya modernización requiere de una elevada inversión en infraestructura hidráulica y tanques de almacenamiento. Además, la distribución de agua en tanques (pipas) en zonas suburbanas y



rurales es caótica y carece de una regulación administrativa que controle los costos, todo ello conlleva carestía de recursos para grupos marginados.

El acuífero de La Paz se encuentra en la porción sur del estado de Baja California Sur y cuenta con una extensión de 1275 km²; colinda al Norte con la Laguna de La Paz que forma parte del mar de Cortés, y con los acuíferos El Coyote, Los Planes, El Carrizal, El Conejo-Los Viejos, y Alfredo Bonfil (CONAGUA 2020). De acuerdo con el Diario Oficial de la Federación, presenta un déficit de disponibilidad de -7.82 millones de m³. Del acuífero se extrae un volumen de 32 millones de m³ al año, a partir de 150 pozos con profundidades que varían de 3 a 200m. Para el abastecimiento de agua a la ciudad, La Paz cuenta con tres acueductos que parten en la zona de Los Bledales, con una capacidad de conducción de 900 l/s. Además, se ha construido un acueducto que conecta La Paz con el acuífero de El Carrizal, con el fin de extraer un flujo de 200 l/s de agua potable, producido por cinco pozos profundos en la zona acuífera de El Carrizal. A este acueducto se conectaron además dos pozos ubicados cerca la comunidad de San Pedro, donde se extraen alrededor de 100 l/s para La Paz.

La contaminación en el medio marino se ha convertido en un problema mundial debido a los crecientes niveles de sustancias tóxicas y sus impactos en la biota y la salud humana. Estas sustancias pueden llegar de forma natural como resultado de procesos biogeoquímicos, como erosión, desgaste de rocas, erupciones volcánicas y ventilas hidrotermales, o pueden provenir de fuentes humanas como la minería, industria, incineración, agricultura y acuicultura (Páez-Osuna et al. 2017). Algunas sustancias pueden ser extremadamente tóxicas para los seres vivos por su persistencia y capacidad para acumularse en la red trófica o alimentaria, lo que representa una seria amenaza para la diversidad, la abundancia de especies y la salud humana. La disponibilidad biológica y la toxicidad de varias sustancias dependen de su forma química en el ambiente, que puede verse afectada por características de calidad del agua, como el pH y la salinidad (Newman y Unger 2002). Los elementos trazas u oligoelementos (ET) son aquellos elementos químicos que se necesitan en cantidades muy pequeñas en un organismo para su crecimiento, desarrollo y fisiología. Estos elementos son persistentes en el ambiente y se encuentran en concentraciones bajas (partes por millones), son potencialmente reactivos y pueden bioacumularse en la red trófica (Soto-Jiménez 2011). La bioacumulación es un término



acuñado para referirse a la acumulación total de una sustancia dada en el organismo que ha sido ingerida a través de la cadena alimentaria.

Los ET se clasifican en esenciales y no esenciales, según el papel que desempeñan en los organismos. Los ET esenciales se requieren para actividades metabólicas vitales, y algunos de estos elementos son hierro (para la hemoglobina), cobre (para pigmentos respiratorios), cobalto (como vitamina B12), manganeso y zinc (para enzimas) (Soto-Jiménez 2011). Si bien son esenciales, estos elementos son tóxicos cuando alcanzan altas concentraciones. Por otro lado, los elementos no esenciales, como los metales pesados, ciertos metales y metaloides, no tienen funciones biológicas en el organismo y ocasionan efectos tóxicos, incluso en concentraciones bajas. Algunas de estas sustancias como el mercurio, el plomo y el cadmio son los elementos más contaminantes en el ambiente (Páez-Osuna et al. 2017).

Independientemente de las fuentes de estos contaminantes, los receptores finales son la atmósfera, el ecosistema acuático y la biota, por lo que su uso debe regularse cuidadosamente. La bioacumulación de una sustancia contaminante se debe a su acumulación total en el organismo a través de todas las posibles fuentes de exposición (agua, alimentos y sedimentos) (Newman y Unger 2002). En este sentido, la dieta es reconocida como la fuente principal de entrada de ET en organismos acuáticos y es una ruta importante para su transferencia hacia las redes tróficas marinas (Soto-Jiménez 2011) y consecuentemente hacia los humanos.

La transferencia y bioacumulación de ET en sistemas acuáticos depende de las propiedades fisicoquímicas de tales elementos, su concentración y biodisponibilidad, fraccionamiento geoquímico y especiación química (Newman y Unger 2002). También, influyen los factores bióticos (hábitos alimenticios, hábitat, edad, sexo, estado de salud de los organismos) y abióticos (temperatura, pH, salinidad, reacciones redox y sinergismo entre los elementos). Además, la transferencia de ET depende de los mecanismos de desintoxicación y eliminación que disponga cada especie (Soto-Jiménez 2011). Cuando los niveles de acumulación de algunos ET son más rápidos que la capacidad de eliminarlos en el organismo, estos ET pueden bioacumularse y, posiblemente, ocasionar efectos nocivos a nivel molecular, fisiológico y de comportamiento en los organismos (Soto-Jiménez 2011). Todos los ET se



transfieren de un organismo a otro a través de la red trófica, y eventualmente la bioacumulación aumenta hacia los niveles superiores de la red como son los depredadores tope. Este aumento en los niveles de la red trófica se define como biomagnificación (Soto-Jiménez 2011). Por su longevidad, crecimiento lento y posición en la cadena trófica, los tiburones u otros depredadores como algunos mamíferos marinos acumulan una mayor cantidad de ET a lo largo de su vida (Barrera-García et al. 2012).

La falta de información sobre acumulación y transferencia de elementos trazas en algunas especies de megafauna marina se debe a la dificultad de recolectar muestras biológicas en ciertas especies como tiburones y mamíferos marinos, y además por el elevado costo que representan los análisis de laboratorio; dichos análisis implican el uso de material y equipo de laboratorio muy sensible que, a veces, no están disponibles.

Para lograr una conservación eficaz de las especies vulnerables es fundamental establecer cuáles son las amenazas que enfrentan dichas especies, con lo cual el estudio de los elementos traza es importante para especies que además de ser protegidas, representan una fuente de ingreso para las comunidades locales (tiburones, ballenas, etc.).

La Bahía de La Paz fue durante muchos años un ambiente prístino. La creciente actividad turística y el auge inmobiliario, ha influido en el alto crecimiento poblacional ocasionando que se construyan zonas habitacionales y comerciales en áreas poco aptas para ello, como en la zona de Chametla donde cada vez más se observan construcciones en zonas de planicie de inundación. El sistema hidrológico superficial en dicha planicie está siendo modificado actualmente como resultado de las construcciones, las cuales realizan un levantamiento del terreno a fin de reducir el efecto del salitre, lo que ocasiona una modificación en los cauces naturales de los arroyos. Esta situación afecta el aporte de los sedimentos hacia la laguna.

Aunado a ello, el crecimiento poblacional ha causado una mayor demanda de agua causando un desabasto debido a la baja recarga del acuífero por la escasez de lluvias. Así mismo se genera más basura y desechos orgánicos, los cuales durante las lluvias torrenciales llegan como contaminantes a la porción sur de la bahía.



Por otro lado, debido, tal vez a la falta de información ciudadana y a la poca cultura del reciclaje, durante los huracanes se observa un elevado arrastre de escombros, de “basura” hacia la laguna y la porción sur de la bahía, ocasionando contaminación, no solo por el escombros, si no también por los residuos sólidos y residuos tóxicos como las baterías.

Las concentraciones de arsénico (As) en el agua subterránea en México y en el mundo es un problema y se debe a diferentes factores, principalmente a las actividades antropogénicas y naturales. Baja California Sur no es una excepción, en la siguiente tabla se enlistan trabajos reportados en el estado de Baja California Sur y en otros estados del país, en el cual reportan altas concentraciones de arsénico en el agua, rebasando los límites máximos permisibles establecidos por la NOM-127, con valores por arriba de 0.025 mg/L.

En México se genera un caudal de aguas residuales de 250,481 l/s y se colecta un caudal de 215,329 l/s, se cuentan con 2,642 PTAR de las cuales representa un caudal instalado de 194,715 l/s y 141,479 l/s de agua residual tratada (CONAGUA). Ahora bien, en Baja California Sur, contamos con 32 Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR), el sistema de tratamiento biológico que más predomina en el Estado son Lodos Activados con 18 y con 14 Lagunas de Estabilización. La capacidad instalada es de 2,071.3 l/s y con un caudal tratado de 1,636.5 l/s. La cobertura de tratamiento de aguas residuales es de 68.7%, como se ilustra en la Figura 1.



Figura 1. Situación actual del sistema de alcantarillado y saneamiento a nivel nacional.

Las PTAR realizan una labor muy importante al mejorar la calidad del agua para ser tratada y reutilizada en los diferentes tipos de usos, y con ello contrarrestar la sobreexplotación de los acuíferos y fuentes superficiales, se requiere fomentar el reúso e intercambio de agua residual tratada, sustituyendo agua de primer uso, principalmente en actividades industriales y agrícolas, e impulsando el desarrollo sustentable. El Estado cuenta con un caudal de 1.6 m³/s de aguas residuales tratadas para la reutilización e intercambio de aguas. No obstante, las PTAR se incluyen en el sector de residuos como generadoras de gases de efecto invernadero (GEI) de acuerdo con la Ley General de Cambio Climático (LGCC).

Es importante señalar que, si una PTAR se encuentra deteriorada, ya sea por el tiempo de vida útil, o por falta de mantenimiento, la calidad del agua puede verse afectada, así como por una mala operación, resultando que se reutilice agua tratada con valores por arriba de la normatividad aplicable.



En el municipio de La Paz, se cuentan con 4 PTAR activas, y con un caudal tratado de 417.7 l/s, siendo la PTAR de La Paz, la más reciente ya que entró en operación en 2018, como se muestra en la Tabla número 1.

Tabla 1. Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales en el municipio de La Paz.

No.	Municipio	Localidad Nombre	Nombre PTAR	Capacidad Instalada l/s	Caudal Tratado l/s	Status	Proceso de la PTAR	Año Construc.	Año Inicio Oper.
1	La Paz	La Paz	La Paz	700	400	Activa	Lodos Activados	2015	2018
2	La Paz	Todos Santos	Cala de Ulloa	15	13	Activa	Lodos Activados	2008	2009
3	La Paz	Todos Santos	Todos Santos	20	0	Baja	Lagunas de Estabilización	1980	1980
4	La Paz	Todos Santos	Todos Santos	20	0	Baja	Lagunas de Estabilización	2016	2016
5	La Paz	El Pescadero	El Pescadero	3.5	3	Activa	Lodos Activados	1980	1980
6	La Paz	San Juan de los Planes	Los Planes	3.5	1.7	Activa	Lodos Activados	1980	1980
6				762	417.7				

El tratamiento de aguas residuales es un tema prioritario para el medio ambiente y la salud, la escasez del recurso hídrico ha llevado a valorar este recurso como una fuente alternativa (PHE BCS, 2015-2021).

Las necesidades de inversión en el sector del agua potable y saneamiento son enormes, y se debe trabajar en la gestión de las aguas residuales en la región, programas masivos para su captación y tratamiento. A medida que las ciudades siguen creciendo, existe la oportunidad de asegurar que se realicen inversiones de la manera más sostenible y eficiente posible. El desarrollo urbano futuro necesita enfoques que minimicen el consumo de los recursos y que se centren en la recuperación del recurso, siguiendo los principios de la llamada economía circular. En este contexto, las aguas residuales son y deben considerarse un recurso valioso a partir del cual pueden extraerse energía y nutrientes, así como ser una fuente adicional de agua (Diego J., 2020).

A continuación se enumera una lista de materiales antropogénicos, que son depositados sobre los suelos de las cuencas hidrográficas aledañas a la bahía y laguna de La Paz, y que posteriormente son transportados a estos cuerpos de agua marinos a través de escorrentías de temporal o torrenciales, y/o por el viento, así como se incluyen materiales y procesos antropogénicos dentro de estos cuerpos de agua:



1) polvos de frenos de vehículos, magnificado por una vialidad ineficiente,
2) polvo de combustión de vehículos, en forma de partículas de carbono negro, magnificado porque no hay verificación de emisiones
3) cenizas de combustión por generadores de electricidad en las plantas de CFE,
4) cenizas de llantas quemadas,
5) cenizas de basura quemada,
6) cenizas de combustión por barcos cargueros y embarcaciones turísticas,
7) sedimentos proveniente del dragado,
8) heces fecales de animales,
9) sedimentos de jales mineros de la empresa ROFOMEX, magnificado durante tormentas,
10) sedimentos de materia orgánica, por alimento y heces fecales de plantas acuícolas
11) aguas residuales de negocios,
12) aguas negras del drenaje municipal por fugas y drenaje directo,
13) aguas negras y residuales de barcos cargueros y embarcaciones turísticas,
14) aguas residual de la planta desaladora de las planta de energía eléctrica de CFE,
15) aguas residual del mantenimiento de las planta de energía eléctrica de CFE,
16) agua residual del drenaje directo por la empresa ROFOMEX,
17) reproducción y diseminación de especies invasoras por la remoción del fondo marino por trabajos de dragado,



18) mortandad de especies marinas por la remoción del fondo marino durante trabajos de dragado,
19) dispersión de metales pesados en el fondo marino y columna de agua por la remoción y re depositación de sedimentos marinos durante trabajos de dragado
20) contaminantes emergentes provenientes de aguas residuales municipales por el drene directo y fugas,
21) antibióticos aplicados a la acuicultura,
22) pesticidas en zonas de cultivo
23) extracción de materiales en arroyos para la construcción, promueve cambios morfológicos de acreción o erosión de la línea de costa, así como cambio en el relieve del fondo marino.

Dentro de la mesa de trabajo, se identificaron las siguientes problemáticas en orden de prioridad:

Orden de prioridad	Problemáticas Identificadas
1	Acuífero en déficit
2	Intrusión Salina
3	Bajas eficiencias del mayor usuario del agua en La Paz: OOMSAPAS (por ejemplo: fugas del 48%)
4	Degradación parte alta de la cuenca
5	Crecimiento inmobiliario (superficies impermeables y demanda de agua)
6	Poca conciencia comunitaria de la situación



Orden de prioridad	Problemáticas Identificadas
1	Falta de mediciones hidro-meteorológicas
2	Débil o incongruente ordenamiento territorial
3	Ausencia del tema hídrico en sistema de educación
4	Red de distribución del agua público-urbana obsoleta
5	Escasez e inconsistencia en datos hídricos-hidráulicos

Orden de prioridad	Problemáticas Identificadas
1	Niveles de metales pesados en especies de consumo humano
2	Niveles de metales pesados en especies vulnerables
3	Presencia de elementos tóxicos en la Bahía (agua y sedimentos)
4	Fuentes principales de metales pesados en la Bahía
5	

Orden de prioridad	Problemáticas Identificadas
1	Litoralización de la costa, impactando negativamente los ecosistemas
2	Contaminación por escurrimiento de aguas negras durante las lluvias torrenciales y vertido de aguas negras hacia la bahía
3	Arrastre de escombros durante los huracanes que van a dar a la Laguna y a la bahía de La Paz
4	
5	



Orden de prioridad	Problemáticas Identificadas
1	El acuífero de La Paz (Baja California Sur, México) se encuentra bajo una fuerte presión antropogénica, debido a las altas extracciones de agua subterránea, principalmente para el abastecimiento urbano (ciudad de La Paz, alrededor de 240,000 habitantes) y la agricultura de riego (1900 ha).
2	Aunque la intrusión de agua salada se reconoció por primera vez en los años 70, el proceso de sobreexplotación continuó y se ha formado un cono de descenso profundo, provocando que el agua de mar se infiltre hacia el centro del acuífero
3	La mala calidad del agua subterránea en la zona costera ha obligado al abandono de pozos con mayor salinidad, principalmente cerca de la costa.

Orden de prioridad	Problemáticas Identificadas
1	Calidad del agua de las fuentes de abastecimiento de la ciudad de La Paz.
2	Calidad del agua marina en plantas desalinizadoras en la ciudad de La Paz.
3	Impacto en el ecosistema marino por las plantas desalinizadoras de la ciudad de La Paz.
4	Arsénico e intrusión salina en el agua subterránea en los pozos de la ciudad de La Paz.
5	Tratamiento del agua residual para reuso de áreas verdes y riego agrícola.

Orden de prioridad	Problemáticas Identificadas
1	Falta de mediciones hidrometeorológicas
2	Red de tubería agua potable obsoleta
3	Falta de inversiones y apoyo en proyectos hidrológicos e hidráulicos



4	Ausencia de ordenamiento territorial, con incremento de la población y disminución de la oferta de agua
5	Escasa transparencia y acceso a los datos

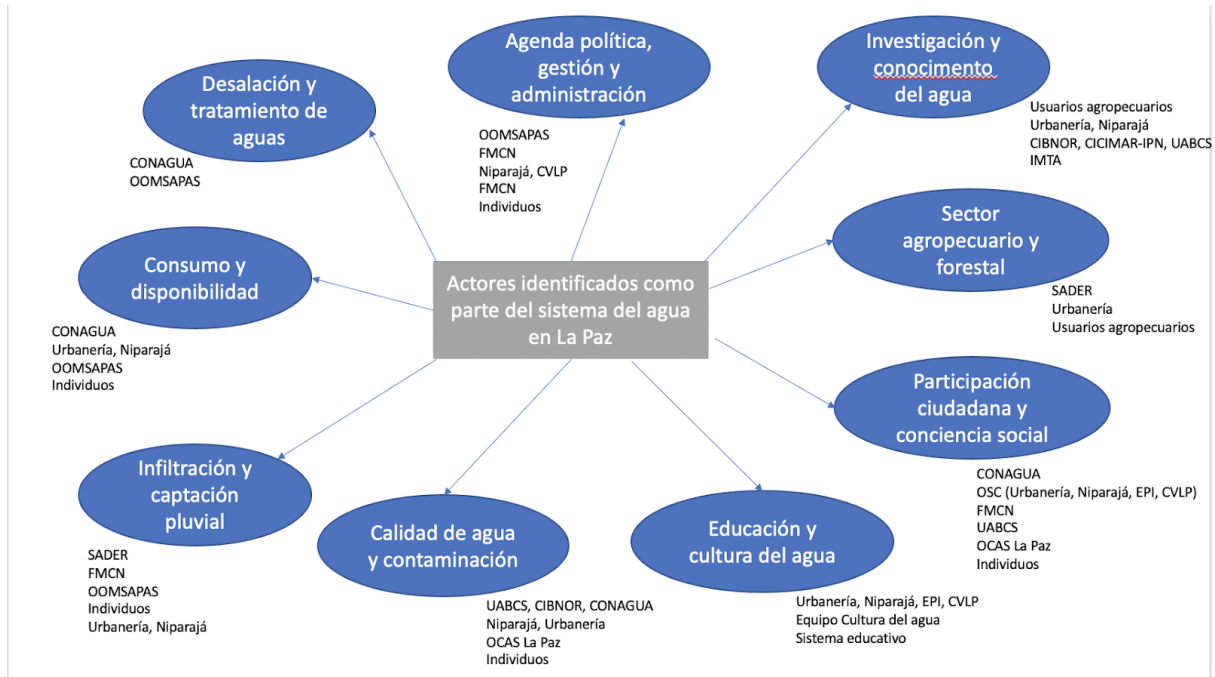
Orden de prioridad	Problemáticas Identificadas
1	se carece de estudios de regionalización relieve, drenaje, vegetación suelos a diferentes niveles de resolución
2	No se cuenta con estudios integrales que relacionen la geología el agua-suelo vegetación sociedad y que ayuden a entender el complejo sistema de la recarga del sistema acuífero de La Paz
3	Faltan estudios de geología a diferentes niveles de resolución que apoyen el entendimiento del sistema de acuíferos de La Paz
4	No se conoce a detalle el comportamiento hidrológicos de las cuenca y subcuencas de la Paz es necesario realizar estudio relacionados al tema
5	Estudios de ordenamiento territorial

Orden de prioridad	Problemáticas Identificadas
1	Plantas de tratamiento de aguas residuales deterioradas, con operación deficiente y recursos limitados.
2	Reingeniería o rehabilitación de PTAR, para que cumplan con la NOM-001-SEMARNAT-2021.
3	Descargas de aguas residuales tratadas sin cumplir con la normatividad.
4	Infiltración al Acuífero de contaminantes provenientes de las descargas de las PTAR, en el municipio de La Paz.
5	Falta de personal calificado para operar PTAR.



2. Actores involucrados en la problemática

CONANP, SEMARNAT, PROFEPA, API, SEMAR, SECTUR, Gobierno Federal, Estatal, Municipal, Centros de investigación: CICIMAR, CIBNOR, UABCS, Tecnológico de La Paz.



Actores con presencia en el mar: Prestadores de servicio turístico, Privados, Pescadores

Llevar a cabo actividades que directamente tienen un impacto en la concentración de elementos tóxicos en el mar.

Temas de interés:

Buscar soluciones alternativas como motores amigables, productos no tóxicos para el medio.

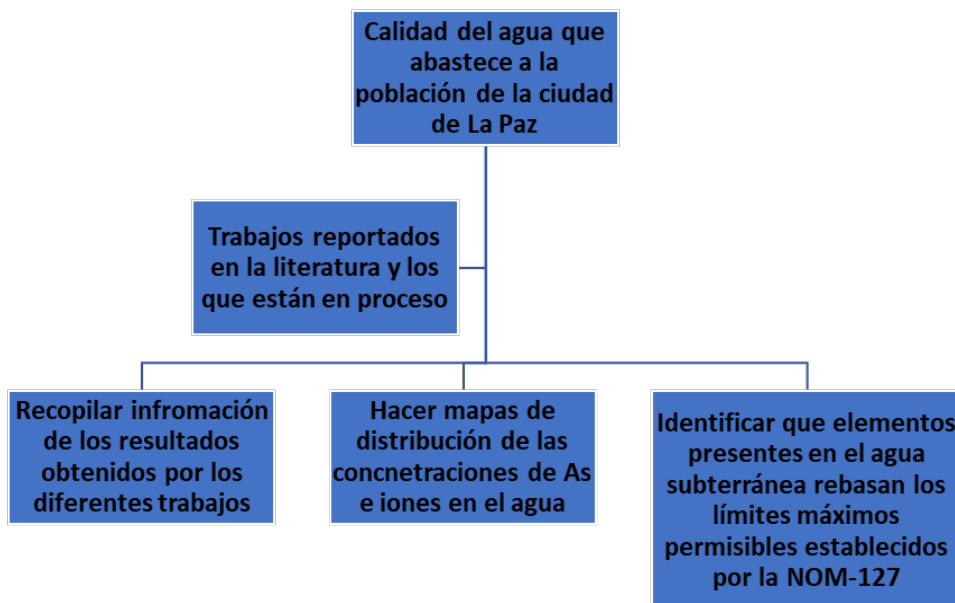
Conocer la actual condición de salud de especies directamente involucradas en la actividad turística.

Salud pública: lo que se consume es seguro? énfasis sobre peces y rayas.



Creo que podríamos abordar temas de cómo minimizar la llegada de contaminantes de la tierra hacia el mar: disminuir el consumo de productos de un solo uso, buscar alternativas amigables con el ambiente, reciclar y reusar.

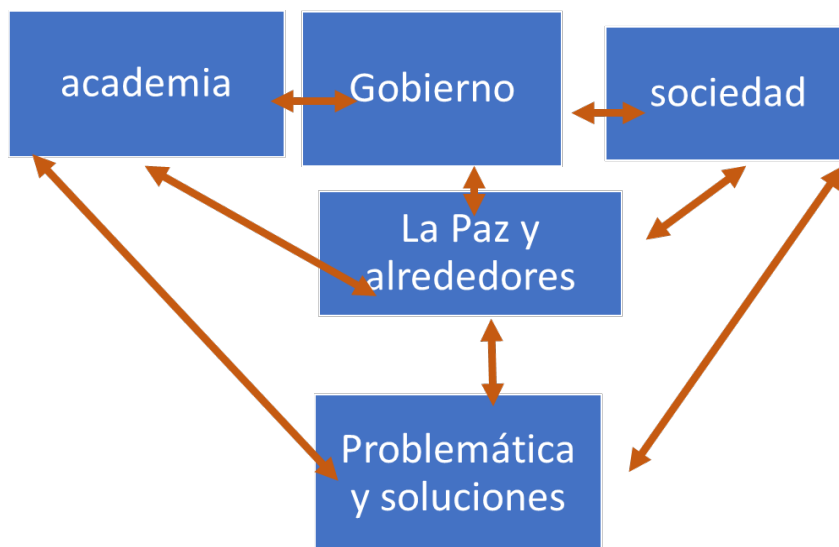
Hablar de qué impacto tiene la contaminación marina para la comunidad: turismo, economía local, salud pública. Con respecto a esto sería bueno contar con la presencia de la asociación civil que está involucrada en organizar limpiezas de playas, mangles, arrecifes, etc. Y otras que proponen soluciones alternativas para un consumo responsable.

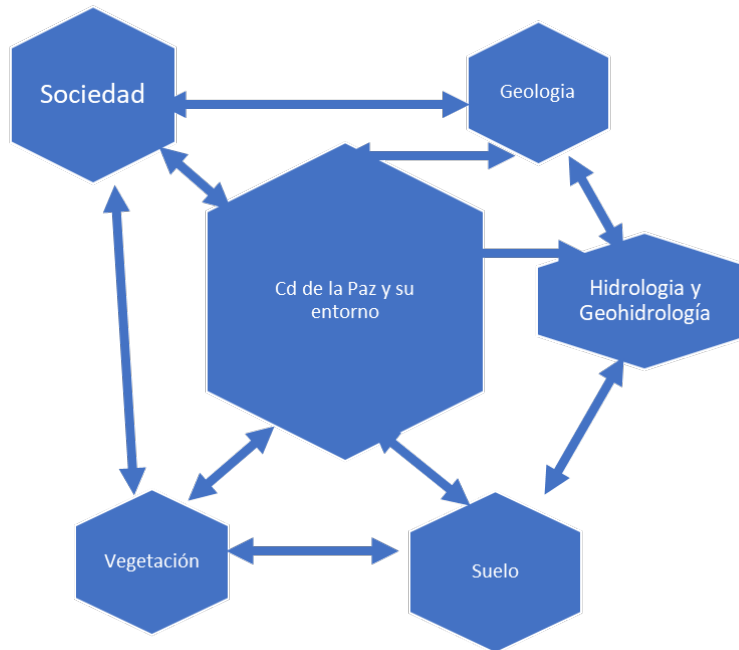




El gobierno es el actor y órgano regulador del desarrollo de la Paz, la bahía y zonas aledañas es el gobierno a los tres niveles, ellos deben tener plena conciencia del papel que desempeñan en la conservación uso y mejor aprovechamiento del recurso hídrico para generar en conjunto con la academia y sociedad un buen plan de desarrollo de la región que sea viables sostenible y que beneficie a todos. Esto se logra mediante planes regionales, integrales, sistémicos en donde la relación agua- roca- suelo vegetación sociedad y desarrollo estén incluidos y se conozcan las relaciones con sus problemáticas y soluciones así como lo concerniente a la legislación relacionada.

La academia es la instancia en donde se genera el conocimiento necesario para conocer el sistema de la Cd. de la Paz, la ensenada, la Bahía y los alrededores (geología, hidrología, suelos, vegetación, sociedad y sus relaciones, su dinámica, estado variables y recursos) todo esto se logra mediante la coordinación entre las diferentes academias relacionadas o involucradas con la problemática y su obligación es impactar de manera positiva en los niveles de gobierno y sociedad.





Se cuenta con muy poca información disponible respecto al tema de PTAR en el Estado de BCS, en particular, en el municipio de La Paz. Los documentos que están por ser publicados por CONAGUA en la actualización del Programa Hídrico Regional deberán de atender la situación actual de las PTAR, un manejo integral, desde la infraestructura, rehabilitaciones, reingeniería, nuevas PTAR, como la calidad del agua tratada, así como sus descargas sean monitoreadas en el cuerpo receptor correspondiente. Los principales actores son los siguientes:



Es importante destacar que no se cuenta con información puntual de todos los muestreos de las descargas de las PTAR del municipio de La Paz, respecto a los parámetros establecidos en la NOM-001-SEMARNAT-1996, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales, los cuales aún siguen siendo vigentes ya que después de un año de que fue publicada la NOM-001-SEMARNAT-2021, que establece los límites permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en cuerpos receptores propiedad de la nación, deberán efectuarse otros parámetros que no estaban contemplados en la anterior, siendo más exigentes respecto a los valores establecidos.



3. Tendencias identificadas

- Avance de la intrusión salina
- Actualización niveles piezométricos
- Modelación de Flujos subterráneos con datos actuales
- Disponibilidad del acuífero con datos actualizados
- Información hidrológica (volumen de escurrimiento, caracterización del estado de conservación, disponibilidad, recarga, infiltración)
- Degradación en la calidad del agua: acuífero de La Paz.
- Abatimiento del nivel del agua en humedales: Estero de San José del Cabo.
 - Afectación en la calidad del agua con impacto potencial a la salud: estero de San José del Cabo; oasis-cuerpos de agua superficial de Todos Santos
 - La vida útil de acuíferos críticos puede estar en riesgo: condición crítica en La Paz, San José del Cabo, cabo San Lucas.

La bahía de La Paz está enriquecida en arsénico y zinc probablemente debido a la liberación de materiales de la roca fosforita presente en San Juan de La costa. Esta zona ha sido una activa minería durante más de 80 años y de acuerdo con Castañón & Bañuelos (2016), la mina es responsable de proveer el 96% de la fosforita que se usa en todo México. La fosforita se utiliza en plaguicidas y como conservante en la industria alimentaria.

Es difícil establecer si las concentraciones de elementos tóxicos han empeorado en especies de megafauna marina ya que no hay estudios disponibles; sin embargo hay varios trabajos sobre concentraciones en sedimentos, y en invertebrados. Como previamente mencionado, en la actualidad no existe un archivo que se pueda consultar sobre cómo estos niveles han cambiado a lo largo del tiempo (otra falta de conocimiento en este campo).

La almeja chocolate negra *Megapitaria squalida* es un bivalvo de importancia comercial a lo largo de la costa del Pacífico de México y se utiliza como bioindicador en estudios de salud ambiental. Estudios previos de Bahía de La Paz indicaron diferencias significativas en el contenido de metales pesados entre localidades en esta almeja.



Las almejas recolectadas de siete estaciones en Bahía de la Paz, una bahía dentro del Golfo de California, antes y después de la temporada de lluvias de verano fueron analizadas para Pb, Ni, Cd, Mn, Zn, Cu y Fe. La ubicación de los sitios de muestreo afectó significativamente la concentración de metales en los tejidos de las almejas, pero no en relación con la proximidad a los sitios supuestamente contaminados. Las almejas de un sitio cercano a una mina de fosfato tuvieron los niveles más altos de Pb (en abril) (Mendez et al. 2006).

La idea sería crear un archivo sobre las concentraciones de elementos traza y metales pesados en agua, sedimento, plancton, especies de consumo, y especies claves para la bahía (podrían ser especie que usan constantemente la bahía como área de alimentación, reproducción, crianza, etc.) y tener resultados de referencias para poder compararlos con los resultados de otros años a venir.

Debido a la alta explotación de los acuíferos debido a los cultivos que se dieron en los 70's, 80's se detectó el problema de la intrusión salina y la disminución del nivel freático, sin embargo no se realizaron los ajustes necesarios para limitar el uso excesivo del agua. Si a esa problemática le agregamos la creciente urbanización, el problema se agudiza pues eso implica mayor consumo de agua, mayores desechos orgánicos, mayor contaminación lo que sugeriría una clara tendencia hacia la insostenibilidad de la región.

La degradación ambiental y social es evidente en estos últimos años. En el estado de Baja California Sur no es una excepción. Estudios en bioensayos con los organismos *D. magna* y *S. capricornutum* (Sobrino-Figueroa et al. 2015) expuestos a sedimentos de la cuenca El Carrizal con presencia de As, Cd, Pb y Zn, reportan hasta 70 % de mortalidad de estos organismos, lo que representa un riesgo para la biota. Otro trabajo reportado por Colín-Torres et al. 2014, realizó un estudio sobre el arsénico urinario en habitantes localizados en El Distrito Minero San Antonio-El Triunfo, encontrando que el 33 % de la población evaluada se encuentra en riesgo de salud, ya que presenta valores mayores al Índice Biológico de Exposición (IBE), que en el caso del As es de 35 µg/L (ACGIH 2010).

Los conflictos hídricos que ya son muy graves a estas alturas se van a agudizar cada vez más. Ya no son sólo conflictos por agua, sino que tienen aristas medioambientales y otros que comprometen el desarrollo del estado. Hay temas que van mucho más allá del agua. La



capacidad de gobernanza y gestión en este ámbito ya está en crisis y va a empeorar en la medida en que no haya cambios sustanciales.

Evidentemente que existen evidencias de las preguntas planteadas anteriormente pero hace falta la integración y diagnóstico de cada una de las preguntas y del impacto en el sistema de estudio

integrar información disponible (geología, hidrología, suelos, vegetación, precipitación recarga, cuencas y subcuencas etc.)

hacer un diagnóstico de cada componente del sistema

hacer planteamientos adecuados y soportados por la información recabada pero de manera integradora

Hacer una validación de la información académicas gubernamental existente y proponer alternativas

Actualmente, no se tiene un diagnóstico de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales en el Estado de BCS, sólo con actualizaciones anuales del inventario de las PTAR, lo cual nos permite identificar cuales ya están dadas de baja, o bien cuales se han construido recientemente, y las variaciones del caudal tratado.

La gestión ambiental en las plantas de tratamiento de aguas residuales representa un gran número de ventajas en la optimización de los procesos que se realizan en estas, al usar los recursos de manera más eficiente, aprovechando de la mejor forma y reduciendo la emisión y contaminación (Cieza Pérez y otros, 2021).

Sería de gran ayuda empezar a generar información de la calidad del agua residual tratada que se pudiera estar descargando a la bahía, impulsando el tener cero descargas de aguas residuales tratadas y gestionar recursos para ejecutar obras o acciones que fomenten un proyecto integral de la Línea Morada en el municipio.



4. Vacíos de información detectados

Sería clave tener un archivo de las variaciones anuales de los niveles de metales pesados en diferentes puntos de la bahía, en especies biomonitores (bivalvos por ejemplo) y en especies de consumo. Este tipo de información debería actualizarse constantemente. En caso de especies como el tiburón ballena, no hay diferencias significativas entre las concentraciones de elementos de un año a otro, con lo cual estaría bien repetir el mismo trabajo que yo realicé para la tesis de doctorado en 10 años y ver como ha cambiado el estado de salud de los animales nuevos y de los mismos animales.

Es importante también conocer cuál es el aporte de elementos de las compañías de Cemex y Pemex ya que están directamente conectadas con las aguas de la Bahía.

Sería muy importante hacer un estudio sobre cuánto contaminan los cruceros y los barcos de carga constantemente aparcados en la bahía.

En la zona costera se requieren estudios sobre la litoralización, es decir el aumento de construcciones en las zonas costeras. No hay estudios que indiquen su impacto en los ecosistemas marinos ni costeros, no hay una cuantificación del impacto de este proceso en la problemática de la intrusión salina en los acuíferos y la contaminación de la porción sur de la bahía. No hay series de tiempo que ayuden a entender la evolución del problema.

Aunque la intrusión de agua salada se reconoció por primera vez en los años 70, el proceso de sobreexplotación continuó. Desde entonces se han realizado una gran cantidad de estudios, pero todavía existe una controversia sobre la gravedad del problema con respecto al volumen de agua de mar que ha infiltrado en el acuífero de La Paz, y el volumen actual de sobreexplotación del sistema acuífero.

- Base de datos con la información de los resultados de las concentraciones de As e iones de los diferentes trabajos realizados.
- Estudios sobre el impacto al ecosistema marino y la calidad del agua marina en las plantas desalinizadoras.
- Tratamiento de aguas residuales para reuso agrícola y riego de áreas verdes.



Saber cuánta agua es aconsejable bombear dependerá no precisamente de las propiedades locales del acuífero sino de las regionales, pues el agua está conectada desde donde entra (input) hasta donde sale (output), sin importar qué tan grandes son las distancias. Lo que bombea un usuario de una u otra manera afecta al resto de pozos (por alejados que estos se encuentren) pues todos disponen del mismo recurso en el mismo recipiente, el acuífero.

Desconocer los recursos naturales en cantidad, calidad y distribución hace difícil tomar decisiones oportunas y concretas, por ello es importante conocer la vocación de un terreno, para saber si será capaz de soportar un determinado impacto ambiental. Algo que aparentemente traerá beneficios, puede producir problemas de gran magnitud con el entorno si no se analiza previamente.

Una de las tareas a desarrollar para la toma de decisiones son los balances de aguas subterráneas, que de manera básica consisten en: registrar las entradas, salidas y el cambio de almacenamiento que se presentan en un lapso determinado en el acuífero, con el propósito de cuantificar su potencialidad. También se sugiere implementar manejos integrales de las principales cuencas del estado, de manera homogénea y ordenada.

Se necesita con premura la elaboración de estudios de diagnóstico profesionales elaborados por hidrólogos que conozcan la región y que involucren la realización de pruebas en campo para determinar la disponibilidad real de los principales acuíferos del estado. Mientras se siga confiando en estudios que no tienen trabajo de campo que los sustente, las cifras relacionadas a nuestras cuencas y acuíferos (recarga, intrusión, extracción) tendrán poca fiabilidad y certidumbre.

A pesar de la existencia de diferentes trabajos con diferente enfoque y disciplinas actualmente es desconocida la relación entre roca-suelo-agua-vegetación y sociedad de manera integral y sistemática a un nivel de resolución adecuado, la mayoría de los trabajos carecen del carácter sistémico e integrador (holístico) y nivel de resolución adecuado. Sin embargo contienen información básica que puede ser integrada como una primera aproximación de un diagnóstico integral para plantear soluciones y estrategias integrales



que puede apoyar el proceso de estudio que se pretende realizar en la Bahía de La Paz que requiere el de la cuenca y subcuencas de La Paz. En el contexto anterior

la región carece de trabajos geológicos, edafológicos, de vegetación, de hidrología superficial, hidrología subterránea, precipitación, a una escalas adecuadas para estudiar a detalle y obtener información de la relación que existe entre geología y sistema de recarga al o los sistemas de acuíferos de La Paz, la ensenada y alrededores.

Los principales vacíos en general serán:

La falta de un ordenamiento territorial

estudios de uso del suelo

estudios de geomorfología (drenaje relieve, geoformas)

estudios de geología enfocada a la recarga (zonas de captación, de escurrimiento e infiltración de recargas, percolación)

estudios del subsuelo (para conocer la estratigrafía la estructura del subsuelo donde se define el sistema de acuífero(s) de La Paz

estudios para cuantificar la verdadera relación entre recarga y extracción su potencial y conservación del recurso

Planeación del crecimiento de la población de La Paz y zonas aledañas.

proyectos de gobernabilidad apoyados en todo lo anterior

proyectos de cultura en la sociedad

proyectos de acercamientos a la ciencia

A pesar de contar con un portal de transparencia en las diversas dependencias gubernamentales, responsables del monitoreo y la calidad del agua, no se tiene la suficiente información respecto a la mayoría de los parámetros que establece la normatividad, misma que no se publica.



5. Propuestas de cambio

En su mayoría se tendrían que hacer estudios propios en la zona de interés, sin embargo habrá temas que puedan ser inferidos a través de trabajos publicados en otros sitios ya nacionales o internacionales.

A continuación se incluyen temas a documentar o propuestas de investigación:

Determinar los volúmenes de materiales orgánicos e inorgánicos que aportan las cuencas hidrográficas de influencia a la bahía y laguna de La Paz.

Determinar los volúmenes de agua superficial y subterránea en las cuencas hidrográficas que drenan a la bahía y laguna de La Paz.

Identificar la correlación que existe entre el aporte del agua superficial y subterránea por las cuencas hidrográficas de influencia a la bahía y laguna de La Paz, y la presencia y estabilidad de los ecosistemas marinos en esos cuerpos de agua marina.

Identificar fuentes potenciales de contaminación del agua y sedimentos de los cuerpos de agua de la bahía y laguna de La Paz, a través del análisis elemental de los sedimentos de arroyos, playas, planicies de inundación, zonas de manglar y fondo marino, del análisis elemental del agua residual de la planta generadora de electricidad CFE, de la planta minera Roca Fosfórica Mexicana, de las plantas desaladoras privadas, del agua de pozos playeros¹ y del agua hidrotermal como es el caso de la zona costera en el poblado El Sargento.

1 Nota. El sustrato de los acuíferos aporta minerales al agua subterránea, y en el evento de que el acuífero aporte por vía subterránea agua al ambiente marino estaría aportando ya sea nutrientes o elementos potencialmente tóxicos a los cuerpos de agua marina.

Determinar la composición elemental, bacteriológica, hidrocarburos y contaminantes emergentes en el agua de la bahía y laguna de La Paz.

Se desconoce, cuánto material sedimentario aporta cada cuenca. Se desconoce qué cuencas presentan intrusión salina (excepto cuenca La Paz), por lo que se desconoce cuánta



agua subterránea y por escorrentía se está aportando a la bahía. Por lo que se requieren estudios de línea base para identificar si hay una correlación con la presencia de flora y fauna en los cuerpos de agua marinos. Se desconoce la geoquímica de los materiales sedimentarios que son aportados de estas cuencas hidrográficas a los cuerpos de agua marinos, por lo que es necesario un estudio de los materiales en las bocas de las cuencas hidrográficas y a lo largo de todas las playas de ambos cuerpos de agua marina.

Monitoreo de los desechos producto de la desalación en algunos sitios costeros para la obtención de agua potable, como en la costa de la península de Pichilingue.

- Implementar el Plan de Acción de Manejo Integral de la cuenca (PAMIC) La Paz, una herramienta integral con un enfoque sistémico que permite identificar las acciones prioritarias para conservar nuestra cuenca y agua subterránea, así como las personas e instituciones que pueden implementarlas.
 - Incluir el aprovechamiento y reuso del agua en la planeación urbana
 - Elaboración de un dictamen consensuado sobre la factibilidad y riesgos de plantas desalinizadoras.
 - Generación de un catálogo de propuestas de obras de recarga.
 - Traducción a lenguaje ciudadano de indicadores de sequía, mediante manuales para usuarios, trípticos y boletines informativos en medios de difusión.
 - Construcción, actualización de indicadores clave sobre disponibilidad y calidad del agua en acuíferos críticos, administrados a manera de informes trimestrales, cuatrimestrales o semestrales por la CEA y el COSCYT, con la participación de las entidades del sector y las instituciones de educación superior.

La cancelación de todo el plan de los cruceros por parte del municipio es un ejemplo de cómo la presión social puede tener un impacto en las decisiones políticas. Esto no es un ejemplo de aplicación de ciencia local, pero es un ejemplo de cómo la ciudadanía tiene una voz que, a veces, viene escuchada y puede lograr un cambio. Creo que el Foro debería impulsar a que la ciudadanía comparta su opinión con respecto a las preocupaciones actuales que, al fin y al cabo están relacionadas a una cuestión de salud humana y bienestar de todos.



- Recopilar toda la información sobre los resultados obtenidos sobre la calidad del agua del acuífero de La Paz, incluyendo subcuencas y cuencas aledañas que podrían tener un aporte importante.
-
- Identificar las altas concentraciones de arsénico e iones por ejemplo cloruros y sodio, con esta información se puede hacer un mapa de distribución de las concentraciones y posteriormente se puede conocer que concentraciones rebasan los límites máximos permisibles establecidos por la NOM-127.
-
- Pláticas de divulgación a la comunidad, para tener informada a la población de la situación actual sobre la calidad del agua.

Considerar el concepto de sistema y su enfoque como una aproximación a identificar y dar solución a las diversas problemáticas de la paz y (zonas aledañas) considerando que el tema de estudio es complejo, natural dinámico en donde las aproximaciones individuales Unidisciplinarias, no solucionan la problemática de manera integral.

Es importante manifestar que, se han estado haciendo foros de consulta en donde se invitan a los diferentes actores relacionados con la calidad del agua y en particular el tema de las PTAR, han sido de mayor interés, ya que son infraestructuras que se cuenta con muy poca información y relativamente no hay investigación científica en este rubro, siendo una gran oportunidad de que se gestionen recursos para que se comience a generar este tipo de información que es muy relevante. Las PTAR son infraestructuras que requieren una atención inmediata, ya que, los nutrientes con los que cuenta el agua residual tratada son vitales para el reúso de áreas verdes, disminuyendo el uso de agua de primer uso, y lo principal, que la calidad del agua cumpla con la normatividad aplicable para tal fin, evitando con ello cualquier tipo de contaminación, ya sea por infiltración o por descarga a la bahía.



6. Referencias

- ACGIH (2010). Threshold limit values (TLVs) for chemical substances, physical agents, and biological exposure indices (BEIs). American Conference of Governmental Industrial Hygienists, Cincinnati, Ohio, EUA, 210 pp.
- Acosta Alonso, A.L., 2021. Cambios ontogénicos en la dieta del cazón bironche *Rhizoprionodon longurio* en la Bahía de La Paz, B.C.S., México. Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas La Paz, B. C. S., México pp. vii, 47 h.
- Ángeles M. y Gámez A., 2016. Neoliberalización, turistización y transformaciones urbanas. Hacia una agenda de investigación del caso de La Paz, Baja California Sur, México. En Guillen A. et al. Coordinadores, Políticas públicas para enfrentar la crisis y alcanzar un desarrollo sustentable.
- Asociación Nacional de Entidades de Agua y Saneamiento de México A.C.
- Barrera-García, A., O'Hara, T., Galván-Magaña, F., Méndez-Rodríguez, L.C., Castellini, M. and Zenteno-Savín, T. 2012. Oxidative stress indicators and trace elements in blue shark (*Prionace glauca*) off the east coast of the Mexican Pacific Ocean. *Comparative Biochemistry and Physiology, Part C*, 156: 59-66. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.cbpc.2012.04.003>.
- Campos Vázquez, R.A., 2014. Ciclo reproductivo de los corales *Pocillopora verrucosa* (Ellis y Solander, 1786) y *Pocillopora meandrina* (Dana, 1846) en Isla Gaviota, Bahía de La Paz, México. Maestría en Manejo de Recursos Marinos Thesis, Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas La Paz, B. C. S., México vi, 65 h.
- Castañón, L.S., and Bañuelos, G.P. 2016. San Juan de la Costa: un pequeño recorrido por su historia. In: Breve historia de los pueblos mineros de Baja California Sur (Ed. 1). Universidad Autónoma de Baja California Sur, 2016.



Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México. ISN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), noviembre-diciembre, 2021, Volumen 5, Número 6. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v5i6.1310 p 13108

Colín-Torres C.G., Murillo-Jiménez J.M., del Razo L.M., Sánchez-Peña L.C., Becerra-Rueda O.F. y Marmolejo-Rodríguez A.J. (2014). Urinary arsenic levels influenced by abandoned mine tailings in the Southernmost Baja California Peninsula, Mexico. *Environ. Geochem. Hlth.* 36 (5), 845-854. DOI: 10.1007/s10653-014-9603-x

Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). 2020. Actualización de la disponibilidad de agua en el acuífero La Paz (0324), estado de Baja California Sur.

CONAGUA (Comisión Nacional del Agua). 2015. Actualización de la disponibilidad media anual de agua subterránea del acuífero (0319) San José del Cabo. Gerencia de Aguas Subterráneas, Subgerencia de Evaluación y Ordenamiento de Acuíferos. 31 pp.

Cruz Hernández, J., 2006. Cambio temporal de la tasa de depredación de labidocera en la Bahía de La Paz, B.C.S. México. Maestría en Manejo de Recursos Marinos Thesis, Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, La Paz, B. C. S., México 56 h.

Cruz-Falcon, A., Murillo-Jiménez, J., Troyo-Diéguez, E. y Nava-Sánchez, E. (2016) Distribución de sales y arsénico en el acuífero de La Paz B.C.S., México: *Recursos Naturales y Sociedad*, 2 (2): 56-76

Cruz-Falcón, A., Ramírez-Hernández, J., Vázquez-González, R., Nava-Sánchez, E.H. 2013. Estimación de la recarga y balance hidrológico en el acuífero de La Paz. *Universidad y Ciencia*, 29,1

Chávez López, Saúl. (2020). Efecto antrópico en la geomorfología y morfodinámica de la franja costera de la Laguna de La Paz, Baja California Sur, México. *Investigaciones geográficas*, (103), e60084. Epub 09 de marzo de 2021. <https://doi.org/10.14350/rig.60084>



De residuo a recurso Cambiando paradigmas para intervenciones más inteligentes para la gestión de aguas residuales en América Latina y el Caribe, Diego J. Rodríguez, Héctor Alexander Serrano, Anna Delgado, Daniel Nolasco y Gustavo Saltiel. © 2020 Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento/Banco Mundial.

Del Razo L.M., García-Vargas G.G., Valenzuela O.L., Hernández E., Sánchez L.C., Currier J.M., Drobná Z., Loomis D y Stýblo M. (2011). Exposure to arsenic in drinking water is associated with increased prevalence of diabetes: a cross-sectional study in the Zimapán and Lagunera regions in Mexico. *Environmental Health*. 10 (73), 1-11. DOI: 10.1186/1476-069X-10-73

Diosdado Anaya, J.Á., 2006. Revisión taxonómica de policládidos (Platyhelminthes: turbillaria) de la Bahía de La Paz, Baja California Sur, México. Maestría en Manejo de Recursos Marinos Thesis, Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, La Paz, B. C. S., México ix, 81 h. <https://www.repositoriodigital.ipn.mx/handle/123456789/14205>

Duran Lizárraga, M.E., 1998. Caracterización de los buceos de alimentación del lobo marino *Zalophus californianus* y su relación con variables ambientales en la Bahía de La Paz, B.C.S. Maestría en Manejo de Recursos Marinos Thesis, Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, La Paz, B. C. S., México, 82 h.

Ehemann, N.R., 2017. Nicho trófico de *Rhinoptera steindachneri* en La Bahía de La Paz, Baja California Sur, México. Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, La Paz, B. C. S., México, pp. xii, 46 h. <https://www.repositoriodigital.ipn.mx/handle/123456789/26350>

Escolero, O. and Torres-Onofre, S., 2007. Análisis de la intrusión de agua de mar en el acuífero de La Paz (México), *Bol. Geol. Min.*, 118 (2007), pp. 637–648

Gárate Lizárraga, Ismael y otros, 2012. Short-term dinoflagellate bloom in a shrimp pond in Bahía de La Paz, Gulf of California. <https://www.repositoriodigital.ipn.mx/handle/123456789/13338>



Gárate Lizárraga, Ismael., Muciño Márquez, Rocio Elizabeth, 2012. Blooms of *Trichodesmium erythraeum* and *T. thiebautii* (Cyanobacteria, Oscillatoriales) in the Bahía de La Paz, Gulf of California. 1870-0713.

García Cuellar, J.Á., 2001. Ciclo reproductivo de la madreperla *Pinctada Mazatlanica* (Hanley, 1856), y su relación con los fenómenos "El Niño" y "La Niña" (1997-1999), en La Isla Espíritu Santo, Baja California Sur, México. Maestría en Manejo de Recursos Marinos Thesis, Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas., La Paz, B.C.S., México, xi, 74 h.

Gil González, D.A., 2021. Bienestar de pescadores ribereños derivado de la prestación de servicios turísticos en Bahía de La Paz, México. Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas La Paz, B. C. S., México pp. iv, 64 h.

Guevara Martínez, J., & Guevara Fiore, S. (2015). De la cultura de la basura a la cultura de los residuos: comunicación estratégica para el cambio de actitudes ciudadanas. Cuadernos De H Ideas, 9(9). Recuperado a partir de <https://perio.unlp.edu.ar/ojs/index.php/cps/article/view/2800>

Haeffner, M, K Galvin y Vázquez A., 2017. Urban water development in La Paz, Mexico 1960-present: a hydrosocial perspective. *Water History*.

Hernández-Morales, P., Wurl, J., Green-Ruiz, C., & Morata, D. (2021). Hydrogeochemical Characterization as a Tool to Recognize "Masked Geothermal Waters" in Bahía Concepción, Mexico. *Resources*, 10(3), 23.

Hinojosa Medina, A., 2004. Bahía de La Paz: Hábitat de desove de peces de la familia Clupeidae. Maestría en Manejo de Recursos Marinos Thesis, Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, La Paz, B.C.S., México, vi, 107 <https://www.repositoriodigital.ipn.mx/handle/123456789/14426>

https://www.repositoriodigital.ipn.mx/handle/123456789/385/browse?type=title&sort_by=1&order=ASC&rpp=20&etal=-1&null=&offset=396



Inventario Nacional de Plantas Municipales de Potabilización y de Tratamiento de Aguas Residuales en Operación, Diciembre 2020, CONAGUA.

Kot, F., Green-Ruiz, C.R., Páez-Osuna, F., Shumilin, E. 1999. Distribution of Mercury in Sediments from La Paz Lagoon, Peninsula of Baja California, Mexico. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology 63(1):45-51. DOI:[10.1007/s001289900946](https://doi.org/10.1007/s001289900946)

Lladó Cabrera, D., 2020 Partición de recursos tróficos por tres especies de tiburones en Bahía de La Paz, B.C.S. Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas La Paz, B. C. S., México pp. ix, 65 <https://www.repositoriodigital.ipn.mx/handle/123456789/26259>

Mahlknecht, J., Merchán, D., Rosner, M., Meixner, A., & Ledesma-Ruiz, R. (2017). Assessing seawater intrusion in an arid coastal aquifer under high anthropogenic influence using major constituents, Sr and B isotopes in groundwater. *Science of the Total Environment*, 587, 282-295.

Marcín Medina, R., 1997. Comportamiento del tursión (*Tursiops truncatus* Montagu, 1821) en la Ensenada de La Paz, Baja California Sur, México. Maestría en Manejo de Recursos Marinos Thesis, Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, La Paz, B.C.S., México, vii, 79 h.

Martínez Morales, M.G., 2019. Ciclo reproductivo del ofiuroido *Ophiocomella alexandri* (LYMAN, 1860) y la influencia de la luna en la liberación de sus gametos en Bahía de La Paz, BCS. Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas La Paz, B. C. S., México pp. xiii, 56 [h.].

Martínez Torres R. M. (2018). El manejo de residuos sólidos urbanos ante desastres por huracanes: una contribución a la resiliencia urbana-costera en la ciudad de Tulum, Quintana Roo. Tesis de Maestría. Universidad de Quintana Roo. 116 pp.

Méndez Trejo, M.d.C., 2013. Complejidad agregada del hábitat de los anfípodos asociados a los bosques de *Sargassum* ssp. en Bahía de La Paz, Baja California Sur. . Maestría en



- Manejo de Recursos Marinos Thesis, Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas La Paz, B. C. S., México xvi, 119 h.
- Méndez, L., Palacios, E., Acosta, B. et al. Heavy metals in the clam *Megapitaria squalida* collected from wild and phosphorite mine-impacted sites in Baja California, Mexico. *Biol Trace Elem Res* 110, 275 (2006). <https://doi.org/10.1385/BTER:110:3:275>
- Mora Pérez, M.G., 2005. Biología reproductiva del coral *Porites panamensis* Verrill 1866 (Anthozoa: Scleractinia), en Bahía de La Paz, Baja California Sur, México. Maestría en Manejo de Recursos Marinos Thesis, Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, La Paz, B. C. S., México, viii, 81 h.
- Nava-Sánchez, E. H., Martínez-Flores, G., & Murillo-Jiménez, J. M. 2019. Factores que provocan la erosión de playas en Baja California Sur, México. *Revista Comunicaciones Científicas Y Tecnológicas*, 4(1), 305–316. Recuperado a partir de <https://revistas.ues.edu.sv/index.php/comunicaciones/article/view/1469>
- Newman, M.C. and Unger, M.A. 2002. *Fundamentals of ecotoxicology*. Lewis publisher. CRC Press Company, London, UK
- ONU (1994), Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación y la Sequía. Naciones Unidas – Centro de Información. México, Cuba y República Dominicana, Organización de las Naciones Unidas, Informe oficial en línea http://www.cinu.org.mx/temas/des_sost/desert.htm. (04 de junio, 2012).
- Oropeza Orozco, O. (2004), "Evaluación de la vulnerabilidad a la desertificación", en Martínez, J., A. Fernández Bremauntz y P. Osnaya (comps.), *Cambio climático: una visión desde México*, SEMARNAT–INE, pp. 303–314.
- Páez-Osuna, F., Álvarez-Borrego, S., Ruiz-Fernández, A.C., García-Hernandez, J., Jara-Marini, E.M., Bergés-Tiznado, M.E., Piñon-Gimate, A., Alonso Rodríguez, R., Soto-Jiménez, M.F., Frías-Espericueta, M.G., Ruelas Inzunza, J.R., Green-Ruiz, C.R., Osuna-Martínez, C.C., and Sánchez Cabeza, J.A. 2017. Environmental status of the Gulf of California: A



pollution review. Earth-Science Reviews, 166: 181-205. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2017.01.014>.

Pancaldi, F. Páez-Osuna, F., Soto-Jiménez, M.F., Whitehead, D.A., González-Armas, Vázquez-Haikin, A.R., Becerril-García, E.E., Galván-Magaña, F. (2021). Accumulation of silver, chrome, manganese and nickel in two stranded whale sharks (*Rhincodon typus*) from the Gulf of California. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, <https://doi.org/10.1007/s00128-021-03244-1>

Pancaldi, F. Páez-Osuna, Marmolejo-Rodríguez, A.J., Whitehead, D.A., González-Armas, R., Soto-Jiménez, M.R., O'Hara, T., Vázquez-Haikin, A., Galván-Magaña, F. (2021). Variation of essential and non-essential trace 4 elements in whale shark epidermis associated to two different feeding areas of the Gulf of California. *Environmental Science and Pollution Research* <https://doi.org/10.1007/s11356-021-13364-0>

Pancaldi, F., Galván-Magaña, F., González-Armas, R., Soto-Jiménez, M.F., Whitehead, D.A., O'Hara, T., Marmolejo-Rodríguez, A.J., Vázquez-Haikin, A., and Páez-Osuna, F., 2019a. Mercury and selenium in the filter-feeding whale shark (*Rhincodon typus*) from two areas of the Gulf of California, Mexico. *Marine Pollution Bulletin*, 146: 955-961. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.07.017>.

Pancaldi, F., Marmolejo-Rodríguez, A.J., Soto-Jiménez, M.F., Murillo-Cisneros, D.A. Becerril García, E.E., Whitehead, D.A., González-Armas, R., Galván-Magaña, F., and Páez-Osuna, F. (2020). Trace elements in the whale shark (*Rhincodon typus*) liver: an indicator of the health status of the ecosystem base (plankton). *Latin American Journal of Aquatic Research*, 49 (2) <https://doi.org/10.3856/vol49-issue2-fulltext-2535>

Pancaldi, F., Páez-Osuna, F., Soto-Jiménez, M.F., González-Armas, R., O'Hara, T., Marmolejo-Rodríguez, A.J., Vázquez-Haikin, A., and Galván-Magaña, F. 2019b. Trace elements in tissues of whale sharks (*Rhincodon typus*) stranded in the Gulf of California, Mexico. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 103 (4): 515-520. Doi: <https://doi.org/10.1007/s00128-019-02640-y>.



Pérez Reyes, C., 1997. Composición química de *Sargassum* spp. colectado en la Bahía de La Paz B.C.S. y la factibilidad de su aprovechamiento en forma directa o como fuente de alginato. Maestría en Manejo de Recursos Marinos Thesis, Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, La Paz, B.C.S., México, viii, 86 h.

Pliego Cárdenas, R., 2009. Biología reproductiva del pulpo *octopus hubbosorum* Berry, 1953 (cephalopoda, octopodidae) en la Isla Espíritu Santo, Golfo de California, México Maestría en Manejo de Recursos Marinos Thesis, Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, La Paz, B.C.S., México, vii, 53 h. pp.

Programa Hídrico Estatal de Baja California Sur 2015-2021

Prol-Ledesma, R. M., Carrillo De La Cruz, J. L., Torres-Vera, M. A., & Estradas-Romero, A. 2021 High heat flow at the SW passive margin of the Gulf of California. Terra Nova. WITpress

Reynolds, J. F., F. T. Maestre, E. Huber-S., J. Herrick y P. R. Kemp (2005), "Aspectos socioeconómicos y biofísicos de la desertificación", *Ecosistemas*, vol. 14, no. 3, pp. 3–21.

Rodríguez Meza, G.D., 2005. Caracterización geoquímica por componentes mayores y elementos traza de sedimentos de los ambientes marinos costeros adyacentes a la Península de Baja California. Doctorado en Ciencias Marinas Thesis, Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, La Paz, B. C. S., México, xiv, 279 p.

Rodríguez R., Ramos J.A. y Armienta A. (2004). Groundwater arsenic variations: the role of local geology and rainfall. *Applied Geochemistry*. 19, 245-250. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.apgeochem.2003.09.010>

Romero González, A.C., 2018. Efecto del ambiente en la comunidad intermareal de playas arenosas protegidas en la Bahía de La Paz, B.C.S., México. . Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas La Paz, B. C. S., México pp. xv, 92 h. <https://repositoriodigital.ipn.mx/handle/123456789/26234>



- Rosales-Ramírez, T.T., 2012. Reconocimiento químico e isotópico del acuífero costero de La Paz, B.C.S, Evaluación de una posible intrusión marina. Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California, Universidad Autónoma de Baja California, México (2012) (M.Sc. Thesis. 140 pp.)
- Rosenzweig, C., D. Karoly, M. Vicarelli, P. Neofotis, O. Wu, G. Casassa, A. Menzel, T. L. Root, N. Estrella, B. Seguin, P. Tryjanowski, C. Liu, S. Rawlins and A. Imeson (2008), "Attributing physical and biological impacts to anthropogenic climate change", *Nature*, no. 453, pp. 353–357.
- Sáenz Martínez, P.G., 1999. Biología reproductiva de la almeja navaja *Tagelus californianus* (Conrad, 1837) en Puerto Balandra, B.C.S. México. Maestría en Manejo de Recursos Marinos Thesis, Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, La Paz, B. C. S., México, xviii, 63 h.
- Salinas Zacarías, M.A., 2005. Ecología de los tursiones, *Tursiops truncatus*, en la Bahía de La Paz, B.C.S. Doctorado en Ciencias Marinas Thesis, Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, La Paz, B. C. S., México, 102 h.
<https://www.repositoriodigital.ipn.mx/handle/123456789/14337>
- Salinas Zavala, C. A., S. E. Lluch Cota e I. Fogel (2006), "Historia del desarrollo del cultivo invernal de trigo en cinco distritos de riego en el Desierto de Sonora, México", *Interciencia (Venezuela)*, vol. 31, núm. 4, pp. 254–261.
- Sánchez Torres Esqueda, G., J. E. Jospina Noreña, C. Gay García and C. Conde (2011), "Vulnerability of water resources to climate change scenarios. Impacts on the irrigation districts in the Guayalejo–Tamesí river basin, Tamaulipas, Mexico", *Atmósfera*, vol. 24, no. 1, pp. 141–155.
- Sanchez, Alberto & Gómez-León, Adriana & Shumilin, Evgueni & Rodríguez-Figueroa, Griselda & Carreño, Ana. (2018). Abundance and distribution of benthic foraminifera as indicators of the quality of the sedimentary environment in a subtropical lagoon, Gulf of California. *Marine Pollution Bulletin*. 130. 31-39. 10.1016/j.marpolbul.2018.03.013.



- Silva Méndez, V.M., 2021. Dinámica de la flota pesquera de Huachinango (*Lutjanus Peru*) en la región de Bahía de La Paz, B. C. S., México. Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas La Paz, B. C. S., México p. 47
<https://www.repositoriodigital.ipn.mx/handle/123456789/26391>
- Simota, C. and M. Dumitru (2010), "Biophysical criteria designating agriculture drought affected areas in the context of climate changes", BALWOIS – Ohrid, pp. 1–10.
- Sobrino-Figueroa A.S., Becerra-Rueda O.F., Magallanes-Ordóñez V.R., Sánchez-González A. y Marmolejo-Rodríguez A.J. (2015). Toxicity in semiarid sediments influenced by tailings of an abandoned gold mine. *Environ. Monit. Assess.* 187 (1), 4158-4166. DOI: 10.1007/s10661-014-4158-y
- Soto-Jiménez, F.M. 2011. Trace element trophic transfer in aquatic food webs. *Hidrobiológica*, 21: 239-248.
- Thorntwaite, C. W. (1931), "The climates of North America: According to a new classification", *Geographical Review*, vol. 21, no. 4, pp. 633–655.
- Torres-Martínez, J. A., Mora, A., Ramos-Leal, J. A., Morán-Ramírez, J., Arango-Galván, C., & Mahlkecht, J. (2019). Constraining a density-dependent flow model with the transient electromagnetic method in a coastal aquifer in Mexico to assess seawater intrusion. *Hydrogeology Journal*, 27(8), 2955-2972.
- Trejo Ramírez, A., 2017. Caracterización de La Bahía de La Paz, Baja California Sur, México, como una posible área de crianza del tiburón bironche, *Rhizoprionodon longurio* (Jordan & Gilbert, 1882). Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas La Paz, B. C. S., México pp. xii, 132 h.
<https://www.repositoriodigital.ipn.mx/handle/123456789/26372>
- Troyo Diéguez, E., A. Nieto Garibay, J. L. García Hernández, B. Murillo Amador y M. Cariño M (2008), "Diagnóstico agro-ambiental de Baja California Sur: estado actual y alternativas para el desarrollo agropecuario sostenible", en Cariño, M. y M. Monteforte (eds.), *Del saqueo a la conservación: historia ambiental contemporánea*



de Baja California Sur, 1940–2003, SEMARNAT–INE–UABCS–CONACYT, México, pp. 551–570.

Velázquez-Pedroza, K., Murillo-Jiménez, J., Marmolejo-Rodríguez, A., Nava-Sánchez, E., Morales-Puente, P., Wurl, J. y Hernández-Pérez, E. (2019). Caracterización hidrogeoquímica en la cuenca hidrológica El Carrizal, Baja California Sur, México: Revista Internacional Contaminación Ambiental 35 (1): 47-64. DOI: <https://doi.org/10.20937/RICA.2019.35.01.04>

Vélez Arellano, M.N., 2012. Ciclo reproductivo del quitón *Chiton virgulatus* Sowerby, 1840 en dos localidades de La Bahía de La Paz, B. C. S., México. Maestría en Manejo de Recursos Marinos Thesis, Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, La Paz, B. C. S., México, x, 61 h.

Vives Pérez, A., 2018. Calidad de la gónada del erizo de mar *Tripneustes depressus* (Agassiz, 1863, Echinodermata: Echinoidea) en la Bahía de La Paz, BCS, México. Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas La Paz, B. C. S., México pp. xi, 74 h.

Wright-Lopez Humberto 2011 Mediterranea. Serie de Estudios Biologicos 3321.pdf

Comparación de las macroalgas epizoicas en la madreperla *Pinctada mazatlanica* (Hanley 1856) con las de fondos rocosos en la Bahía de La Paz, Baja California Sur, México

Wurl J., Mendez-Rodríguez L., Acosta-Vargas B. (2014). Arsenic content in groundwater from the southern part of the San Antonio-El Triunfo mining district, Baja California Sur, Mexico. Journal of Hydrology. 518, 447-459: DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2014.05.009>

Wyatt C.J., Fimbres C., Romo L., Mendez R.O. y Grijalva M. (1998). Incidence of heavy metal contamination in water supplies in northern Mexico: Environ Res. 76 (2), 114-119. DOI: <http://dx.doi.org/10.1006/enrs.1997.3795>



7. Fuentes de información

Nombre del documento	Año	Autores	Liga	Breve descripción
Acuerdo por el que se actualiza la disponibilidad media anual de agua subterránea de los 653 acuíferos de los Estados Unidos Mexicanos, mismos que forman parte de las regiones hidrológico-administrativas que se indican.	2020	Diario Oficial de la Federación (DOF). Secretaría de Gobernación (SEGOB).	http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5600593&fecha=17/09/2020 .	Incluye las disponibilidades de los acuíferos de todo el país.
Actualización de la Disponibilidad de Agua en el Acuífero La Paz, estado de Baja California Sur.	2020	CONAGUA Subdirección General Técnica Gerencia de aguas subterráneas.	https://sigagis.conagua.gob.mx/gas1/Edos_Acuiferos_18/BajaCaliforniaSur/DR_0324.pdf	Documento que precisa los datos y procedimiento para calcular la disponibilidad del acuífero de La Paz
Aqueduct 3.0 Country Rankings. Dataset.	2019	World Resources Institute.	https://www.wri.org/data/aqueduct-30-country-rankings	Este conjunto de datos muestra la exposición promedio de los países y provincias a seis de los indicadores de riesgo hídrico de Aqueduct 3.0: estrés hídrico de referencia, riesgo de inundaciones fluviales y riesgo de sequía.
Distribución de sales y arsénico en el acuífero de La Paz BCS, México	2016	Cruz-Falcón Arturo, Murillo-Jiménez Janette Magalli Troyo-Diéguez Enrique y	http://www.cibnor.gob.mx/revistas/pdfs/vol2num2/ARTICULO_4.pdf	Distribución STD y As



		Nava-Sánchez Enrique Hiparco.		
Modelación numérica para la determinación de flujos subterráneos. Sitio piloto: La Paz, Baja California Sur, México.	2017	Arturo Hernández Antonio, MC Juan Antonio Torres Martínez, MC Nathalie Ingrid Brandebourger, Abrahan Mora, Jürgen Mahlkecht.	http://elaguaenlapaz.mx/wp-content/uploads/2018/02/Modelacion-de-flujo-La-Paz-2017-FINAL.pdf	Modelación de flujos subterráneos
Tesis para obtener el grado de Maestra en Ciencias, Capacidad de carga urbana y análisis espacio-temporal del crecimiento de La Paz, BCS, México. Universidad Autónoma de Baja California Sur.	2016	Moreno Gómez, Gabriela.	https://biblioteca.uabcs.mx/tesis/tesis/te3436.pdf	Capacidad de carga urbana
Elaboración del Diagnóstico y Planeación Integral, Análisis de Viabilidad de una Asociación Público-Privada, Incluyendo el Estudio de Rentabilidad Social de La Paz, Baja California Sur, Informe del Estudio de Diagnóstico y Planeación Integral para la Prestación de los Servicios de Agua Potable, Drenaje y Saneamiento en el Municipio de La Paz, Baja California Sur (DIP)	2021	H. ayuntamiento de La Paz.	https://drive.google.com/drive/folders/1UobpYDW77RTjo191NO9u-HETMhEqDXVJ?usp=sharing	Diagnóstico del organismo operador de La Paz

Ref articulo	Titulo articulo	Especies incluidas	Descripción	Comentarios
--------------	-----------------	--------------------	-------------	-------------



Pancaldi et al. 2019 Bulletin of environmental contamination and toxicology	Trace Elements in Tissues of Whale Sharks (Rhincodon typus) Stranded in the Gulf of California, Mexico	Tiburón ballena	Análisis de metales pesados y elementos esenciales en órganos de dos tiburones ballena varados en el Golfo de California	Elevadas concentraciones de arsénico y cadmio. Elevadas concentraciones de plomo en un tiburón.
Pancaldi et al. 2019 Marine Pollution Bulletin	Mercury and selenium in the filter-feeding whale shark (Rhincodon typus) from two areas of the Gulf of California, Mexico	Tiburón ballena zooplancton	Análisis de mercurio, selenio, y relación molar entre estos dos elementos	
Pancaldi et al. 2020 Latin American Journal of Aquatic Research	Trace elements in the whale shark Rhincodon typus liver: an indicator of the health status of the ecosystem base (plankton)	Tiburón ballena	Análisis de elementos en hígado	
Pancaldi et al. 2021 Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology	Concentrations of Silver, Chrome, Manganese and Nickel in Two Stranded Whale Sharks (Rhincodon typus) from the Gulf of California	Tiburón ballena	Análisis de metales pesados y elementos esenciales en órganos de dos tiburones ballena varados en el Golfo de California	
Pancaldi et al. 2021 Environmental	Variation of essential and	Tiburón ballena	Comparación entre dos áreas	



Science and Pollution Research	non-essential trace elements in whale shark epidermis associated to two different feeding areas of the Gulf of California		de alimentación y dos temporadas. Se hizo comparación entre niveles en animales que se encontraron en ambas temporadas.	
Wise et al 2019 Toxicology and Applied Pharmacology	A whale of a tale: A One Environmental Health approach to study metal pollution in the Sea of Cortez.	siete especies de cetáceos del GdC	niveles de 23 metales pesados y selenio	
Ruelas-Inzunza et al. 2003	Distribución de metilmercurio y mercurio en tejidos de ballenas grises (Eschrichtius robustus) y delfines tornillo (Stenella longirostris) varados en el bajo Golfo de California, México	ballena gris Eschrichtius robustus delfín tornillo Stenella longirostris	Se utilizaron muestras de músculo, riñón e hígado en cuatro ballenas grises y 11 delfines varados.	Los niveles de Hg total y de MeHg en los mamíferos marinos estudiados no jugaron un papel decisivo en el varamiento de los organismos

Autor	Título	Tipo de información	Fuente de datos	
Chávez López, Saúl. (2020)	Efecto antrópico en la geomorfología y morfodinámica de la franja costera de la	Artículo científico	INEGI y colectados por el autor	https://doi.org/10.14350/rig.60084



	Laguna de La Paz, Baja California Sur, México			
Guevara Martínez, J., y Guevara Fiore, S. (2015).	De la cultura de la basura a la cultura de los residuos: comunicación estratégica para el cambio de actitudes ciudadanas.	Artículo	Aplicación de estrategias para cambio de actitud	https://periodo.unlp.edu.ar/ojs/index.php/cps/article/view/2800
Martínez Torres, R.M. 2018	El manejo de residuos sólidos urbanos ante desastres por huracanes: una contribución a la resiliencia urbana- costera en la ciudad de Tulum, Quintana Roo.	Tesis de licenciatura	colectados por el autor	http://risibbi.uqroo.mx/bitstream/handle/20.500.12249/1928/TD791.2018-1928.pdf?sequence=3&isAllowed=y
Nava-Sánchez, E. H., Martínez-Flores, G., & Murillo-Jiménez, J. M. 2019	Factores que provocan la erosión de playas en Baja California Sur, México.	Artículo científico	colectados por el autor	https://revistas.ues.edu.sv/index.php/comunicaciones/article/view/1469
Sanchez, Alberto & Gómez-León, Adriana & Shumilin, Evgueni & Rodríguez-Figueroa, Griselda & Carreño, Ana. (2018).	Abundance and distribution of benthic foraminifera as indicators of the quality of the sedimentary environment in a subtropical lagoon, Gulf of California	Artículo científico	Foraminíferos bentónicos	10.1016/j.marpolbul.2018.03.013.



FUENTES DE INFORMACIÓN CIENTÍFICA	BREVE DESCRIPCIÓN DE LA INFORMACIÓN	COMENTARIOS
<ul style="list-style-type: none"> Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). 2020. Actualización de la disponibilidad de agua en el acuífero La Paz (0324), estado de Baja California Sur. 	<p>Disponibilidad del acuífero.</p> <p>Mapa de nivel freático</p>	<p>No tiene reporte actual para soportar la disponibilidad</p>
<ul style="list-style-type: none"> CONAGUA (Comisión Nacional del Agua). 2015. Actualización de la disponibilidad media anual de agua subterránea del acuífero (0319) San José del Cabo. Gerencia de Aguas Subterráneas, Subgerencia de Evaluación y Ordenamiento de Acuíferos. 31 pp. 	<p>Disponibilidad del acuífero.</p> <p>Mapa de nivel freático</p>	<p>reporte actual de 2015 para soportar la disponibilidad con aspectos importantes para La Paz</p>
<ul style="list-style-type: none"> Cruz-Falcón, A., Ramírez-Hernández, J., Vázquez-González, R., Nava-Sánchez, E.H. 2013. Estimación de la recarga y balance hidrológico en el acuífero de La Paz. Universidad y Ciencia, 29,1 	<p>Disponibilidad del acuífero.</p> <p>Mapa de nivel freático</p>	<p>Indica mayor déficit en el balance de agua que CONAGUA</p>
<ul style="list-style-type: none"> Escolero, O. and Torres-Onofre, S., 2007. Análisis de la intrusión de agua de mar en el acuífero de La Paz (México), Bol. Geol. Min., 118 (2007), pp. 637–648 	<p>Modelo del acuífero en Modflow</p>	<p>Primer modelo con intrusión marina</p>
<ul style="list-style-type: none"> Mahlknecht, J., Merchán, D., Rosner, M., Meixner, A., & Ledesma-Ruiz, R. (2017). Assessing seawater intrusion in an arid coastal aquifer under high anthropogenic influence using major constituents, Sr and B isotopes in groundwater. Science of the Total Environment, 587, 282-295. 	<p>Base de datos hidro químicos amplia</p>	<p>Muy completa y su interpretación</p>



<ul style="list-style-type: none"> • Rosales-Ramírez, T.T., 2012. Reconocimiento químico e isotópico del acuífero costero de La Paz, B.C.S, Evaluación de una posible intrusión marina. Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California, Universidad Autónoma de Baja California, México (2012) (M.Sc. Thesis. 140 pp.) 	<p>Base de datos hidroquímicos sobre intrusión marina en el acuífero e interpretación</p>	<p>Solo abarca la zona costera del acuífero</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Torres-Martínez, J. A., Mora, A., Ramos-Leal, J. A., Morán-Ramírez, J., Arango-Galván, C., & Mahlknecht, J. (2019). Constraining a density-dependent flow model with the transient electromagnetic method in a coastal aquifer in Mexico to assess seawater intrusion. <i>Hydrogeology Journal</i>, 27(8), 2955-2972. 	<p>Modelo de flujo del acuífero en Feeflow</p>	<p>Descripción del modelo es incompleta</p>

Autor (es) y año	titulo	Publicado en	Objetivo características
<p>Aranda Gómez, JJ y Pérez Venzor JA,m 1988</p>	<p>Estudio geológico de Punta Coyotes, Baja California Sur.</p>	<p>Universidad Nacional Autónoma de México, Revista, vol. 7, núm.1. 1988, 1-21 pp</p>	<p>Geología regional</p>
<p>Solano-Leyva, J. A., 2021, ,</p>	<p>PROGRAMA HÍDRICO ESTATAL DE BAJA CALIFORNIA SUR 2015-2021</p>	<p>Comisión Estatal del Agua (CEA), Baja California Sur, México, 46 pp.</p>	<p>Muy general y regional</p>



<p>CNA, 1997,</p>	<p>Censo de Captaciones de Aguas Subterráneas y Colección de datos Geohidrológicos en la zona La Paz-El Carrizal, BCS.</p>	<p>Comisión Nacional del Agua. Informe final, Contrato GAS-026-PR097 para ADI Construcciones S.A. de C.V. Subdirección General Técnica, Gerencia de Aguas Subterráneas. 173 pp.</p>	<p>General e incompleto No considera la vegetación el suelo la geología mediante una regionalización</p>
<p>Cruz-Falcón A., 2007, ,</p>	<p>Caracterización y Diagnóstico del Acuífero de La Paz B.C.S. Mediante Estudios Geofísicos y Geohidrológicos</p>	<p>Tesis de Doctorado, IPN-CICIMAR, 139 pp.</p>	<p>Trabajo específico pero carece de estudios complementarios del relieve drenaje geología de las subcuencas y cuencas de la Paz</p>
<p>Cruz-Falcón, A., Vázquez-González, R., Ramírez-Hernández, J., Nava-Sánchez, E. H., Troyo-Diéguez, E., Rivera-Rosas, J., Vega-Mayagoitia, J. E., 2011.</p>	<p>Precipitación y recarga en la, Cuenca de La Paz, BCS, México,</p>	<p>Universidad y Ciencia27(3):251-263, 2011</p>	
<p>Z. Flores, E., 1998,</p>	<p>Geosudcalifornia, geografía, agua y ciclones</p>	<p>Universidad Autónoma de Baja California Sur. México, D.F. 255 pp</p>	<p>General pero con enfoque sistémico (integrador)</p>



Z. Flores-López, M., 2012,	Análisis y Comparación de Metodologías de Ordenación de cuencas hidrográficas. Aplicación a la cuenca de La Paz en Baja California Sur, México,	Universidad Politécnica de Valencia, Tesis de Maestría, 209 pp	Metodología de punta para aplicarse en Las subcuencas de La Paz
Z. Flores Wolfskill E. et al.,(1986).	Estudio geohidrológico complementario de las cuencas La Paz, El Carrizal para proporcionar agua en bloque a la ciudad de La Paz, B.C.S	Universidad Autónoma de Baja California Sur. México	Estudio integral y sistémico realizado para SRH Inédito y sin seguimiento
Z. Flores López María, Pérez Venzor José Antonio, Silvia Madrid Amao (AÑO), (Diagnóstico Hidrológico y ordenación de la cuenca San Juan, en Baja California Sur, México.	Revista de la Facultad de Agronomía UBA (agronomía y Ambiente) 39	Estudio sistémico de una cuenca para aplicar en La Paz
Z. Flores Emigdio, García Héctor J, Pimentel Hernández Ramon, Pérez Venzor José Antonio., 1992,	La densidad del drenaje del valle de la Paz el Carrizal, Baja California Sur y su relación con la recarga de los sistemas acuíferos.	Investigaciones geográficas no 24. Versión online ISSN 2448-7279, versión impresa ISSN 0888-4611	Estudio sistémico de una cuenca desde el punto de vista del drenaje pero a una escala regional

Lugar	Referencia	Concentraciones de Arsénico (As) mg/L
-------	------------	---------------------------------------



Hermosillo Sonora	Wyatt et al. 1998	0.30
Santa María de La Paz, Matehuala San Luis Potosí	Del Razo et al. 2004	0.27
En la zona El Muhi, Zimapán Hidalgo	Rodríguez et al. 2004	1.12
El Triunfo-San Antonio Baja California Sur	Wurl et al. 2014	0.45
El Carrizal Baja California Sur	Velázquez et al. 2019	0.17

Brito-Castillo L. 2020. La práctica del monitoreo hidrológico en México y su importancia en la gestión del agua. En: González Ávila M.E., y Ortega Rubio A., (Eds.). La gestión hídrica en México: casos de estudio y propuestas de políticas públicas. El Colegio de la Frontera Norte, A.C., B.C., México. pp. 333 –352. ISBN: 978-607-479-362-8.

Conagua (2015). Disponibilidad del agua subterránea (D.O.F. 20 de abril de 2015). Recuperado de Disponibilidad del agua subterránea (D.O.F. 20 de abril de 2015). Recuperado de http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5426305&fecha=19/02/2016 (Última consulta octubre de 2016).

Conagua (2015). Actualización de la disponibilidad media anual de agua en el acuífero de La Paz (0324) del estado de Baja California Sur, Diario Oficial de la Federación, 20 de abril del 2015. Recuperado de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/102831/DR_0324.pdf. [Links]

Conagua (2011). Comisión Nacional del Agua (2011). Estadísticas del Agua en México, edición 2011, CONAGUA, México.

Comité Técnico de Aguas Subterráneas de Comondú, A.C. (2007). Distrito de Riego 066, Valle de Santo Domingo, un Acuífero en Equilibrio. Acciones para lograr mantener en equilibrio el acuífero y el uso sustentable del recurso agua, CONAGUA, La Paz, B.C.S.

Cruz-Falcón, A., Vázquez-González, R., Ramírez-Hernández, J., Nava-Sánchez, E.H., Troyo-Diéguez, E., Rivera-Rosas, J., Vega-Mayagoitia, J.E. 2011. Precipitación y recarga en la cuenca de La Paz, B.C.S, México. Universidad y Ciencia, 27(3).



Cruz-Aguirre, R.U. 2018. A 42 años de Liza, el peor desastre natural ocurrido en La Paz, Baja California Sur. Todos@Cicese. Tomado de: <https://todos.cicese.mx/sitio/noticia.php?n=1225> [Acceso 21/09/2021]

González-Baheza, A., Arizpe-Covarrubias, O., García-Gastelum, A. 2013. Programa de medidas preventivas y de mitigación de la sequía. Consejo de Cuenca Baja California Sur. PRONACOSE-BCS. 246p.

Guevara Guillen, C., 2011. Hidrografía en bahía de La Paz y zona oceánica adyacente (2009). Maestría en Manejo de Recursos Marinos Thesis, Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas., La Paz, B.C.S., México, xii, 152 <https://www.repositoriodigital.ipn.mx/handle/123456789/15454>

Marín-Monroy, E.A., Hernández-Trejo, V., Romero-Vadillo, E., Ivanova-Boncheva, A. 2020. Vulnerability and Risk factors due to tropical cyclones in coastal cities of Baja California Sur, México. *Climate*, 8(144), doi:10.3390/cli8120144

Mercado Mancera, G., E. Troyo Diéguez, A. Aguirre Gómez, B. Murillo Amador, L. F. Beltrán Morales y J. L. García Hernández (2010), "Calibración y aplicación del índice de Aridez de De Martonne para el análisis del déficit hídrico como estimador de la aridez y desertificación en zonas áridas", *Universidad y Ciencia*, vol. 26, núm. 1, pp. 51–64.

IPCC. *Climate Change 2007: The physical science basis. Summary for policymakers. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* IPCC. France. 2007.

Ivanova-Boncheva, A., Gámez-Vázquez, A.E. 2012. Plan Estatal de Acción ante el Cambio Climático para Baja California Sur. UABCS, CICESE, CIBNOR, CICIMAR, SEMARNAT, INE, CONACYT, Gobierno del estado de Baja California Sur. 120p.

Kirtman, B., S.B. Power, J.A. Adedoyin, G.J. Boer, R. Bojariu, I. Camilloni, F.J. Doblas-Reyes, A.M. Fiore, M. Kimoto, G.A. Meehl, M. Prather, A. Sarr, C. Schär, R. Sutton, G.J. van Oldenborgh, G. Vecchi and H.J. Wang, 2013: Near-term Climate Change: Projections and Predictability. In: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. pp. 953-1020.

Llanes-Cárdenas, O., Norzagaray-Campos, M., Muñoz-Sevilla, N.P., Ruiz-Guerrero, R., Troyo-Diéguez, E., Álvarez-Ruiz, P. 2014. Hydroclimatic Trends in Areas with High Agricultural Productivity in Northern Mexico. *Pol. J. Environ. Stud*, 24,3(2015): 1165-1180.

López, M., Loranca, Y. 2021. North American Drought Monitor. October 01, 2021, de University of Nebraska-Lincoln Sitio web: <https://droughtmonitor.unl.edu/NADM/TimeSeries.aspx>



Martínez-Gutiérrez, G., y Mayer, L., 2004. Huracanes en Baja California, México, y sus implicaciones en la sedimentación en el Golfo de California, GEOS 24, 1: 57-64.

Melillo, Jerry M., Terese (T.C.) Richmond, and Gary W. Yohe, Eds., 2014: Highlights of Climate Change Impacts in the United States: The Third National Climate Assessment. U.S. Global Change Research Program, 148 pp.

Obeso Nieblas, M., 1986. Propagación de la constituyente m_2 de la marea en La Bahía de La Paz, B.C.S., México; mediante un modelo bidimensional hidrodinámico numérico. Maestría en Ciencias Marinas Thesis, Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, La Paz, B. C. S., México 123 h. <https://www.repositoriodigital.ipn.mx/handle/123456789/15394>

Obeso Nieblas, M., 2003. Variabilidad espacio-temporal de las condiciones oceanográficas de la bahía de La Paz, B.C.S., México. Doctorado en Ciencias Marinas Thesis, Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas., La Paz, B.C.S., México, xix, 337 p. <https://www.repositoriodigital.ipn.mx/handle/123456789/15365>

Obeso Nieblas, M., y otros., 2008. Variabilidad hidrográfica en Bahía de La Paz, Golfo de California, México (1995-2005). <https://www.repositoriodigital.ipn.mx/handle/123456789/12748>

Pérez-Tribouillier et al., 2015. Trace Elements in the Marine Sediments of the La Paz lagoon, Baja California Peninsula, México: Pollution Status in 2013. Bull environ Contam Toxicol 95:61-66

Reyes Salinas, A., 1999. Factores que controlan la productividad primaria en la Bahía de La Paz, B.C.S. Maestría en Manejo de Recursos Marinos Thesis, Instituto Politécnico Nacional. CICIMAR, La Paz, B. C. S., México, xi, 122. h. <https://www.repositoriodigital.ipn.mx/handle/123456789/14862>

Romero Bañuelos, C.A., 2003. Hidrología y metales pesados en la materia particulada suspendida del agua superficial de la porción sur de la bahía de La Paz, B.C.S., México. Maestría en Manejo de Recursos Marinos Thesis, Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas., La Paz, B.C.S., México, 100 h.

Romero Vadillo, E., 2003. Modelación numérica de ondas de tormenta en la bahía de La Paz y Cabo San Lucas, Baja California Sur. Doctorado en Ciencias Marinas Thesis, Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas., La Paz, B.C.S., México, 192 h. <https://www.repositoriodigital.ipn.mx/handle/123456789/15368>

Salinas Zacarías, M.A., 2005. Ecología de los tursiones, *Tursiops truncatus*, en la Bahía de La Paz, B.C.S. Doctorado en Ciencias Marinas Thesis, Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, La Paz, B. C. S., México, 102 h. <https://www.repositoriodigital.ipn.mx/handle/123456789/14337>

Sánchez Martínez, M.A., 1997. Interacción de variables hidroquímicas entre la Ensenada de La Paz y la Bahía de La Paz, B.C.S., México. Maestría en Ciencias Marinas Thesis, Instituto



Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, La Paz, B.C.S., México, iv, 57 h. <https://www.repositoriodigital.ipn.mx/handle/123456789/14820>

Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL). 2012. Atlas de Riesgos y Peligros del Municipio de La Paz, B.C.S. 271p.

Trejo Ramírez, A., 2017. Caracterización de La Bahía de La Paz, Baja California Sur, México, como una posible área de crianza del tiburón bironche, *Rhizoprionodon longurio* (Jordan & Gilbert, 1882). Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas La Paz, B. C. S., México pp. xii, 132 h. <https://www.repositoriodigital.ipn.mx/handle/123456789/26372>

Troyo-Diéquez, E., Mercado-Mancera, G., Cruz-Falcón, A., Nieto-Garibay, A., Valdéz-Cepeda, R., García-Hernández, J.L., Murillo-Amador, B. 2013. Análisis de la sequía y desertificación mediante índices de aridez y estimación de la brecha hídrica en Baja California Sur, Noroeste de México. *Investigaciones Geográficas, UNAM*, 85(2014), pp. 66-81. doi: 10.14350/rig.32404

Verdugo Díaz, Gerardo, Albañez Lucero, Mirtha Oralia, Cervantes Duarte, Rafael, 2008. Estimación de la productividad primaria durante otoño-invierno en la Bahía de La Paz, B.C.S., México. <https://www.repositoriodigital.ipn.mx/handle/123456789/13575>

Wurl, J. e Imaz-Lamadrid, M.A. (2016). The hydrogeological conditions in the San José del Cabo basin, Baja California Sur, México. *Áreas Naturales Protegidas Scripta*, 2016. Vol. 2 (2):91-102. <https://doi.org/10.18242/anpscripta.2016.02.02.02.0005>.

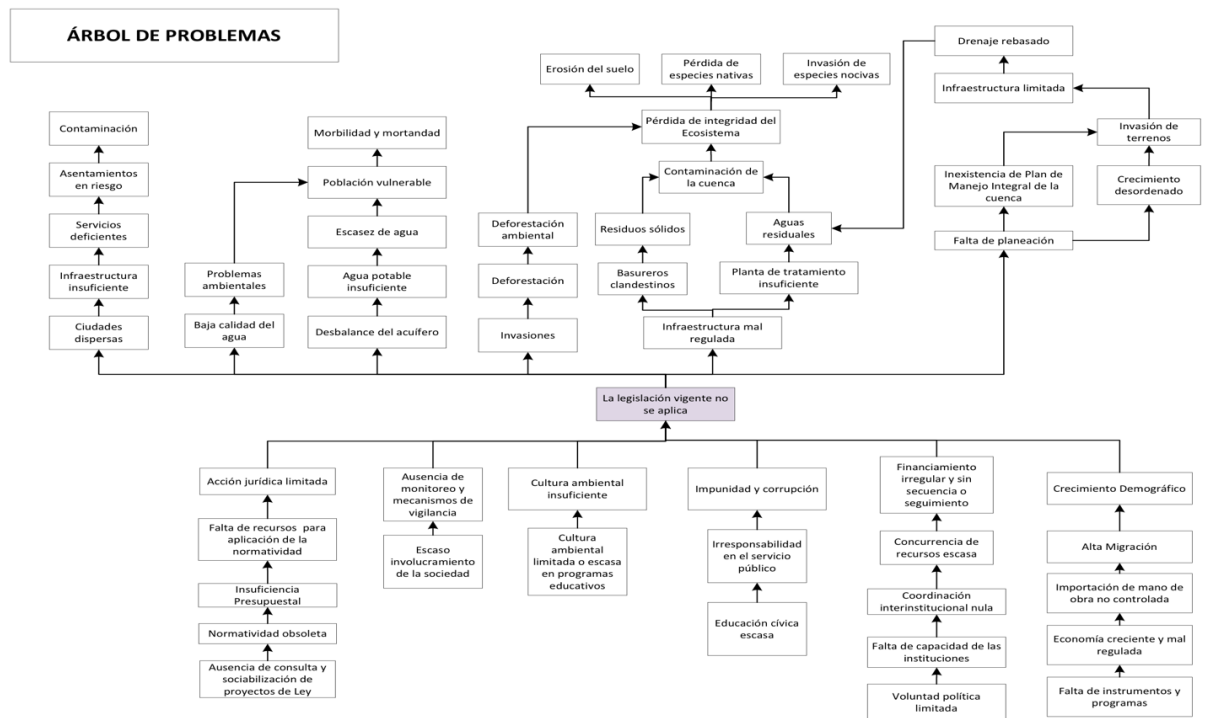
Z. Flores, E., 1998. Geosudcalifornia. Geografía, agua y ciclones. Universidad Autónoma de Baja California Sur. 277 pp.

Z. Flores M., Torrent J., López L. 2015. Ordenación y gestión integrada de cuencas hidrográficas con altos índices erosivos en el ámbito árido sudcaliforniano. Caso particular Cuenca de La Paz en Baja California Sur, México. *Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales*, Cuaderno No. 41. Publicación de la Sociedad Española de Ciencias Forestales, ISSN: 1575-2410



8. Material suplementario

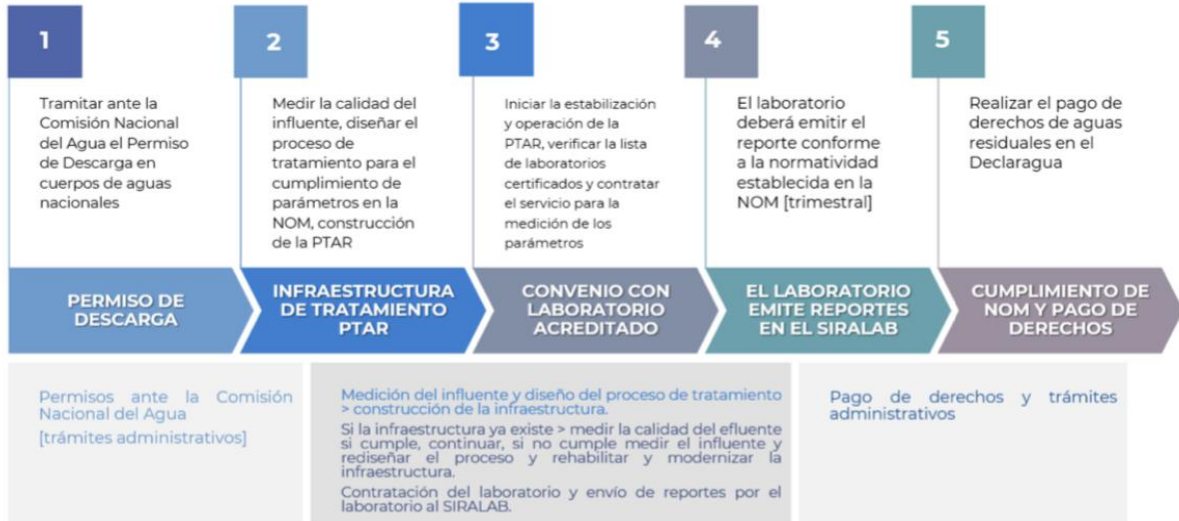
Se muestra el árbol de problemas común, identificado en diversos talleres para cuencas como San José del Cabo, Los Planes, La Paz



La ANEAS emitió los siguientes lineamientos para el cumplimiento de la NOM-001-SEMARNAT-2021

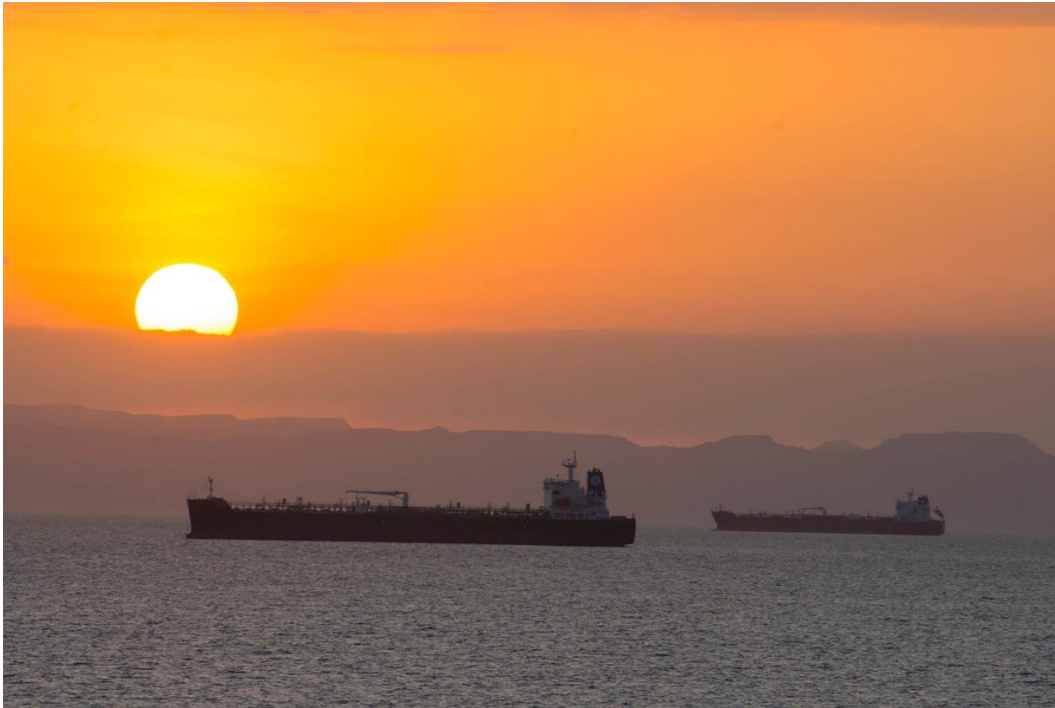


PASOS para cumplir la normatividad AGUAS RESIDUALES





Energía en La Paz



Foto/Miguel Angel de la Cueva

"El agua y la energía son fundamentales para el desarrollo de las sociedades. De su disponibilidad o carencia se derivan modos de vida, estructuras económicas y la calidad de nuestros entornos naturales y artificiales. En una región donde el agua potable proviene de fuentes subterráneas, es imposible extraerla sin energía y, similarmente, los procesos de obtención de energía requieren agua."



Mesa de Trabajo 2

Energía en La Paz

Autores: Alfredo Sergio Bermudez Contreras*, Lilia Alonso Lozano

*Coordinador de la mesa de trabajo:

Alfredo Sergio Bermudez Contreras: abermudez@uabcs.mx



1. Panorama General

A nivel global, la producción y uso de energía para diversos fines es la principal causa de la liberación a la atmósfera de gases con efecto invernadero (CO₂, CH₄ y N₂O, principalmente) que contribuyen al cambio climático global y de contaminantes criterio (PM_{2.5}, PM₁₀, CO, SO₂, NO₂, O₃) que afectan la salud de personas y ecosistemas en las zonas aledañas a los puntos de emisión. La ciudad de La Paz es el corazón energético del estado. En sus terminales se recibe la mayor parte de los combustibles incluyendo gasolinas, diésel, combustóleo, turbosina, gas LP y gas natural, y desde ahí se distribuyen a otras partes del estado para su consumo final. También en La Paz se genera la mayor parte de la electricidad que se consume en Baja California Sur y se tiene la mayor proporción del parque vehicular estatal. Adicionalmente, a través de La Paz también se reciben insumos y mercancías provenientes de otras partes que llegan por mar al puerto de Pichilingue y se distribuyen por tierra en vehículos de carga que circulan a través o alrededor de La Paz.

Otras actividades contribuyen también a la emisión o formación de contaminantes criterio pero las relacionadas con la energía constituyen la gran mayoría. Sin embargo, en fechas recientes, algunos eventos puntuales (por ejemplo: incendios de varios tipos) han requerido intervención inmediata de las autoridades para contener el fenómeno y para asesorar a la población para su protección.

Adicionalmente a los contaminantes criterio, se han encontrado metales pesados y elementos potencialmente tóxicos en sedimentos aéreos y fluviales en La Paz.

En ausencia de controles de emisiones suficientes, varias de estas actividades resultan en importantes volúmenes de contaminantes que son liberados a la atmósfera en La Paz y sus alrededores. Con base en la evolución reciente de la población y la economía de la ciudad y del estado, es razonable esperar que las emisiones de contaminantes a la atmósfera en La Paz se incrementen principalmente por el crecimiento del consumo de energéticos para transporte, generación de electricidad y para obtener calor para diversos fines.

Desafortunadamente, La Paz no cuenta con estaciones permanentes que hagan posible conocer de manera pública datos de monitoreo de concentración de contaminantes en el aire en tiempo real. Aunque se han realizado trabajos puntuales para medir la calidad del aire en diversas escalas temporales y espaciales, y de que actualmente existen estaciones de monitoreo de



referencia, sensores y equipos de muestro desplegados en diversos puntos de la ciudad por diversos actores, todos los esfuerzos actuales tienen limitaciones ya sea por el acceso público a los datos, el acceso en tiempo real, los contaminantes que se miden o la precisión de los equipos utilizados.

En la actualidad, el único instrumento para la gestión de la calidad del aire con que se cuenta en Baja California Sur es el Programa de Gestión para Mejorar de la Calidad del Aire del Estado de Baja California Sur 2018-2027 (ProAire). Aunque no es un instrumento vinculante, en él están establecidas una serie de estrategias y medidas resultantes de un diagnóstico base realizado para los cinco municipios del estado. Entre otros resultados, en el ProAire se establece que:

- En dos de tres casetas de monitoreo existentes en La Paz se excedieron permanentemente los límites máximos de exposición aguda y crónica de PM10 entre 2008-2014¹.
- El monto estimado de la mortalidad evitable por incumplimiento de la NOM de PM2.5 en La Paz en 2014 es de alrededor de \$1 668 millones de pesos.
- Las tres principales causas de mortalidad en Baja California Sur en 2015 (enfermedades del corazón, tumores malignos y diabetes mellitus) y la principal causa de morbilidad (infecciones respiratorias agudas) están relacionadas con la presencia de ciertos contaminantes en el aire.

¹ Período de análisis al momento de elaboración del ProAire: 2007-2015.



Orden de prioridad	Problemáticas identificadas
1	Se desconoce la calidad del aire en tiempo real y de manera pública en la ciudad de La Paz. El acceso a registros de mediano y largo plazo es complicado y la información existente tiene limitaciones. Esto dificulta la eventual toma de decisiones en el corto plazo y la formulación de políticas públicas para proteger a la población en el mediano y largo plazo
2	Es probable que las tendencias identificadas hasta el momento en lo relacionado a la emisión de contaminantes como resultados de la producción y uso de energía se intensifiquen en el futuro en La Paz
3	Aunque pudieran existir relaciones entre algunas causas de mortalidad (y morbilidad) con la calidad del aire, no existen estudios que permitan establecer lo anterior claramente en cualquier sentido (positivo/negativo)



2. Resumen de fuentes de información

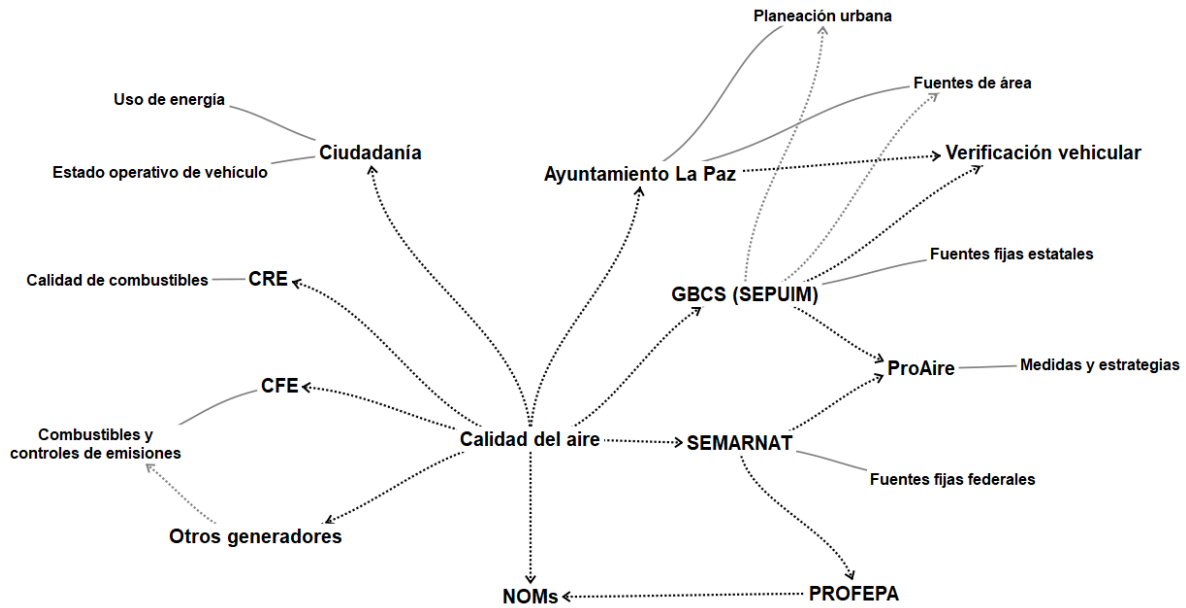
Fuente	Descripción	Cobertura espacial y temporal	Comentarios
1	Artículo publicado. Principales resultados de inventario de emisiones La Paz y datos de monitoreo de casetas CFE	Inventario: La Paz y zonas colindantes, 2013 Monitoreo: Casetas CFE La Paz 2007-2015	
2	Informe técnico. Inventario de emisiones La Paz 2013	La Paz y zonas colindantes, 2013	
3	Informe técnico. Campaña de monitoreo calidad del aire La Paz Jun/2014	La Paz, 1-30 junio 2014	
4	Informe de estados con estaciones de monitoreo de calidad del aire		BCS no tiene estaciones que reporten al SINAICA
5	ProAire BCS	Baja California Sur (Municipal). Año base: 2014.	Diagnósticos específicos para La Paz; resultados para cada municipio por fuente; estrategia y medidas
6	PPT. Resumen gráfico y tabular de datos sobre calidad del aire.	La Paz, varios años (según fuente de los datos)	Identificación de zonas con mayor contaminación 2020, 2021 (heatmap) por contaminante resultado de monitoreo móvil (Aclima); por diferencia de metodología no es posible comparar contra NOM pero es útil (cualitativo)
7	Informe técnico. Evaluación geoquímica del material éolico de la ciudad de La Paz [...]; resultados del análisis de los muestreos	La Paz, 2011-2012	Elementos identificados: Ti, V, S; concentración de S arriba de norma mexicana; Ti, V no hay norma mexicana pero por arriba de normas de otros países



1. Bermudez-Contreras, A, Ivanova, A & Martinez, JA (2017), 'Polluting Emissions in the City of La Paz, Mexico: Emissions Inventory and Monitoring Data', *Current Urban Studies*, vol. 05, no. 01, pp. 54–67.
2. Bermudez Contreras, AS (Coord. . (2016), *Inventario de emisiones para la ciudad de La Paz, Baja California Sur*, viewed 18 April 2019, <<https://drive.google.com/open?id=0B0sQ6977N3GhSk9Xa2xWQUpXUIk>>.
3. INECC (2014), *Estudio de monitoreo de la calidad del aire en La Paz, B.C.S., del 1 al 30 de junio de 2014*, Dirección General de Investigación sobre la Contaminación Urbana y Regional, INECC.
4. — (2020), *Informe Nacional de Calidad del Aire 2019, México*, Coordinación General de Contaminación y Salud Ambiental, Dirección de Investigación de Calidad del Aire y Contaminantes Climáticos - Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, (INECC), Ciudad de México, viewed 16 April 2022, <<http://189.240.101.244:8080/xmlui/handle/publicaciones/349>>.
5. SEMARNAT & GBCS (2018), *Programa de Gestión para Mejorar la Calidad del Aire del Estado de Baja California Sur 2018-2027*, viewed 3 June 2018, <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/310362/25_ProAire_Baja_California_Sur.pdf>
6. CERCA (2022), *El Acuario de las Californias es el Aire que Respiras*, Centro de Energía Renovable y Calidad Ambiental, viewed, <https://cerca.org.mx/wp-content/uploads/2022/03/EL_AIRE-_QUE_RESPIRAS.pdf>.
7. Murillo-Jiménez, JM, H, N-SE, Troyo-Diéguez, S, León Manilla, A, Medina, M & Ruíz-Beltran, A (2011), 'Evaluación Geoquímica del material eólico en la Ciudad de La Paz, BCS. '.



3. Mapa conceptual de los diversos actores locales relevantes para crear consensos y acuerdos respecto a los principales desafíos identificados





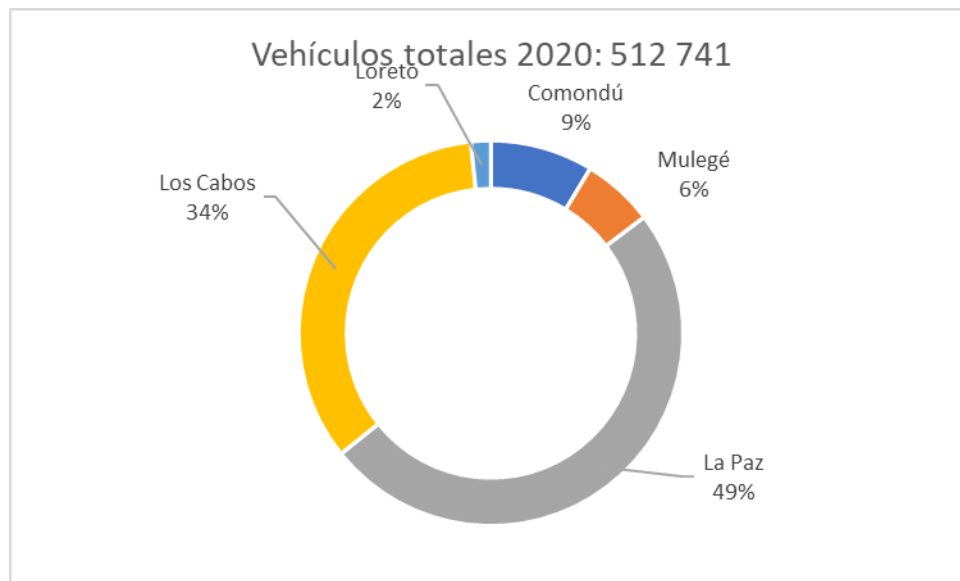
4. Vacíos de información

- Acceso público en tiempo real a datos de monitoreo de calidad del aire (estaciones de referencia)
- Reporte al SINAICA
- Se desconoce el estado operativo de los vehículos (no hay verificación), no se exige cumplimiento ambiental
- No se conocen con certeza los vínculos e impactos de la contaminación del aire local en la salud de la población, en la economía local y en los ecosistemas de la zona
- No hay NOMs para algunos contaminantes identificados en el aire
- No existen registros de salud reportados bajo un mismo sistema que permitan hacer estudios de largo plazo (epidemiológicos)



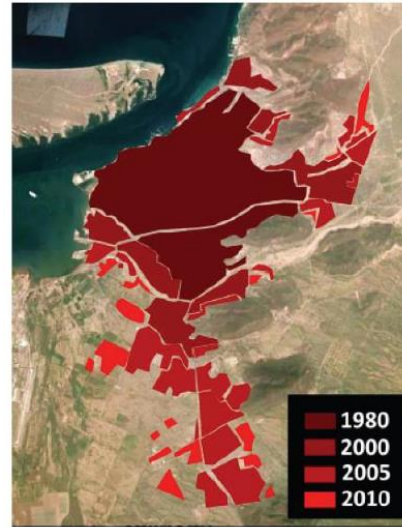
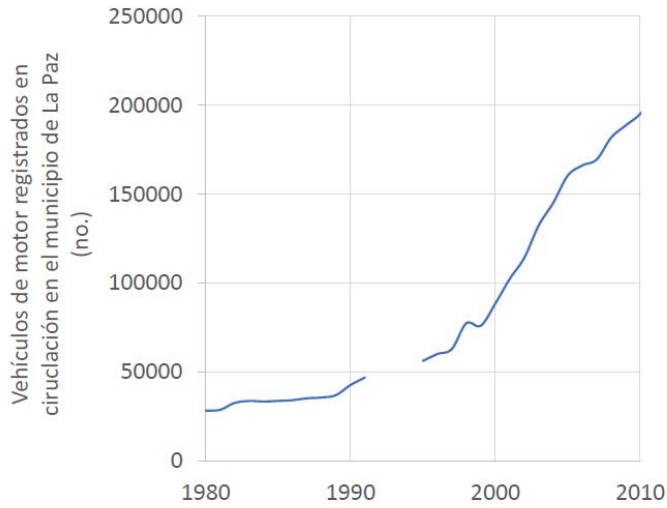
5. Tendencias identificadas

- La Paz ha sido y seguirá siendo el corazón energético del estado al menos en lo relacionado a combustibles convencionales en lo previsible
- La ciudad ha venido creciendo radialmente hacia el sur y hay pocas vías de tránsito lo cual entorpece, incrementar las distancias de traslado, el flujo vehicular ocasionando mayores consumos de combustibles y mayores emisiones
- La mayor parte de la generación de electricidad ya se ubica en La Paz y todo apunta a que esta tendencia se seguirá intensificando
- La demanda eléctrica ha venido creciendo año con año y se espera que lo siga haciendo si la economía y la población del estado lo hacen
- La mayor parte de la generación eléctrica se hace con combustóleo que contiene una concentración mayor de impurezas al ser un combustible residual

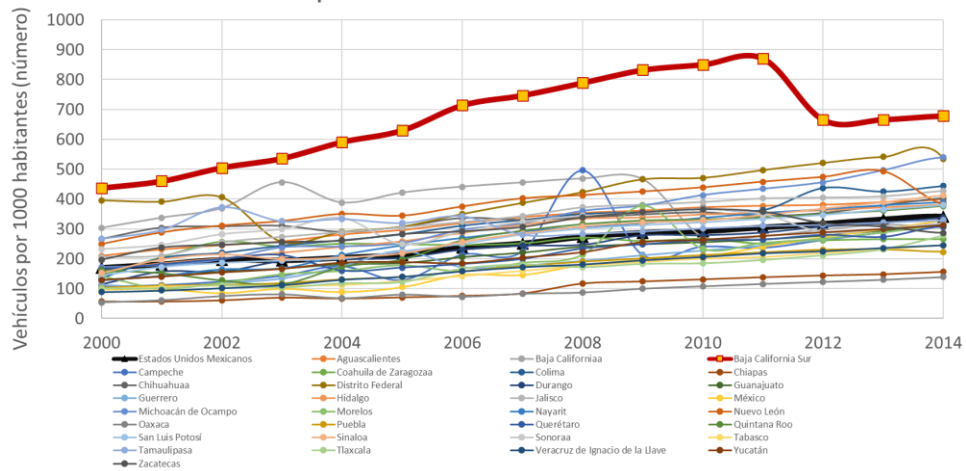




Vehículos y ciudad



Número de vehículos de motor registrados en circulación por cada 1 000 habitantes





Economía y electricidad en BCS

