



## Identificación de sitios potencialmente contaminados en Baja California Sur, México: Puerto San Carlos, El Cardonal y Estero San Buto

Identification of Potentially Contaminated Sites in Baja California  
Sur, Mexico: Puerto San Carlos, El Cardonal and Estero San Buto

*Paulina Annette Ortega-Flores,<sup>1</sup> Rodrigo Rangel,<sup>2</sup>  
Jaqueline Valenzuela Meza<sup>3</sup>*

### Resumen

Dado el deterioro ambiental en nuestro planeta, es imperativo contar con información sobre espacios contaminados en zonas urbanas y rurales, y una de las metodologías más utilizadas es el mapeo y la identificación de sitios potencialmente contaminados. Nuestro objetivo fue identificar sitios con estas características en Baja California Sur, México. Aplicamos encuestas sobre la percepción de la contaminación, los olores y las posibles fuentes en las comunidades de estudio, así como el análisis de agua marina y monitoreo de la calidad del aire. Como resultado, los sitios fueron clasificados en cuatro zonas de vertidos de desechos orgánicos y cuatro de tiraderos a cielo abierto. Los principales problemas de contaminación percibidos fueron: 1) tiraderos a cielo abierto (94.92 %), 2) emisiones de la Central de Combustión Interna o CCI (77.97 %), 3) desechos de pesca (86.44 %), y 4) quema de residuos (61.02 %). El 42.22 % de los encuestados indicó enfermedades respiratorias regulares. La principal fuente de olor identificada fue el humo de las sardineras, seguida de las lagunas de oxidación y el humo de la CCI. Se cuantificaron elementos como azufre (S), arsénico (As), cadmio (Cd), níquel (Ni), plomo (Pb) y vanadio (V) por encima de niveles referenciados para efectos agudos en aguas marinas.

**Palabras clave:** comunidades; contaminación; percepción; salud ambiental.

---

<sup>1</sup> Doctorado en Ciencias en Uso, Manejo y Preservación de los Recursos Naturales por el Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S. C. Investigadora del Centro de Energía Renovable y Calidad Ambiental A. C., La Paz, B.C.S., México. Líneas de investigación: salud ambiental, ecotoxicología. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3543-9470> Correo electrónico: [paulina.ortega@cerca.org.mx](mailto:paulina.ortega@cerca.org.mx)

<sup>2</sup> Ingeniero en Bioquímica por el Instituto Nacional de México, Campus La Paz. Investigador del Centro de Energía Renovable y Calidad Ambiental A. C., La Paz, B.C.S., México. Líneas de investigación: salud y calidad ambiental, calidad del aire. ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-5197-7385> Correo electrónico: [rodrigo@cerca.org.mx](mailto:rodrigo@cerca.org.mx)

<sup>3</sup> Autora de correspondencia. Doctorado en Ciencias Sociales, Desarrollo Sustentable y Globalización por la Universidad Autónoma de Baja California Sur, México. Investigadora del Centro de Energía Renovable y Calidad Ambiental A. C., La Paz, B.C.S., México. Líneas de investigación: medio ambiente, sociales, ciencia comunitaria. ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-4984-3179> Correo electrónico: [jaquelinevalenzuelameza@gmail.com](mailto:jaquelinevalenzuelameza@gmail.com)



## Abstract

Due to the environmental deterioration in our planet, it is imperative to have information on contaminated sites in urban and rural areas, and within the methodologies there is the mapping and identification of potentially contaminated sites. Our aim was the identification of sites with these characteristics in Baja California Sur, Mexico. We applied surveys of perception of pollution, odors, and possible sources in the studied communities, the collection of marine water, as well as the monitoring of air quality. As a result, the sites were classified into four areas of organic waste discharge and four of open-pit landfills. The main pollution problems perceived were: 1) open sky landfills (94.92 %), 2) emissions of the Internal Combustion Plant or ICP (77.97 %), 3) fishing waste (86.44 %), and 4) waste burning (61.02 %). Of the respondents, 42.22 % reported respiratory diseases regularly. The primary source of the smell was identified as the smoke from the sardines, followed by the oxidation lagoons and the smoke of the ICP. We quantified elements such as sulfur (S), arsenic (As), cadmium (Cd), nickel (Ni), lead (Pb), and vanadium (V) above reference levels for acute effects in marine waters.

**Keywords:** communities; environmental health; perception; pollution.

## Introducción

En los últimos años, debido al acelerado deterioro ambiental que afecta a nuestro planeta, resulta indispensable contar con información sobre los sitios contaminados tanto en zonas urbanas como rurales, principalmente por razones de salud pública y de conservación de ecosistemas. Las actuales políticas ambientales están orientadas a generar condiciones de adaptación y mitigación ante el cambio climático dentro de un contexto de crisis climática. Existen diferentes metodologías para evaluar riesgos y exposición, y una de ellas es el mapeo y la identificación de sitios potencialmente contaminados en cada una de las regiones de nuestro país (SEMARNAT, 2010), así como la metodología de identificación y evaluación de riesgos para la salud en sitios contaminados (Díaz, 1999). En el mapa de sitios contaminados de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), llama la atención que aparecen tan sólo cuatro sitios potencialmente contaminados para el estado de Baja California Sur, en México. Por este motivo, surge la necesidad de contar con información sobre el mapeo de los sitios potencialmente contaminados, de acuerdo con las denuncias ciudadanas que recibe y documenta la organización sin fines de lucro, Centro de Energía Renovable y Calidad Ambiental (CERCA A. C.).



La Ley General de Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR, 2003) define un sitio contaminado como el “lugar, espacio, suelo, cuerpo de agua, instalación o cualquier combinación de éstos que ha sido contaminado con materiales o residuos que, por sus cantidades y características, pueden representar un riesgo para la salud humana, a los organismos vivos y el aprovechamiento de los bienes o propiedades de las personas”. Cuando este sitio no ha sido caracterizado o se ha realizado un estudio que permita evaluar su contaminación, se le denomina *sitio potencialmente contaminado* (LGPGIR, 2003). Cuando un sitio se identifica como potencialmente contaminado, éste se registra en el Sistema Informático de Sitios Potencialmente Contaminados (SIPCO); si se determina la inexistencia de la contaminación, éste es eliminado del sistema y, en caso de que se confirme la contaminación, éste se registra en el Inventario Nacional de Sitios Contaminados (INSC) (SEMARNAT, 2021).

Según la LGPGIR, la caracterización de sitios contaminados se define como “la determinación cualitativa y cuantitativa de los contaminantes químicos o biológicos presentes, provenientes de materiales o residuos peligrosos, para estimar la magnitud y tipo de riesgos que conlleva dicha contaminación”; en ésta se determinan de forma cuantitativa los contaminantes, la extensión de la contaminación y el alcance del daño, lo que permite evaluar posibles opciones de remediación (SEMARNAT, 2010). Para el manejo y la evaluación de los sitios, de acuerdo con el tipo y la causa de la contaminación, la LGPGIR distingue entre dos formas: la “emergencia ambiental”, que es un sitio contaminado por un evento súbito o un accidente, y un “pasivo ambiental”, que es aquel sitio que ha sido originado en un largo periodo de tiempo por el manejo inadecuado de materiales o residuos peligrosos y no ha sido tratado adecuadamente (LGPGIR, 2003).

En el año 2021, en el INSC se identificaron 1025 sitios contaminados en México, de los cuales 858 fueron remediados y sólo 4 sitios se registran para Baja California Sur (BCS) como pasivos ambientales (SEMARNAT, 2021). Por otro lado, en el Inventario anual de sitios contaminados con residuos peligrosos del Sector Hidrocarburos por municipio, para el año 2022, se identificaron siete sitios contaminados por emergencia ambiental en el estado de BCS con contaminantes como diésel, gasolina y turbosina (ASEA, 2022).

La importancia de la identificación y del estudio de los sitios potencialmente contaminados se debe a la estrecha relación que existe entre el ambiente y los seres vivos que lo habitan. Existen factores que condicionan el estado de salud de los seres vivos, tales como aspectos demográficos, socioeconómicos, de biología humana y medio ambiente; en este último,



interviene la contaminación por factores químicos, físicos y biológicos (Albert, 1995). Un sitio contaminado representa un riesgo para los seres vivos que lo habitan cuando existe la probabilidad de daño, enfermedad o muerte bajo ciertas circunstancias específicas (CEPIS/OPS, 2005). La complejidad del estudio de un sitio contaminado radica en que los factores que integran la problemática son múltiples, como el tipo de contaminación, que normalmente es una mezcla de contaminantes que se presenta en múltiples ambientes (p. ej., suelo, que después llega al agua) y que afecta a distintos sectores de la comunidad (varios grupos poblaciones que se encuentran en riesgo) o diversas comunidades (Díaz, 1999). Para gestionar un sitio potencialmente contaminado, el primer paso es su caracterización, lo cual implica proporcionar la información necesaria y suficiente para determinar la exposición, es decir, cuál es el tipo de contaminación, cuantificarla y establecer si existen efectos adversos al ambiente o la salud humana.

En la presente investigación, los sitios de estudio se encuentran en tres comunidades del estado de Baja California Sur, las cuales se consideran afectadas por problemáticas de contaminación local, por ejemplo, la disposición final de los residuos sólidos urbanos, disposición final de desechos de actividades económicas de la zona, contaminación atmosférica y contaminación marina. Específicamente, las comunidades son el municipio de Comondú, tercer municipio de BCS respecto al número de habitantes, el cual representa el 9 % (73 021 habitantes) del total de la población del estado (798 477 habitantes) (INEGI, 2020). La comunidad de Puerto San Carlos es una delegación con 5780 habitantes según el censo 2020, cuya principal actividad económica es la pesca y la presencia de cooperativas pesqueras y el turismo en temporada de avistamiento de ballena gris. Aproximadamente a 5 km se encuentra la colonia El Cardonal, un pequeño asentamiento urbano ubicado sobre la carretera a Puerto San Carlos y la más cercana a la mayoría de las fuentes de contaminación, establecida a sólo 800 m de una Central de Combustión Interna (CCI) de generación de energía perteneciente a la Comisión Federal de Electricidad (CFE), la central Gral. Agustín Olachea Avilés. Por último, se incluye Estero San Buto, que representa una pequeña comunidad pesquera con una población estimada de 55 habitantes ubicada al este de la zona de estudio, aproximadamente a 15 km al sur de Puerto San Carlos y que entre sus actividades principales son la pesca y la acuicultura. El estudio en esta comunidad se debe al reporte por parte de los habitantes de la zona, de la presencia de un fenómeno ambiental descrito como “una mancha negra en el mar”, la cual se identificó en la superficie del agua marina en el canal del Estero el 8 de octubre del 2019. Tal fenómeno entraría dentro de la categoría de “emergencia ambiental” según la LGPGIR.



La descripción del fenómeno en el Estero San Buto, proporcionada por los pescadores y habitantes de la comunidad, refiere a una mancha de color negro con una dimensión de alrededor de 3 km de longitud y de consistencia aceitosa, que se desplazó desde la entrada al canal hasta su profundidad durante ocho días, distribuyéndose y depositándose en el mar, los manglares y la playa. De manera adicional, los habitantes denuncian el hecho de que las emisiones de la CCI, así como las constantes emisiones de las quemas de residuos en los tiraderos a cielo abierto que se encuentran camino al poblado, son una problemática ambiental que viven recurrentemente y que deterioran su calidad de vida.

Es importante mencionar que existen pocos estudios relacionados con aspectos ambientales en las localidades de estudio. Entre ellos se encuentran el estudio integral de la calidad de agua en litoral del Puerto (Cervantes-Duarte *et al.*, 2022), un diagnóstico de salud pública en la comunidad de Puerto San Carlos (Rojas, 2008), una caracterización del impacto ambiental de un dragado en el estero del Puerto San Carlos (Acosta, 2018) y un análisis del impacto ambiental de proyectos portuarios turísticos en la zona (Marcín *et al.*, 2014).

Por lo tanto, el objetivo del presente artículo es la recolección e integración de información para identificar sitios potencialmente contaminados en las localidades mencionadas y su posterior registro en el SIPCO, como una forma de visibilizar y llamar a la acción en términos de remediación, a las diversas autoridades locales, estatales y federales dentro del ámbito de sus atribuciones para operar instrumentos normativos y regulatorios frente a diferentes tipos de contaminación, a través de la validez de la metodología del SIPCO. Se definieron como objetivos particulares los siguientes: 1) recolectar la información sobre percepción de contaminación con las comunidades, 2) inspeccionar y describir los posibles sitios contaminados, 3) identificar y evaluar la problemática ambiental atípica en el Estero San Buto y 4) gestionar ante la autoridad ambiental el registro de estos sitios en el SIPCO y su identificación como fenómeno o pasivo ambiental.

## Metodología

### *Área de estudio*

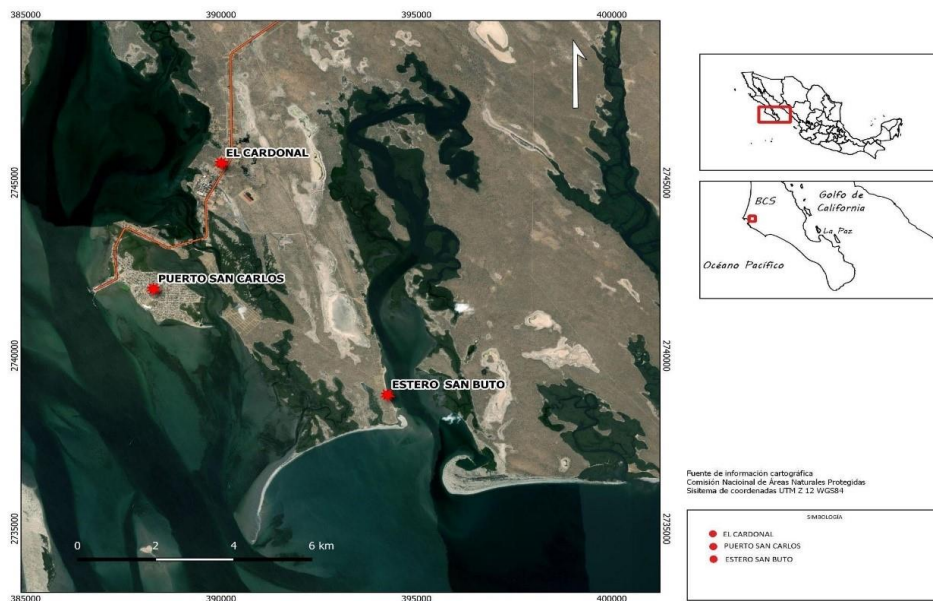
Puerto San Carlos (24°47'22"N, 112°06'30"O) es una de las siete delegaciones del municipio de Comondú. Se encuentra ubicada al sur del municipio, en la costa central oeste de Baja California Sur, a 60 km de la cabecera municipal





(Figura 1). Sus principales actividades económicas son la pesca y el turismo nacional en determinadas épocas del año. Su clima es principalmente caliente, acompañado de vientos fríos o frescos, poca humedad y baja nubosidad; sin embargo, durante los primeros meses del año dominan las temperaturas bajas acompañadas de neblina en algunas mañanas (SEMAR, s. f.; SETUES, 2020). La colonia El Cardonal (24°49'15.5"N, 112°05'18.2"O) es un pequeño asentamiento urbano ubicado sobre la carretera a Puerto San Carlos y el Estero de San Buto (24°45'0"N y 112°1'59"O), y se encuentra dentro del Complejo Lagunar Bahía Magdalena (Figura 1); éste es un sistema de humedales constituido por tres sistemas lagunares: Laguna Santo Domingo, Bahía Magdalena y Bahía Almejas, que cubren una superficie de 2200 km<sup>2</sup>, donde el 30 % son humedales. Este último tiene una longitud de 8 km, con una profundidad en la entrada de 11 m. La dinámica de intercambio de aguas con el Océano Pacífico para Bahía Magdalena es a través de las diferentes bocas del complejo lagunar; no obstante, estas aguas presentan surgencias en varias épocas del año, lo que aumenta la productividad de la zona (Groves y Reid, 1958). La circulación de las corrientes dentro del complejo lagunar es de tipo neutra (Postma, 1969), y los vientos dominantes del noroeste contribuyen a ella (Chávez y Sarracino, 1988). La temperatura es más elevada en verano (27 °C) que en invierno (19 °C).

**Figura 1. Sitios de estudio en Baja California Sur, México: Puerto San Carlos, El Cardonal y Estero San Buto**



Fuente: elaboración propia con base en HYSPLIT (Hybrid Single-Particle Lagrangian Integrated Trajectory Model) e información cartográfica de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas



### ***Evaluación preliminar***

Se determinó la existencia de indicios o evidencias de contaminación en los sitios determinados, así como la identificación de otros sitios, sus potenciales fuentes y focos de contaminación, rutas y vías de contaminación y los posibles receptores, de acuerdo con la Guía para la Evaluación de Sitios Contaminados y la elaboración de Planes Dirigidos a la Remediación (MINAM, 2019). Los instrumentos para el levantamiento y la recolección de la información sobre la percepción se diseñaron siguiendo la metodología propuesta por Rangel y Hernández (2018) sobre estudios de percepción social, con base en la metodología propuesta por Díaz (1999).

### ***Investigación histórica, antecedentes y actividades potencialmente contaminantes***

Se aplicaron encuestas dirigidas a personas mayores de edad durante el periodo de marzo a junio de 2021, diseñadas para obtener información sobre la percepción de la contaminación y salud de la comunidad de Puerto San Carlos y en la colonia El Cardonal. Éstas se realizaron de forma digital por medio de tabletas a través de la aplicación de SurveyMonkey©, la cual puede recopilar datos de manera georreferenciada y permite analizar la información con base en la ubicación de las personas encuestadas.

### ***Percepción de olores y sus posibles fuentes***

Las encuestas fueron realizadas en el mes de septiembre del 2021 en la colonia El Cardonal, con el objetivo de obtener información demográfica, de salud, percepción de olores y sus posibles fuentes (Orozco-Medina *et al.*, 2017). Se aplicaron a jefes y jefas de familia mayores de 18 años. Se llevaron a cabo de forma digital por medio de tabletas, a través de la aplicación de ArcGIS Survey123 (Esri), la cual puede recopilar datos de manera georreferenciada y permite analizar la información con base en la ubicación de las personas encuestadas.

### ***Inspección y descripción de los sitios***

La inspección y descripción de los sitios se efectuó en tres partes: 1) la toma de evidencia gráfica, 2) medición del área y 3) caracterización de la



contaminación mediante un formato digital preestablecido. El área fue medida mediante un GPS eTrex® 10 (Garmin), rodeando el perímetro total de los sitios, y fue el único parámetro evaluado cuantitativamente. La caracterización de la contaminación se realizó de manera cualitativa.

### ***Identificación y evaluación de problemática ambiental en el Estero San Buto***

#### *Recolecta de muestras de agua marina*

Se recolectó una muestra líquida de agua de mar en el Estero San Buto (Clave: SB1\_2018), por la Comisión Estatal para la Protección contra Riesgos Sanitarios (COEPRIS) en octubre del 2018, directamente del sitio con la problemática identificada por la comunidad. La muestra nos fue proporcionada para su posterior análisis, la cual se agitó y se pasó por un filtro. El residuo retenido en el filtro se puso a secar y la muestra se envió para su análisis elemental. Adicionalmente, se recolectaron tres muestras líquidas de agua de mar (Claves: SB2\_2021, SB3\_2021, SC1\_2021), por CERCA A. C. en septiembre del 2021. Las muestras fueron preparadas para su posterior análisis con la técnica para elementos traza en líquidos, la cual es patentada por Rigaku, denominada Ultra Carry®, donde se agrega con micropipeta 200 µL sobre filtro porta muestra Ultra Carry®, y son analizadas al vacío.

#### *Análisis elemental de agua marina*

Las muestras fueron analizadas por Espectrofotometría de Fluorescencia de Rayos X mediante Energía de Dispersión (EDXRF) en el Laboratorio de Investigación y Caracterización de Minerales y Materiales (LICAMM) de la Universidad de Guanajuato. El espectrómetro cuenta con un tubo de rayos X de ánodo de Pd, potencia máxima de 50 W con voltaje máximo de 50 kV -2 mA y atmósfera de He. Se utilizó el método cuantitativo parámetros fundamentales (FP, por sus siglas en inglés) en combinación con biblioteca de coincidencia. Se usó el *software* RPF-SQX (Rigaku Profile fitting–Spectra Quant X) para un análisis sin estándares, basado en el método de parámetros fundamentales combinado con el ajuste de todo el perfil. Este método relativo permite el análisis de la muestra midiendo las intensidades relativas de los componentes elementales y de un grupo de patrones multicomponentes o muestras puras. La sensibilidad es precalibrada y se emplean materiales puros que cubren los elementos del sodio (Na) al uranio (U). La calibración es





actualizada al inicio de cada nueva medición con el estándar MCA®, patente de Rigaku.

### *Evaluación de la calidad del aire*

Se instaló en el Estero San Buto un monitor marca PurpleAir (PurpleAir Inc.) para la evaluación de la calidad del aire, con el cual se cuantificó el material particulado (PM) de diámetro aerodinámico de 2.5 micras, durante un periodo de 13 meses de enero de 2021 a enero de 2022. Los datos fueron analizados de acuerdo con las especificaciones de la Norma Oficial Mexicana (NOM) específica para el PM2.5 (NOM-025-SSA1-2021), considerando el criterio de completación de los datos y al criterio de la Organización Mundial de la Salud (OMS).

## **Resultados y discusión**

### ***Evaluación preliminar: percepción de la contaminación, salud de las comunidades, olores y sus posibles fuentes***

Se realizaron un total de 59 encuestas, que describen la percepción de las personas sobre los problemas ambientales que afectan a su comunidad y las fuentes que pueden causar estos problemas, así como para tener un panorama general de los problemas de salud relacionados con esta contaminación. Todas las personas encuestadas coincidieron en que su comunidad tiene problemas de contaminación; sin embargo, el 69.49 % considera de mucha preocupación los problemas de contaminación, mientras que el 30.51 % los considera algo, poco o nada preocupantes.

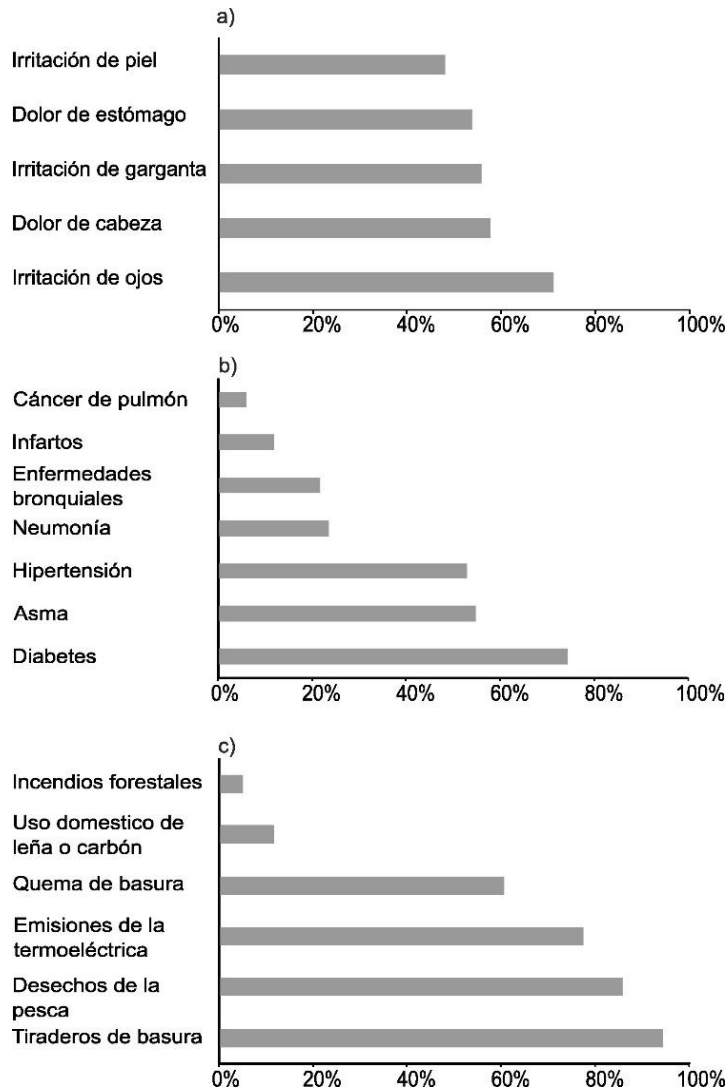
Con respecto a los padecimientos más comunes presentes en la comunidad, el 53 % ha presentado dolor de estómago, el 57.69 % dolor de cabeza, el 55.77 % irritación de garganta, el 48.08 % irritación de piel y el 71.15 % irritación de ojos, la cual es la reacción más común entre los encuestados (Figura 2a). En cuanto a las enfermedades diagnosticadas más comunes se mencionan la diabetes (74.51 %), el asma (54.90 %), la hipertensión (52.94 %), la neumonía (23.53 %) y las enfermedades bronquiales (21.57 %) (Figura 2b).

De los distintos problemas ambientales identificados, los tiraderos de basura (94.92 %), el humo de la CCI (77.97 %), los desechos de pesca (86.44 %) y los quemadores de basura (61.02 %) son los que se perciben como los



principales problemas de contaminación de la zona (Figura 2c); sin embargo, los encuestados en Puerto San Carlos consideran que en El Cardonal y Estero San Buto están más expuestos a la contaminación atmosférica producto de la CCI y las plantas sardineras en el área.

**Figura 2. Resultados de la encuesta de percepción de la contaminación y salud de las comunidades en Baja California Sur, México: a) padecimientos más comunes en la comunidad, b) enfermedades diagnosticadas más comunes que presenta la comunidad y c) identificación de posibles fuentes de contaminación en la comunidad**



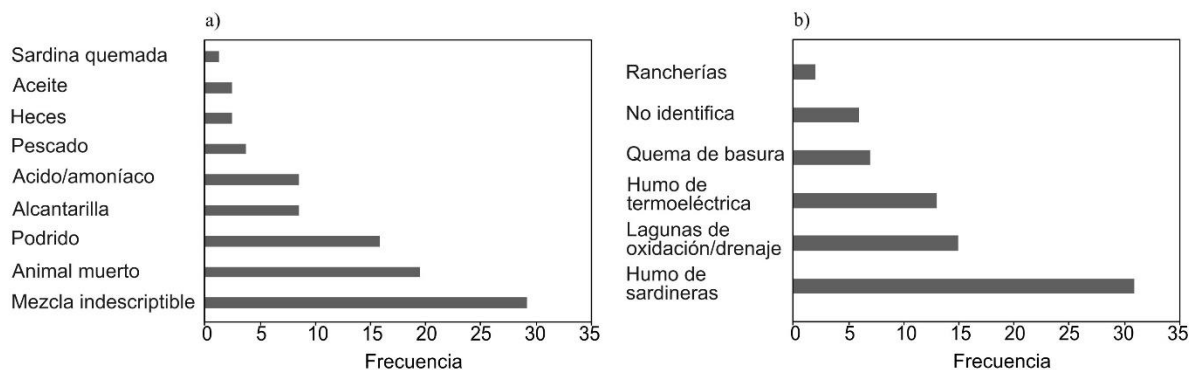
Fuente: elaboración propia con base en encuestas



Con respecto a la encuesta sobre la percepción de olores y sus posibles fuentes aplicada en El Cardonal, se obtuvieron un total de 45 respuestas. El Cardonal es una colonia de reciente establecimiento en la zona, con un promedio de residencia de 4 a 6 años. El 42.22 % de los encuestados refirieron presentar enfermedades respiratorias de manera regular y frecuente, y el 96.6 % respondieron que identifican la presencia de olores; de este total, el 93 % describieron el olor como “intenso”.

En cuanto a la percepción del olor, la mayoría lo caracteriza como una “mezcla indescriptible”, seguido de una percepción a “animal muerto” y “podrido” (Figura 3a). Sobre la identificación de la posible fuente de emisión del olor/es, las personas señalaron como principal fuente de emisión el humo proveniente de las sardineras, seguido de las lagunas de oxidación y del humo de la CCI (Figura 3b). Cabe aclarar que se usó la palabra *termoeléctrica*, en lugar de CCI, como una convencionalidad para simplificar el entendimiento de la pregunta a los encuestados.

**Figura 3. Resultados de la encuesta de percepción de olores y sus posibles fuentes de emisión en comunidades de Baja California Sur, México: a) percepción de olor y b) identificación de la posible fuente de emisión del olor**



Fuente: elaboración propia con base en encuestas

La variedad de emisiones que generan olores desagradables en la zona se debe principalmente a las plantas de harina de sardina ubicadas en la cercanía de la colonia, las cuales generan humo durante la quema del producto y desechos líquidos que, al degradarse, liberan vapores orgánicos que generan un olor pútrido y a la cercanía con la CCI.



Respecto a los estudios de percepción de problemáticas ambientales en comunidades vulnerables, es fundamental considerar la perspectiva sociocultural, donde se argumenta que las percepciones y las respuestas al riesgo se forman en un amplio contexto de factores sociales, culturales y políticos en donde la experiencia de la vida cotidiana desempeña un papel importante (Bickerstaff, 2004; Catalán-Vázquez *et al.*, 2009). De los resultados obtenidos, podemos resaltar que las comunidades que fueron encuestadas, a pesar de sus particularidades, perciben un escenario homogéneo en cuanto a la identificación de las posibles fuentes de contaminación en las zonas y son conscientes de la problemática ambiental y de los riesgos hacia su salud. Esto indica que la comunidad no es ajena al fenómeno de contaminación ni a las problemáticas ambientales en las que se encuentra.

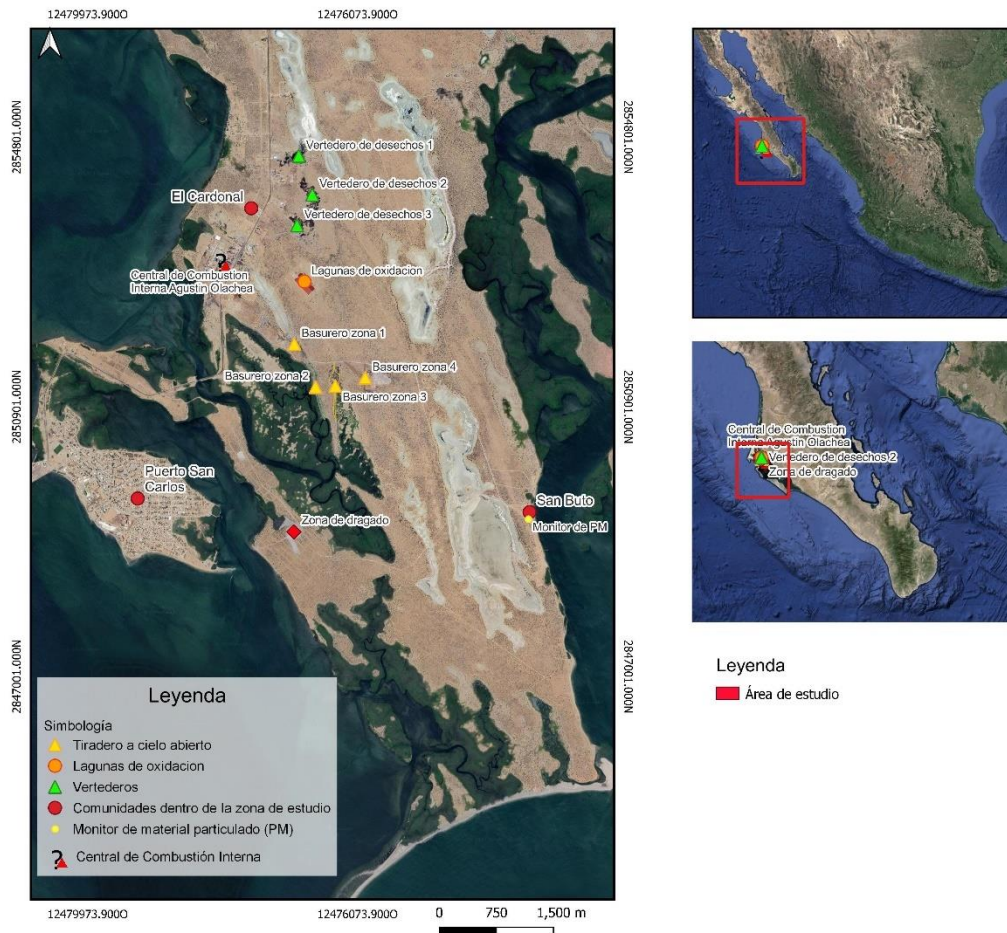
Diversos estudios han encontrado que, aunque las comunidades reconocen la existencia de serios problemas de contaminación, niegan los efectos potenciales adversos. Esto se interpreta como una expresión de invulnerabilidad personal o de la comunidad, en la cual los individuos están de acuerdo con la presencia del daño, pero niegan que los afecte (Bickerstaff, 2004; Catalán-Vázquez *et al.*, 2009), caso contrario a los hallazgos en las encuestas de percepción aplicadas a las comunidades objeto de este estudio.

### ***Sitios potencialmente contaminados***

Derivado de la inspección realizada, los sitios potencialmente contaminados se clasificaron como se observa en la Figura 4. Se identificaron dos pasivos ambientales: 1) los sitios como vertederos de desechos orgánicos y lagunas de oxidación, y los sitios como tiraderos de residuos a cielo abierto. Se ubicó un sitio como sujeto de emergencia ambiental pasada, específicamente calidad de agua en el Estero San Buto. Por otro lado, se detectó una problemática socioambiental derivada de los sitios identificados como pasivos ambientales, es decir, la percepción de mal olor en El Cardonal.

A continuación, se describen las características requeridas como objetivo de una visita de inspección al sitio potencialmente contaminado, de acuerdo con la metodología descrita por Díaz (1999), lo cual corresponde a la descripción del sitio, la determinación de tipos de contaminantes (con/sin análisis químicos) y de los puntos de exposición de cada sitio identificado.

**Figura 4. Ubicación de los sitios potencialmente contaminados en Baja California Sur, México**



Fuente: elaboración propia con base en HYSPLIT (Hybrid Single-Particle Lagrangian Integrated Trajectory Model) e información cartográfica de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas

### *Vertederos de desechos orgánicos y lagunas de oxidación*

Los sitios como vertederos de desechos orgánicos fueron clasificados en cuatro zonas. Tres de estas zonas son vertidos en suelo con un área de extensión de 52 591 m<sup>2</sup>, 49 759 m<sup>2</sup> y 44 490 m<sup>2</sup> cada una, mientras que la cuarta zona correspondiente a tres lagunas de oxidación con un área total de 47 044 m<sup>2</sup>. El desecho vertido es comúnmente denominado *sanguaza*, la cual corresponde a una mezcla de restos de pescado, sangre y agua, producto del proceso de descongelación del pescado de las plantas de producción de harina de sardina en la zona.





Durante la inspección, algunas de las plantas productoras estaban activas y en algunas zonas se observaron vertidos recientes. El vertido se describe como una mezcla líquida viscosa de coloración que varió entre negro, rojo, marrón y verde; dentro del líquido se distinguía la mezcla entre sangre, agua y algunas partículas sólidas (Figura 5a). Los vapores generados por la oxidación de este tipo de desecho desprendían un olor intenso, que se dispersaba según la velocidad y dirección del viento.

En cuanto a las lagunas de oxidación, éstas se distinguían por su grado de oxidación; en la primera laguna se presentaba un color rojo y marrón con sólidos en suspensión color café; en la segunda, un color rojo claro sin sólidos, y en la tercera, el color se distinguía verde, sin ningún sólido. Cabe destacar que el volumen disminuye según el avance entre las lagunas, y el olor varía y también aminora según la laguna y el grado de oxidación del desecho (Figura 5b). Este tipo de lagunas de oxidación o lagunas de estabilización son depósitos construidos mediante la excavación del suelo y utilizados para el tratamiento de aguas residuales. Asimismo, las lagunas de oxidación se emplean como lugar de disposición final de residuos de las plantas de harina de sardina, y aunque de conformidad con la LGPGIRP es el método por el que deben ser tratados estos desechos, su cercanía a la población las vuelve un foco de emisión de malos olores, al igual que los desechos que son vertidos directamente al suelo. Por ello, se le considera como una fracción más de los emisores contaminantes que pueden tener efectos negativos en la población.

**Figura 5. Vertederos de desechos orgánicos en suelo (a) y lagunas de oxidación de desechos orgánicos (b)**



Fuente: Centro de Energía Renovable y Calidad Ambiental A. C., 2021



Los olores que emiten los vertederos de desechos orgánicos y las lagunas de oxidación son percibidos por la comunidad más cercana, El Cardonal, como lo indican los resultados del estudio de percepción de olores (Figura 3), por lo que los puntos de exposición para la comunidad corresponden al suelo en donde los vertidos son dispuestos y al aire, ya que los olores y contaminantes presentes en ambos sitios pueden dispersarse y llegar a la comunidad. El nivel aparente de contaminación es alto, ya que en la zona no hay vegetación, en contraste con las zonas donde no se encuentran los vertidos. De acuerdo con Díaz (1999), se sugiere un análisis ambiental de los compuestos orgánicos para la identificación concreta del/os contaminante/s.

### *Tiraderos a cielo abierto*

El tiradero de basura a cielo abierto inspeccionado estaba dividido en cuatro grandes áreas, ubicadas sobre el camino principal hacia Estero San Buto. Estas cuatro zonas suman un área total de 212 944 m<sup>2</sup>. Ésta es la zona principal de acumulación de desechos que son generados por las comunidades cercanas, por lo que el área de extensión del basurero va en incremento. La mayoría de la basura acumulada son residuos sólidos urbanos y restos de las actividades pesqueras de la zona (Figura 6a). Dentro de los sitios se pueden observar algunas áreas con quema de residuos, por lo que el basurero no sólo es un contaminante que impacta directamente el suelo, sino que también genera emisiones a la atmósfera.

Como se mencionó anteriormente, los tiraderos de basura aportan cierto porcentaje de gases de efecto invernadero a la atmósfera por descomposición orgánica; debido a que en este tiradero a cielo abierto el porcentaje de materia orgánica es significativo, se debe considerar que la emisión de estos gases es considerable, principalmente el metano, que es altamente inflamable, sin mencionar el olor a descomposición generado (Figura 6b).



**Figura 6. Tiradero a cielo abierto y disposición final de restos de pesca en la región (a) y quema de residuos urbanos en el tiradero a cielo abierto (b)**



Fuente: Centro de Energía Renovable y Calidad Ambiental A. C., 2021

### ***Identificación y evaluación de problemática ambiental atípica en Estero San Buto***

#### *Análisis elemental de agua marina*

La composición química del agua marina es compleja, ya que en ese fluido se llevan a cabo múltiples reacciones químicas relacionadas con la composición geoquímica de los sedimentos, el gradiente de concentraciones en la propia columna de agua, la inserción de componentes de origen antropogénico, entre muchos otros factores (Scott, s/f). Sumado a esto, los cuerpos de agua aledaños a ciudades o poblados están sujetos a una elevada presión y riesgo de contaminación de origen antrópico, relacionados con la urbanización y a las actividades económicas propias de la región.

En la zona de estudio, Cervantes-Duarte *et al.* (2021) han reportado previamente posibles fuentes de contaminación para Puerto San Carlos: 1) CCI Gral. Agustín Olachea Avilés, la cual se ubica alrededor de 10 km de Estero San Buto; 2) Muelle Fiscal Portuario, en donde se realiza la llegada de los barcos con combustóleo para la central, así como de la actividad pesquera (principalmente pesca de sardina), y 3) los tiraderos a cielo abierto y quema de basura, debido a que la comunidad de Puerto San Carlos no cuenta con servicio de alcantarillado y drenaje, ni con un manejo adecuado de los residuos sólidos.



En los Anexos se presenta el análisis elemental de las muestras examinadas. La presencia de la mayoría de los elementos se relaciona con fuentes de origen natural; sin embargo, encontrar un enriquecimiento donde el nivel del elemento en cuestión sea significativamente mayor, podría indicar un origen antropogénico. En este sentido, las concentraciones de la muestra SB1\_2018, presentan niveles atípicos respecto a las muestras posteriores al fenómeno (SB2\_2021, SB3\_2021, SC1\_2021) y, entre éstas, existe homogeneidad en las concentraciones en la mayoría de los elementos.

Es importante señalar que se observaron elementos con características de potencial toxicidad para los ecosistemas, así como para la salud de la comunidad, tal es el caso del azufre (S), arsénico (As), cadmio (Cd), níquel (Ni), plomo (Pb) y vanadio (V), por encima de los niveles referenciados para efectos agudos en aguas marinas y estuarinas para preservación de fauna y flora a nivel internacional (Buchman, 2008) tanto en la muestra del fenómeno como en las muestras posteriores.

Por otra parte, para poder realizar una comparación entre muestras e inferir el posible origen del fenómeno reportado y de los elementos tóxicos, en el Cuadro 1 se reportan las concentraciones de elementos en el combustóleo y el diésel que son utilizados por las embarcaciones marítimas y por la CCI. Se ha reportado que el combustóleo contiene metales pesados como el vanadio, níquel, cadmio y plomo, y otros metales como cobalto (Co), zinc (Zn) y cobre (Cu), además de una alta concentración de azufre (Santos-Echeandía *et al.*, 2008). De estos elementos mencionados, el azufre, níquel y vanadio fueron reportados en el análisis de laboratorio realizado al combustóleo que se utiliza en las centrales de energía de Baja California Sur y también son los que se reportan en concentraciones al mismo nivel en el análisis químico de la muestra (SB1\_2018) del fenómeno en el Estero San Buto.

Los contaminantes atmosféricos que son emitidos desde la CCI pueden incidir sobre las concentraciones de algunos metales pesados del lugar, ya que la deposición de estos contaminantes puede presentarse en esas áreas y sus alrededores debido al comportamiento de las trayectorias del viento en esa época del año. Sin embargo, las concentraciones determinadas en la muestra del fenómeno son de proporciones significativas como para ocurrir a través de la deposición atmosférica de contaminantes, la cual suele darse de forma gradual y en áreas extensas según el comportamiento de las condiciones atmosféricas, ya que éstas producen el movimiento y la dispersión de los contaminantes. Por esta razón, se descarta que las emisiones sean la causa directa de la formación del fenómeno (Gunawardena *et al.*, 2013).



Los contaminantes cuantificados como azufre, vanadio y níquel coinciden con los que son emitidos por la CCI, así como con la composición del combustóleo usado en la generación de energía eléctrica (CERCA, 2022). Con respecto a lo anterior, la contaminación de los mares y las zonas costeras por metales pesados representa una de las formas más peligrosas para los ecosistemas acuáticos, dado que son elementos poco o nada biodegradables, tienden a acumularse en los tejidos de animales y flora acuática, además de que permanecen en éstos por largos periodos, lo que desencadena procesos de biomagnificación y acciones tóxico-dinámicas, las cuales generan alteraciones metabólicas, mutaciones y transformaciones anatómicas en las especies animales, incluido el hombre (Panebianco, 2011).

**Cuadro 1. Concentración (ppm) del análisis elemental del combustóleo y diésel que son utilizados por las embarcaciones marítimas y por la Central de Combustión Interna. NR = no reportado**

	Azufre (S)	Níquel (Ni)	Vanadio (V)
Combustóleo	42 300	99	451
Diésel	15-50	NR	NR

Fuente: elaboración propia con base en análisis de muestras

### *Análisis de la calidad del aire*

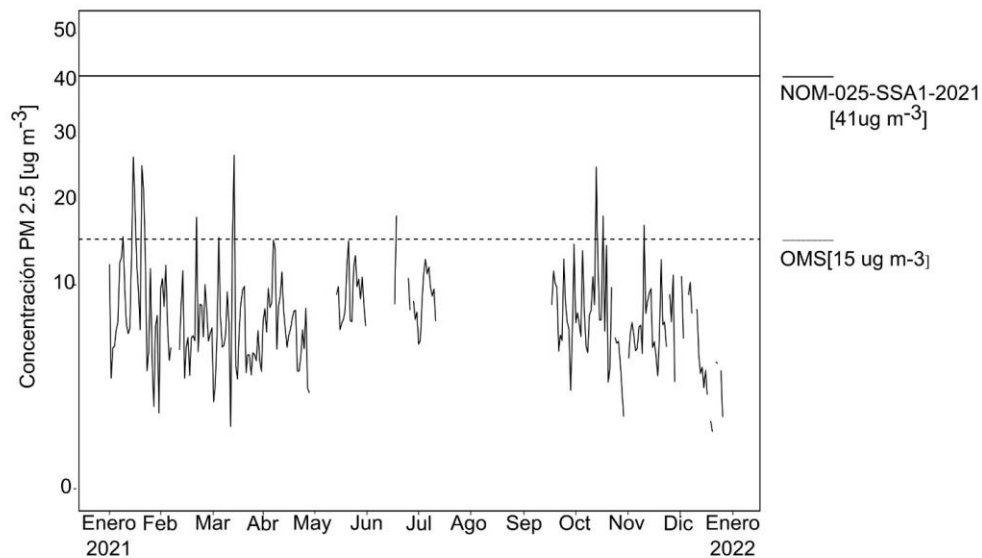
Se determinaron las concentraciones de material particulado PM<sub>2.5</sub> [ug mg<sup>-3</sup>] durante 13 meses de monitoreo. Se obtuvieron datos de 274 días, de los cuales 242 se consideraron válidos para el correspondiente análisis. Durante ese periodo, ningún día se superó el valor máximo permisible de acuerdo con la NOM-025-SSA1-2021, aunque en 12 días se superó el valor criterio correspondiente a la guía de la OMS (Figura 7).

Es importante resaltar que durante el periodo anual monitoreado se tuvieron intermitencias en la generación de datos, especialmente en los meses de agosto y septiembre de 2021. En la Figura 8 se observan las trayectorias de las emisiones por parte de la CCI, las cuales se observaron estar en dirección a Estero San Buto.



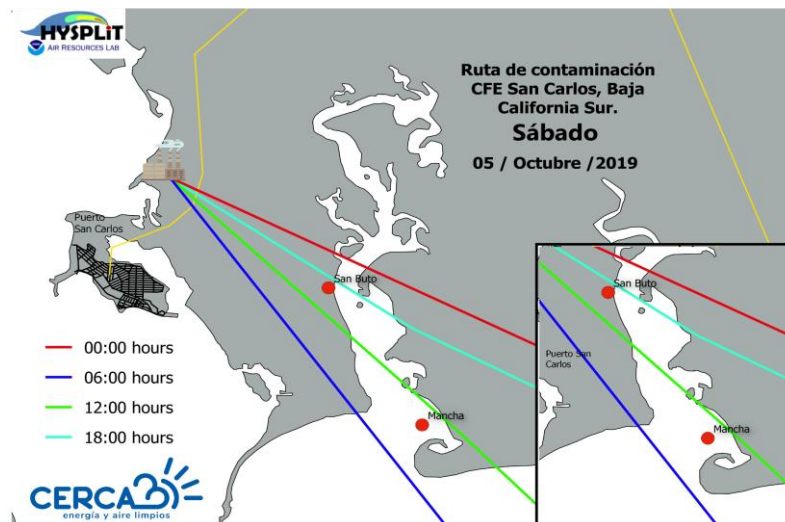


**Figura 7. Concentraciones de PM<sub>2.5</sub> [ $\mu\text{g m}^{-3}$ ] obtenidos del monitor en Estero San Buto, Baja California Sur, México, durante el periodo enero 2021 a enero 2022. Líneas de referencia correspondientes a la NOM-025-SSA1-2021 y el criterio de la Organización Mundial de la Salud**



Fuente: elaboración propia con base en datos de campo

**Figura 8. Trayectorias (de acuerdo con respectivos horarios) de la ruta de las emisiones atmosféricas generadas por la Central de Combustión Interna Gral. Agustín Olachea Avilés en Baja California Sur, México**



Fuente: Centro de Energía Renovable y Calidad Ambiental A. C., 2019



En varios estudios se ha identificado que las emisiones de fuentes fijas tienen una trayectoria que impacta los centros poblacionales, ya que los contaminantes que se emiten a la atmósfera son transportados y dispersados por el aire, influidos por complejos factores tales como la cantidad de turbulencia, las inversiones térmicas y la topografía compleja (CERCA, 2022). La modelación de la dispersión del contaminante permite calcular la concentración de éste a nivel del suelo y a diferentes distancias de la fuente (Núñez *et al.*, 2019).

### **Conclusiones**

Se llevó a cabo la inspección y recolección de evidencias de contaminación en los sitios de estudio, así como la identificación de sus potenciales fuentes y focos de contaminación, posibles rutas y vías de contaminación y los posibles receptores. Se identificaron dos zonas potencialmente contaminadas: los vertederos de desechos orgánicos y lagunas de oxidación, y los tiraderos de residuos a cielo abierto, ambos pertenecientes a Puerto San Carlos.

Se determinó que el fenómeno atípico presentado en Estero San Buto correspondió a una emergencia ambiental según la clasificación de la contaminación de la LGPGIR (SEMARNAT, 2010). Esto también se basó en los resultados posteriores de la calidad del agua, los cuales soportan la evidencia, ya que los niveles de los elementos disminuyeron. Los datos recolectados respecto a la calidad del aire en dicha comunidad no evidencian una contaminación atmosférica; sin embargo, se sugiere implementar un monitoreo de la calidad del aire más robusto y por un periodo más prolongado.

Derivado de los resultados sobre la percepción de olores en El Cardonal, se recomienda llevar a cabo un monitoreo de la calidad del aire en la zona para contar con evidencia sobre la posible contaminación atmosférica, aunado también a su cercanía a las principales fuentes de contaminación de este tipo, la CCI de generación de energía y la quema de residuos en los tiraderos a cielo abierto y de la producción de harinas de pescado. De igual manera, es importante incorporar una metodología de recolección de partículas que se precipitan principalmente en los techos de las casas, así como analizar dichas muestras en un laboratorio certificado, con el objetivo de tener mayor evidencia del origen de la contaminación y sus principales fuentes.

De acuerdo con la información analizada, se determinó que el origen de la contaminación en los sitios potencialmente contaminados que fueron estudiados es antropogénico. Principalmente, la contaminación es resultado de la quema de residuos en los tiraderos de cielo abierto por la comunidad, de



las actividades industriales de producción de harinas de pescado y del traslado de hidrocarburos al puerto para las actividades turísticas, de pesca y de emisión de energía eléctrica.

Es importante mencionar que las comunidades cercanas y que rodean los sitios estudiados hacen uso del servicio ecosistémico de recreación en esta zona, con actividades variadas como el nado, kayak, juego y pesca de orilla, por lo cual es sumamente importante el estado de salud de los ecosistemas para evitar afectaciones a la salud del ambiente y de las comunidades involucradas. De igual manera, las actividades acuícolas en Estero de San Buto se han multiplicado en la zona, lo que podría comprometer el estado de inocuidad de las especies de moluscos bivalvos, especies que cuentan con un programa vigente de manejo a cargo de la COEPRIS y otras instituciones estatales y federales, ya que son una importante fuente de ingresos de los pescadores locales.

A partir de estos hallazgos se documentó la contaminación ambiental observada en estas comunidades rurales costeras de Baja California Sur. Esta situación representa una oportunidad para incidir positivamente en la erradicación o mitigación de la contaminación, ya que, al tener baja densidad poblacional y con sectores industriales focalizados, se pueden proponer acciones de gestión comunitaria para mejorar las condiciones de salud ambiental en dichas comunidades pesqueras de alta productividad.

Por último, la relevancia de ingresar estos sitios al SIPCO es sentar precedentes de formación de capacidades ciudadanas para visibilizar las afectaciones de sitios que la misma comunidad percibe en sus entornos de convivencia y desarrollo de su vida cotidiana y que, gracias a esto, la recolección de datos se vuelve robusta y colectiva. Por ello, se realizó la solicitud de manera formal a la SEMARNAT del ingreso al SIPCO por parte de la asociación CERCA A. C., mediante oficio núm. SEMARNAT/UCVSDHT/UT/1178/2024, incluido en los Anexos.

En el presente artículo se implementó un modelo de colaboración entre la academia, los organismos de la sociedad civil y la comunidad presumiblemente afectada. Se recomienda reproducir esta metodología en otras comunidades rurales que no cuentan con los servicios públicos básicos, a diferencia de los centros poblacionales urbanos. Esta condición pone a la población en condiciones de vulnerabilidad social, ambiental e, incluso, económica. En este caso, es por tratarse de comunidades cuya vocación económica está centrada en la pesca, la acuicultura y las actividades turísticas en los cuerpos de agua, de los cuales el estado de inocuidad, saneamiento y calidad ambiental depende su salud, bienestar y prosperidad.



## Referencias

- Acosta, Diana (2018). “Caracterización del impacto ambiental por dispersión de los sedimentos dragados en la zona sureste del estero de San Carlos, Baja California Sur México” (Tesis de maestría en ciencias en manejo de recursos marinos). México: Instituto Politécnico Nacional-Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. La Paz, Baja California Sur, 86 pp.
- Albert, Lilia (1995). “Contaminación ambiental. Origen, clases, fuentes y efectos”. *Sociedad Mexicana de Toxicología*. <https://dsp.facmed.unam.mx/wp-content/uploads/2022/02/Contaminacion-ambiental-origen-clases-fuentes-y-efectos.pdf>
- ASEA (Agencia de Seguridad, Energía y Ambiente) (2022). “Inventario anual de sitios contaminados con residuos peligrosos del Sector Hidrocarburos por municipio”. *Agencia de Seguridad, Energía y Ambiente*. <https://www.gob.mx/asea>
- Bickerstaff, Karen (2004). “Risk Perception Research: Socio-cultural Perspectives on the Public Experience of Air Pollution”. *Environment International*, 30(6), pp. 827-840. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2003.12.001>
- Buchman, Michael F. (2008). “Screening Quick Reference Tables (SQuiRTs)”. *National Oceanic and Atmospheric Administration*. <https://repository.library.noaa.gov/view/noaa/9327>
- Catalán-Vázquez, Minerva; Riojas-Rodríguez, Horacio; Jarillo-Soto, Edgar C., y Delgadillo-Gutiérrez, Héctor Javier (2009). “Percepción de riesgo a la salud por contaminación del aire en adolescentes de la Ciudad de México”. *Salud Pública de México*, 51(2).
- CEPIS/OPS (Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente/Organización Panamericana de la Salud) (2005). “Curso de Autoinstrucción en metodología de identificación y evaluación de riesgos para la salud en sitios contaminados”. *Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente*. [https://cidta.usal.es/riesgos/CD1/sitios\\_contaminados/www.cepis.ops-oms.org/tutorial3/e/creditos.html](https://cidta.usal.es/riesgos/CD1/sitios_contaminados/www.cepis.ops-oms.org/tutorial3/e/creditos.html)
- CERCA (Centro de Energía Renovable y Calidad Ambiental A. C) (2022). “Reporte Anual de la Calidad del Aire en La Paz”. *Centro de Energía Renovable y Calidad Ambiental A. C.* [https://cerca.org.mx/wp-content/uploads/2023/06/Reporte-anual-de-calidad-del-aire-en-La-Paz-B.C.S-2022-.docx-1-1\\_compressed.pdf](https://cerca.org.mx/wp-content/uploads/2023/06/Reporte-anual-de-calidad-del-aire-en-La-Paz-B.C.S-2022-.docx-1-1_compressed.pdf)



- Cervantes-Duarte, Rafael; Santos-Echeandía, Juan; Rodríguez-Herrera, Juan J., y Marmolejo-Rodríguez, Ana J. (2020). “Estudio integral de la calidad del agua en el litoral del Puerto San Carlos, Baja California Sur, México”. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 36(4), pp. 927-943. <https://doi.org/10.20937/rica.53776>
- Chávez, Saúl y Sarracino, Dolores (1988). “Estudio sedimentológico y morfológico de la Laguna Santo Domingo, Baja California Sur, México” (Tesis de licenciatura en Geología Marina). México: Universidad Autónoma de Baja California Sur. La Paz, Baja California Sur, 95 pp. <https://biblio.uabcs.mx/tesis/tesis/te365.pdf>
- Díaz, Fernando (1999). *Metodología de identificación y evaluación de riesgos para la salud en sitios contaminados*. OPS/CEPIS/PUB/99.34. Lima, Perú: Organización Panamericana de la Salud, Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (eds.), 96 pp.
- Ferronato, Navarro y Torretta, Vincenzo (2019). “Waste Mismanagement in Developing Countries: A Review of Global Issues”. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 16(6), pp. 1060. <https://doi.org/10.3390/ijerph16061060>
- Groves, Geoffrey W. y Reid, Joseph. L. (1958). “Estudios oceanográficos sobre las aguas de Baja California”. Memoria del Primer Congreso de Historia Regional, Mexicali, México.
- Gunawardena, Janaka; Egodawatta, Prasanna; Ayoko, Godwin. A., y Goonetilleke, Ashantha (2013). “Atmospheric Deposition as a Source of Heavy Metals in Urban Stormwater”. *Atmospheric Environment*, 68, pp. 235-242. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2012.11.062>
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía) (2014). “Censo Nacional de Gobiernos Municipales y Delegacionales 2011”. *Instituto Nacional de Estadística y Geografía*. <https://www.inegi.org.mx/rnm/index.php/catalog/33>
- INEGI (2020). “Panorama Sociodemográfico de Baja California Sur: Censo de Población y Vivienda 2020”. *Instituto Nacional de Estadística y Geografía*. [https://www.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod\\_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/nueva\\_estruc/702825197742.pdf](https://www.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/nueva_estruc/702825197742.pdf)





LGPGIR (Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos) (2003). “Nuevo Reglamento publicado en el *Diario Oficial de la Federación* el 30 de noviembre de 2006”. Texto Vigente: Última reforma publicada DOF 31-10-2014. *Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos*. [https://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=688657&fecha=08/10/2003#gsc.tab=0](https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=688657&fecha=08/10/2003#gsc.tab=0)

Lobo-García de Cortázar, Amaya; Szantó, Narea Marcel, y Llamas, Susana (2016). “Cierre, sellado y reinserción de antiguos vertederos: Experiencias en Iberoamérica”. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental (especial residuos sólidos)*, 32, pp. 123-139. <https://doi.org/10.20937/RICA.2016.32.05.09>

Marcín Medina, Rocío; Hinojosa Arango, Gustavo; López Calderón, Jorge; Gómez Gallardo, Alejandro; Nájera-Hillman, Eduardo, y Riosmena Rodríguez, Rafael (2014). “El impacto ambiental de proyectos portuarios turísticos en Bahía Magdalena, Baja California Sur, México”. En Alfonso V. Botello, Federico Páez-Osuna, Lía Méndez-Rodríguez, Miguel Betancourt-Lozano, Saúl Álvarez-Borrego y Rubén Lara-Lara (eds.). *Pacífico Mexicano. Contaminación e Impacto Ambiental: diagnóstico y tendencias*. México, pp. 635-654.

MINAM (Ministerio del Ambiente-Perú) (2019). “Guía para la Evaluación de Sitios Contaminados y la elaboración de Planes dirigidos a la Remediación”. *Ministerio del Ambiente*. [https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2009315/Anexo%20RM%20118-2021-MINAM%20-%20GUIA%20DE%20EVALUACION\\_DGCA.pdf.pdf](https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2009315/Anexo%20RM%20118-2021-MINAM%20-%20GUIA%20DE%20EVALUACION_DGCA.pdf.pdf)

Núñez, Vladimir; Rodríguez Rojas, Rosabel; Gómez Camacho, Lomberto; Herrera Moya, Idalberto, y Morales Pérez, Mayra Caridad (2019). “Emisiones de dióxido de azufre a la atmósfera por fuentes fijas del MINAG y su influencia en la calidad del aire en la provincia de Villa Clara”. *Centro Agrícola*, 46(3), pp. 86-95.

Orozco-Medina, Martha Georgina; Figueroa-Montaño, Arturo; Hernández-Pérez, Gabriela, y Romero-Bravo, María Guadalupe. (2017). Percepción de olores en las inmediaciones de una planta productora de harinas y grasas. *Revista de Simulación y Laboratorio*, 4(11), pp. 28-33. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.18215.27046>



- Rangel, Raúl y Hernández, Gabriela. (2018). “La percepción social del riesgo y la inseguridad: guía para la aplicación de instrumentos de obtención de datos en el ámbito municipal”. En M. M. G. Orozco (ed.), *Diagnóstico Ambiental en Ciudades*. Argentina: Editorial Prometeo, pp. 199-241.
- Rojas, Elia Concepción (2008). “Saneamiento básico: conocimiento y aplicación a través de métodos educativos a las madres de familia y las personas responsables en los hogares de Puerto San Carlos, Baja California Sur, 2007-2009” (Tesis de maestría en Salud Pública). México: Instituto Nacional de Salud Pública, 214 pp.
- Santos-Echeandía, Juan; Prego, Ricardo, y Cobelo-García, Antonio (2008). Influence of the Heavy Fuel Spill from the Prestige Tanker Wreckage in the Overlying Seawater Column Levels of Copper, Nickel, and Vanadium (NE Atlantic Ocean). *Journal of Marine Systems*, 72(1-4), pp. 350-357. <https://doi.org/10.1016/j.jmarsys.2006.12.005>
- Scott, Martha R. (s/f). “Ocean Chemical Processes”. *Water Encyclopedia*. <http://www.waterencyclopedia.com/Mi-Oc/Ocean-Chemical-Processes.html>
- SEMAR (Secretaría de Marina) (s. f.). “Puerto San Carlos, B. C. S.”. *Secretaría de Marina*. <https://digaohm.semar.gob.mx/derrotero/cuestionarios/cnaarioSancarlos.pdf>
- SEMARNAT (Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales) (2010). “Guía técnica para orientar en la elaboración de estudios de caracterización de sitios contaminados”. *Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales*. <https://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/Libros2011/CD000952.pdf>
- SEMARNAT (2021). “Inventario Nacional de Sitios Contaminados y Remediados”. *Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales*. <https://datos.gob.mx/busca/dataset/inventario-nacional-de-sitios-contaminados-y-remediados>
- SETUES (Secretaría de Turismo, Economía y Sustentabilidad-Baja California Sur) (2020). “Comondú: Información Estratégica”. *Secretaría de Turismo y Economía*. [https://setuesbcs.gob.mx/doctos\\_estadisticos/estrategico\\_comondu\\_2020\\_red.pdf](https://setuesbcs.gob.mx/doctos_estadisticos/estrategico_comondu_2020_red.pdf)



Panebianco, M. (2011). “Análisis de los niveles de metales pesados (Pb, Cu, Cr, Zn, Ni y Cd) y aspectos reproductivos del delfín franciscana (*Pontoporia blainvillei*)” (Tesis doctoral). Argentina: Universidad de Buenos Aires.

Postma, Hannes. (1969). “Chemistry of Coastal Lagoons”. En A. Ayala-Castañares y F. B. Phleger, (eds.), *Lagunas Costeras. Memoria del Simposium Internacional de Lagunas Costeras*. México: UNAM/UNESCO, 348 pp.

Fecha de recepción: 15 de agosto de 2023

Fecha de aceptación: 04 de julio de 2024

Editor: Cristian Kraker Castañeda