



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA

FACULTAD DE CIENCIAS MARINAS

ESPECIALIDAD EN GESTIÓN AMBIENTAL

TRABAJO TERMINAL



Figura 1. Foto archivo La Jornada

“ANÁLISIS COSTE-BENEFICIO DE LA EXTRACCIÓN DE ARENA EN LA CUENCA DE GUADALUPE, BAJA CALIFORNIA, MÉXICO”

Presenta:

BLANCA EDITH IRIGOYEN HERNÁNDEZ

ENSENADA, BAJA CALIFORNIA. Enero, 2022.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
FACULTAD DE CIENCIAS MARINAS
ESPECIALIDAD EN GESTIÓN AMBIENTAL



TRABAJO TERMINAL

**“ANÁLISIS COSTE-BENEFICIO DE LA EXTRACCIÓN DE ARENA
EN LA CUENCA DE GUADALUPE, BAJA CALIFORNIA, MÉXICO”**

Que para obtener el diploma de
ESPECIALIDAD EN GESTIÓN AMBIENTAL

Presenta:

Blanca Edith Irigoyen Hernández

Autorizado por el Comité de Posgrado:

Dra. María Cristina Garza Lagler

Directora

Dr. Carlos Peynador Sánchez

Sinodal

M.C. Rigoberto Guardado France

Sinodal



AGRADECIMIENTOS

“El camino ha concluido, y de verdad hay mucho que agradecer” ...

A la Universidad,

Por permitirme formar parte de un Posgrado de Calidad en esta gran institución y darme la oportunidad de adquirir nuevos conocimientos.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT),

Por brindarme la beca de manutención y apoyarme en el financiamiento de mis estudios. Sin el apoyo nada de esto se hubiera logrado.

A Defensa Ambiental del Noroeste (DAN),

Por permitirme realizar mi estancia profesional y aprender un poco acerca del mundo de la abogacía.

A mi Comité,

Sobre todo, a la Dra. Cristina, que desde el inicio me inspiró con sus palabras y confió en mí en todo momento. A ustedes por todo su apoyo en la realización de este trabajo y su notable dedicación en la revisión de este.

A mis docentes,

Por el aprendizaje brindado; les agradezco su dedicación, paciencia, atención, y vocación por la enseñanza.

A mis compañeros y amigos,

En especial a Óscar, Alex & Leslie, por abrirme las puertas de su casa, agradezco su hospitalidad y apoyo. A Xóchitl por todo tu apoyo, eres increíble. A Rafael por transmitir esa energía positiva. A Sol por motivarme a continuar. Soy muy afortunada por conocerlos.

... A todas y cada una de las personas que tuve la fortuna de conocer.

A ustedes eternos agradecimientos.



DEDICATORIA

A mis padres,

Por creer en mí, y que a pesar de la incertidumbre me apoyaron y confiaron en mis sueños y metas. Los amo infinitamente, y quiero que siempre estén orgullosos de mí

A mis hermanos,

Por el apoyo incondicional que siempre me dan, por estar en las buenas y en malas, por darme siempre su consejo, por hacerme ver siempre otra perspectiva de las cosas. Los amo.

A mis sobrinos,

Espero que siempre, siempre busquen lo que les apasiona y vayan por ello, no se queden sentados esperando a que llegué y sobre todo no se paralicen por el miedo a qué va a suceder. Ustedes pueden, si ustedes quieren. Los amo tanto.

A mi novio,

Por motivarme a seguir mis ideales, apoyarme en todo momento y siempre estar ahí cuando te necesito. Sin duda para mí “Eres el mejor novio del mundo y soy muy afortunada por tenerte a mi lado como compañero de días”. Te amo.

A ustedes con todo mi amor.



RESUMEN

La Cuenca Guadalupe se ubica al norte del municipio de Ensenada, Baja California, posee un área de 2,434 Km² y cuenta con siete concesiones de extracción de materiales pétreos al año 2020, de acuerdo con el Registro Público de Derechos de Agua de la Comisión Nacional del Agua, las cuales equivalen al 4% de la superficie de la Cuenca. De éstas, dos extraen material en greña y cinco arena; cuyo volumen total anual autorizado de extracción es de 925,830 m³, de los que 847,830 m³ se extraen tan solo sobre el cauce del Arroyo Guadalupe.

El presente trabajo busca analizar los costes ambientales y los beneficios económicos de la extracción de arena en la Cuenca. Para lo cual, se estimaron los beneficios económicos considerando aquellos ingresos a la Federación como los correspondientes a los títulos de concesión, tanto del volumen pagado por metro cúbico de extracción autorizado, como los ingresos por los trámites para la solicitud de las concesionarias, estimándose una cantidad de \$24,137,000 de pesos. Para los costes ambientales, primero se identificaron un total de 20 servicios ecosistémicos (SE) que ofrece la Cuenca y la región del Valle de Guadalupe, con objeto de valorar monetariamente los costes ambientales asociados a esta actividad, identificándose ingresos de \$353,113,000 de pesos correspondientes a los sectores agrícola, recreativo e hídrico para uso doméstico.

Finalmente, para realizar el ACB se definió la escala espacio temporal, con el objeto de recabar la información necesaria para desarrollar este tipo de análisis; donde para el presente caso de estudio se estableció como periodo de referencia los años 2015 al 2020, tomando como año de estudio al 2017, dado que no existen suficientes datos oficiales disponibles para conocer los ingresos económicos asociados a los sectores productivos de la Cuenca Guadalupe; optándose por emplear la información de trabajos previos. Esta información, permitió analizar si los costes y beneficios vinculados a la extracción de arenas, brindan un beneficio económico a la sociedad.

Palabras Clave

Análisis Coste Beneficio (ACB), Minería, Arena, Cuenca Guadalupe, Materiales pétreos



ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS	I
DEDICATORIA.....	II
RESUMEN	III
ÍNDICE	IV
ÍNDICE DE FIGURAS	vi
ÍNDICE DE TABLAS	vii
ÍNDICE DE CUADROS	viii
I. INTRODUCCIÓN	1
I.1. Problemática de Estudio	2
I.2. Justificación	4
I.3. Alcance.....	6
I.4. Cuenca Guadalupe.....	8
I.5. Antecedentes.....	10
II. OBJETIVOS	14
II.1. Objetivo General.....	14
II.2. Objetivos Particulares.....	14
III. MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL.....	15
III.1. Materiales Pétreos.....	15
III.2. Mapeo de la Cadena Productiva de los Materiales Pétreos	18
III.3. Legislación en Materia de Materiales Pétreos.....	20
III.4. Manejo de Cuenca.....	24
III.5. Servicios Ecosistémicos y su Valoración Económica.....	28
III.6. Análisis Coste - Beneficio y Desarrollo Sostenible	33
IV. METODOLOGÍA	35



IV.1.	Identificación de Concesiones y Definición de Cuenca de Estudio	35
IV.2.	Estimación de Beneficios Económicos.....	37
IV.3.	Identificación de Costes Ambientales	39
IV.4.	Evaluación de Impactos Ambientales	41
IV.5.	Análisis Coste – Beneficio	43
V.	RESULTADOS	44
V.1.	Cuenca de Estudio	44
V.2.	Beneficios Económicos.....	45
V.3.	Costes Ambientales.....	47
V.4.	Impactos Ambientales	51
V.5.	Análisis Coste – Beneficio	52
VI.	DISCUSIÓN	53
VI.1.	Cuenca Guadalupe.....	53
VI.2.	Beneficios Económicos.....	54
VI.3.	Costes Ambientales.....	55
VI.4.	Impactos Ambientales	57
VI.5.	Análisis Coste Beneficio	59
VII.	CONCLUSIONES	62
VIII.	ANEXOS	65
VIII.1.	Metadatos	65
VIII.2.	Concesiones	67
VIII.3.	Abreviaturas.....	68
IX.	REFERENCIAS	69



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Foto archivo La Jornada	0
Figura 2. Los 15 Materiales Principales en 2017 en GT (Ordenados por Peso Extraído Global)	1
Figura 3. Diagrama de Ishikawa*	3
Figura 4. Regiones Hidrológicas	6
Figura 5. Mapa de Superficie de Concesiones	7
Figura 6. Cuenca de Guadalupe	9
Figura 7. La Arena, Grano a Grano.....	16
Figura 8. Estrato del Terreno	17
Figura 9. Principales Operaciones Unitarias del Proceso de Extracción de Materiales Pétreos en Arroyos	18
Figura 10. Detalle de la Explotación de los Materiales Pétreos.....	19
Figura 11. Principales Operaciones Unitarias del Proceso de Extracción de Materiales Pétreos en la Industria Minera.....	19
Figura 12. Ciclo Hidrológico con un Balance de Agua Promedio en Unidades Relativas a un Valor 100 para la Tasa de Precipitación Terrestre	25
Figura 13. Impactos Acumulados de las Actividades Humanas en una Cuenca Hidrográfica*	26
Figura 14. Ubicación de los Actores de los Servicios Hidrológicos dentro de una Cuenca	27
Figura 15. Servicios Ecosistémicos de las Cuencas.....	28
Figura 16. Marco para la Evaluación y Valoración Integradas de las Funciones, los Bienes y los Servicios de los Ecosistemas.....	29
Figura 17. Conexiones entre los Servicios de los Ecosistemas y el Bienestar Humano	31
Figura 18. Marco Conceptual que Vincula la Integridad de los Ecosistemas, los Servicios de los Ecosistemas y el Bienestar Humano como Aspectos de la Oferta y la Demanda en los Sistemas Humano-Ambientales	31
Figura 19. Componentes del Valor Económico Total de los Ecosistemas	33
Figura 20. Concesionarias de Extracción de Arena y Material en Greña de la Cuenca Guadalupe 45	
Figura 21. Actividades Productivas Realizadas en Colindancias a Áreas Concesionadas.....	49

||



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Valor de la Producción Minera (Toneladas).....	4
Tabla 2. Antecedentes	12
Tabla 3. Propiedades del Terreno Reales	17
Tabla 4. Categoría de las Funciones de los Servicios Ecosistémicos.....	30
Tabla 5. Criterios Considerados por Tipo de Análisis Costo - Beneficio	34
Tabla 6. Títulos de Concesión Presentes en la Cuenca Guadalupe	35
Tabla 7. Pago por Derechos de Extracción de Arena y Material en Greña.....	37
Tabla 8. Pago por Derechos de Trámites de Concesión	38
Tabla 9. Registro de Manifestaciones de Impacto Ambiental de Áreas Concesionadas	40
Tabla 10. Impactos Ambientales por Extracción de Arena	41
Tabla 11. Ingresos Estimados al Sector Público por Extracción de Arena.....	46
Tabla 12. Ingresos Estimados al Sector Público por Pago de Trámites de Concesión.....	46
Tabla 13. Ingresos Estimados Totales al Sector Público por Concesiones	46
Tabla 14. Servicios Ecosistémicos de la Cuenca Guadalupe.....	47
Tabla 15. Uso de Suelo y Cuerpos de Agua en las Concesionarias y sus Colindancias.....	48
Tabla 16. Características de los Sectores Agrícola y Recreativo del Valle de Guadalupe (2017) ...	49
Tabla 17. Características del Uso Doméstico del Agua del Valle de Guadalupe (2017).....	50
Tabla 18. Producción y Valor Pecuario en Ensenada (2017).	50
Tabla 19. Valor Agregado en Miles de Pesos para el Año 2017.	50
Tabla 20. Clasificación de los Impactos Ambientales	51
Tabla 21. Clasificación de los Impactos Ambientales de Concesionarias	51
Tabla 22. Costes Ambientales y Beneficios Económicos para el 2017.	52
Tabla 23. Beneficios Económicos Estimados Totales al Sector Público por Concesiones.	54
Tabla 24.. Costes Ambientales Estimados de Sectores Productivos en Zonas Concesionadas y Colindancias.	56
Tabla 25. Títulos de Concesiones de Extracción de Arena en Ensenada, BC.....	67
Tabla 26. Abreviaturas de Unidades	68



ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Cronología de Titulares Periodísticos Sobre Extracción de Materiales Pétreos y Arena (2015-2021)	5
Cuadro 2. Clasificación de los Materiales Pétreos.....	15
Cuadro 3. Elementos Actores del Proceso de Extracción de Materiales Pétreos en Arroyos	20
Cuadro 4. Metodología de Mapeo.....	36
Cuadro 5. Etapas del ACB	43
Cuadro 6. Ubicación de las Concesiones a Nivel de Cuenca Hidrológica	44
Cuadro 7. Servicios ecosistémicos de la Cuenca Guadalupe	55

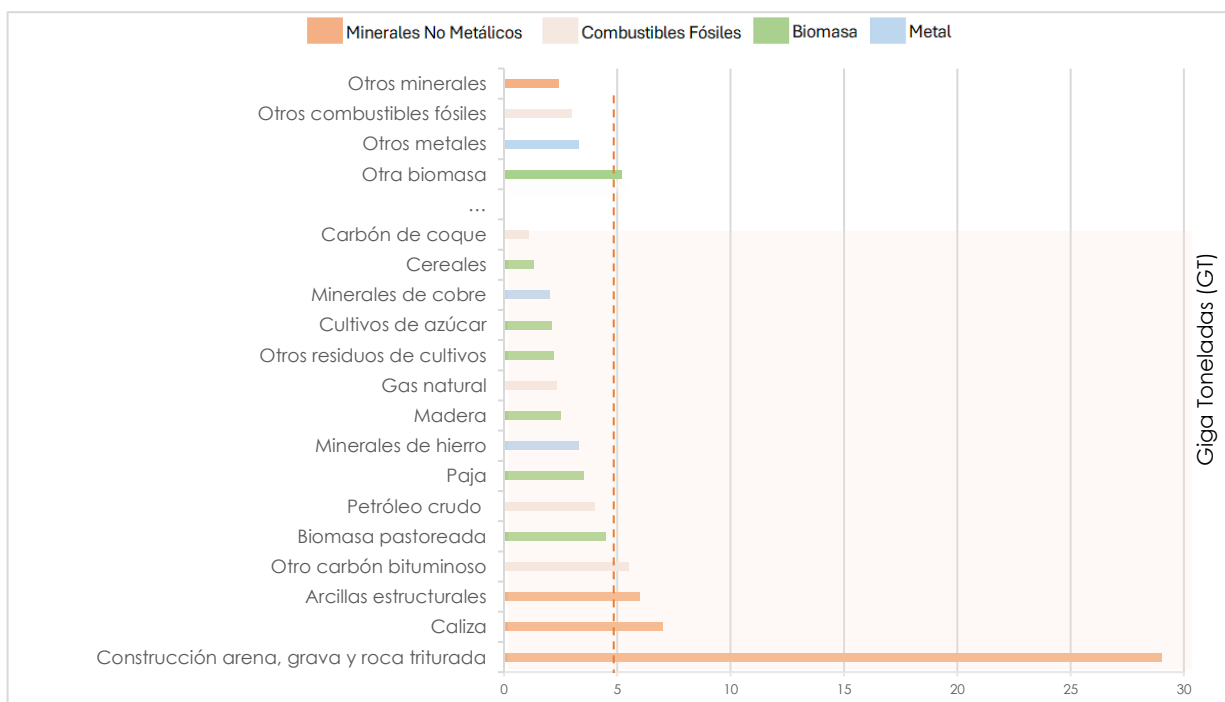


I. INTRODUCCIÓN

De acuerdo con la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OECD, por sus siglas en inglés), (OECD, 2019), el mundo ha experimentado grandes desarrollos económicos en las últimas décadas, el cual se ha apoyado en importantes aumentos en el uso de recursos materiales.

Los vínculos entre el crecimiento económico, la inversión, la infraestructura y la construcción impulsan un aumento en el uso global de materiales. A medida que las economías de los países de rápido crecimiento maduran y desarrollan una mayor infraestructura su uso de metales y *minerales no metálicos* aumenta considerablemente (OECD, 2019). Por ello, entender la evolución de la economía global y cómo las diferentes actividades económicas se relacionan con el uso de materiales, es esencial para comprender el futuro de los mismos (OECD, 2019).

Los minerales no metálicos, representan la mayoría de los materiales extraídos, como se muestra en la Figura 2, que revela los 15 materiales más extraídos a nivel mundial en términos de peso. La *arena, la grava y la roca triturada* utilizados para la construcción, representan casi el 24% de la extracción de materiales (OECD, 2019).



Fuente: Adaptado de (OECD, 2019).

Figura 2. Los 15 Materiales Principales en 2017 en GT (Ordenados por Peso Extraído Global)



I.1. Problemática de Estudio

A nivel mundial, de acuerdo con Steinberger *et al.* (UNEP, 2014), cada año se extraen entre 47 y 59 mil millones de toneladas de material, de los cuales la arena y la grava, representan la mayor parte, es decir, entre el 68% y 85%, respectivamente (Krausmann *et al.*, 2009). Estos materiales son formados por procesos erosivos durante miles de años, siendo su extracción mucho mayor que su proceso de renovación (UNEP, 2014), donde, el volumen extraído está teniendo un gran impacto en los ríos, ecosistemas costeros y marinos, resultando en la pérdida de suelos por erosión fluvial o costera, disminución del nivel freático y en la cantidad de suministro de sedimentos (UNEP, 2014).

Desafortunadamente en México, la extracción de arena no escapa a esta problemática; ya que entre 2013 y 2018, la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA), registró 89 denuncias por extracción o explotación ilegal de arena en el país (Larraz, 2020). Aunado a ello, particularmente en Baja California (BC), en 2009, según el entonces director de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), el Registro Público de Derechos de Agua (REPDA) registraba 2 mil 484 títulos, los cuales tenían un volumen de extracción anual autorizado de 99.7 millones de metros cúbicos. No obstante, reconocía que el volumen podría ser mucho mayor a causa de la actividad ilegal (Corresponsales Estados El Universal, 2009, como se citó en (Ravelo-García & Álvarez-Andrade, 2019)).

Tal problemática fue analizada a través del Diagrama Causa y Efecto, también conocido como “Diagrama de Ishikawa” (Figura 3); por medio de búsquedas hemerográficas y revisiones bibliográficas; donde se identificaron las causas primarias que representan mayor impacto por la extracción de arena asociados a los ejes: político, económico, social y ambiental, teniendo como efecto los daños al ecosistema.



1 (Larraz, 2020)

2 (Gómez-Cotta, 2018)

3 (Acosta Sánchez, 2018)

4 (Melgoza & Ramírez, 2016)

5 (Pineda, 2018)

6 (La Jornada, 2015)

7 (Vargas, 2021)

8 (Navarro-Palacios, 2004)

9 (Azqueta-Oyarzun, 2007)

Fuente: Elaboración propia con citas al pie de la imagen.

Figura 3. Diagrama de Ishikawa^{1*}

¹ *Avalúo: es el resultado del proceso de estimar el valor de un bien, determinando la medida de su poder de cambio en unidades monetarias y a una fecha determinada. Es asimismo un dictamen técnico en el que se indica el valor de un bien a partir de sus características físicas, su ubicación, su uso y de una investigación y análisis de mercado (INDAABIN, 2014).

* PROFEPA: Procuraduría Federal de Protección al Ambiente



I.2. Justificación

Al noroeste de Baja California, los cauces y sus riberas han sido impactados a consecuencia de las actividades antropogénicas que provocan el cambio de uso del suelo, como la construcción de caminos, aumento del suelo urbano y agrícola así como, la explotación de materiales pétreos; poniendo en riesgo la disponibilidad hídrica y otros servicios del ecosistema (Kurczyn-Robledo *et al.*, 2007). De acuerdo con Navarro-Palacios (2004), la extracción de arena se multiplicó en comparación con la década de los noventa a partir del año 2000; mostrando signos de alerta, creando polémica por los impactos ambientales que ocasiona, lo que se evidenció en una gran cantidad de notas periodísticas sobre el “saqueo de arena” (Cuadro 1). Como resultado en 2001, de acuerdo con el Anuario Estadístico de la Minería Mexicana, la producción anual de arena fue del 59% para la construcción (Rodríguez-Revelo, 2017); misma que continúa aportando al valor de la producción minera del estado (Tabla 1). Aunado a ello, en 2006, el 50% de la extracción de arena en México estaba ocurriendo en el estado, principalmente en arroyos del *Valle de Guadalupe* y Valle de las Palmas (Ravelo-García & Álvarez-Andrade, 2019).

Tabla 1. Valor de la Producción Minera (Toneladas)²

PRODUCTO	2015	2016	2017	2018	2019 p/*
Agregados pétreos	84,991,405.38	93,712,015.91	92,220,554.25	84,747,735.83	182,634,102.75
Arena 1/**	1,469,695.36	1,569,941.86	12,201,490.00	8,124,579.18	12,397,175.37

Fuente: (Servicio Geológico Mexicano, 2020).

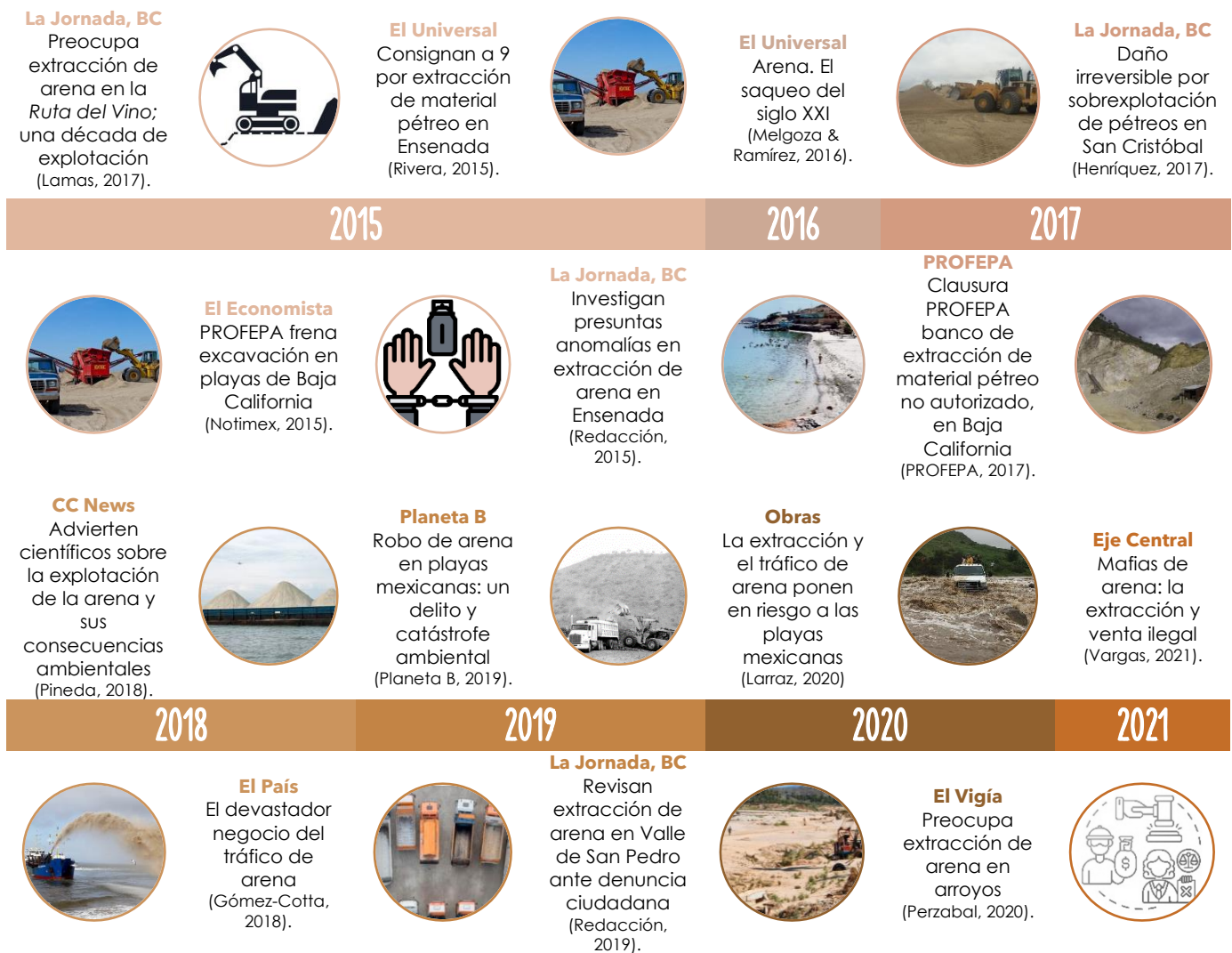
Considerando que la disminución de la capa de sustrato arenoso impacta en la filtración de agua hacia los acuíferos (PROFEPA, 2017), es decir, provoca erosión y daño a los mantos freáticos, pues ante la falta de material cuando llueve, el agua se escurre y no alcanza a filtrarse al suelo (Redacción, 2019); lo que puede afectar el cauce natural de los arroyos y, por tanto, el amortiguamiento de la fuerza con la cual fluye el agua durante la presencia de lluvia en la zona, aumentando el riesgo de desbordamientos y afectaciones a las poblaciones aledañas (PROFEPA, 2017). La problemática aumenta, dado que la tasa de renovación de arenas en los cauces de los arroyos está en función de la ocurrencia de avenidas³ extraordinarias en la región (Navarro-Palacios, 2004). A pesar de ello, la demanda de arena a nivel global es tan intensa que para lograr satisfacerla se destruyen los cauces de valles, ríos y playas. (Campetella & García, 2019). Cabe destacar que, dentro

² *p/: Cifras preliminares / **1/ Mineral para construcción. Cifras calculadas en base al consumo de cemento.

³Avenida: precipitaciones extremas con duración de 24 horas equivalentes a 110 mm.



de los Objetivos del Desarrollo Sostenible (ODS) del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), su Objetivo 15: Vida de ecosistemas terrestres, menciona que “la vida humana depende de la tierra tanto como del océano para su sustento y subsistencia” (PNUD, 2018). Por lo que, la presente investigación busca generar información que permita mejorar la administración de los materiales pétreos, particularmente la *arena*, por ser la de mayor consumo e importancia en el funcionamiento del ciclo hidrológico en su estado natural, del cual depende la vida humana como lo anteriormente señalado.



Fuente: Elaboración propia con citas al pie de cada texto.

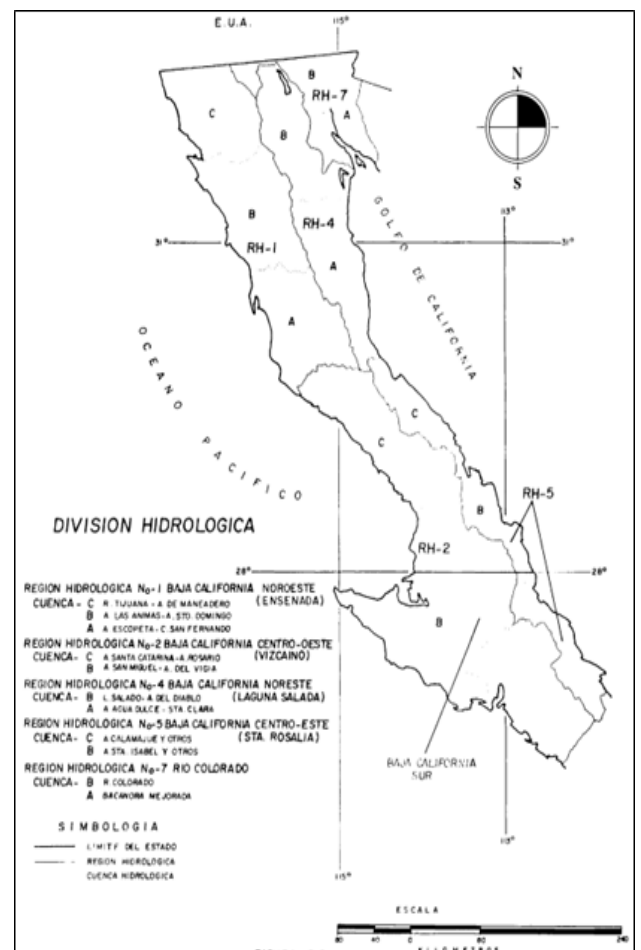
Cuadro 1. Cronología de Titulares Periodísticos Sobre Extracción de Materiales Pétreos y Arena (2015-2021)



I.3. Alcance

Este trabajo es un acercamiento a un análisis coste beneficio sobre la extracción de arena, buscando una aproximación a la ciencia económica para señalar la importancia del cuidado y correcta gestión de las arenas, al igual que Navarro-Palacios (2004), quien aborda el tema desde el componente ambiental a partir de su relación con el ciclo hidrológico; donde señala que “su cuidado y apropiada administración son elementos hacia una mayor disponibilidad y calidad de agua en los acuíferos” (p. 6).

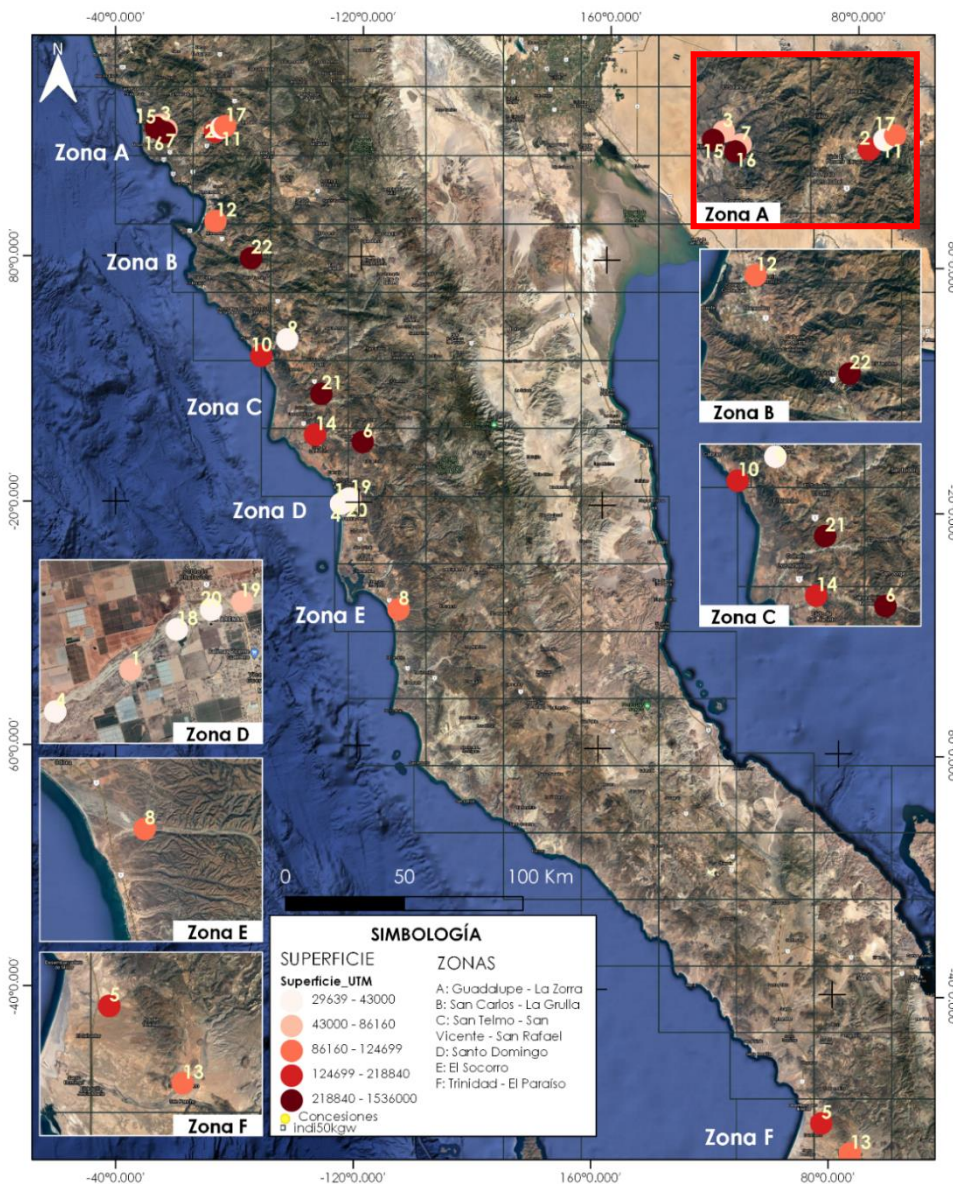
El análisis se enfocará principalmente en la cuenca con mayor número de concesiones de extracción de arena, presentes en el municipio de Ensenada, Baja California; perteneciente a la Región Hidrológica Administrativa (RHA) I. Península de Baja California, donde se ubican las Regiones Hidrológicas (RH): 1. Baja California Noroeste, 2. Baja California Centro-Oeste, compartida con Baja California Sur (BCS); la región 4. Baja California Noroeste, la 5. Baja California Centro-Este, distribuida en la porción sureste y noroeste de BCS, y la región 7. Río Colorado, distribuida entre los Estados Unidos de América (EUA) y México en Sonora y BC (Figura 4), ((INEGI, 1995), Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática). Es importante señalar, que para la determinación de la cuenca con el mayor número de concesiones, se consideró como parte de la extensión territorial de Ensenada, la localidad de San Quintín, la cual fue declarada como municipio el pasado 21 septiembre del 2020, dentro del ACUERDO General 20/2020 publicado en el Diario Oficial de la Federación (DOF, 2020); identificándose que dentro de la Zona A se encuentran el mayor número de concesiones, como se señala en el recuadro rojo de la Figura 5, la cual corresponde a la Cuenca “Guadalupe”.



Fuente: (INEGI, 1995).

Figura 4. Regiones Hidrológicas

Por lo que, la zona de estudio pertenece a la región RH1. Baja California Noroeste, la cual se encuentra entre las coordenadas 29° 37' 11" a 32° 37' 18" Latitud Norte (LN) y 114° 44' 08" a 117° 07' 30" Longitud Oeste (LW) (INEGI, 1995); es caracterizada por la existencia de corrientes que son compartidas por México y los EUA, y que tienen como desembocadura el Océano Pacífico (OP) (INEGI, 2001); posee una extensión territorial de 28,492 Km², una precipitación normal anual de 209 mm (1981-2010) y, un escurrimiento natural medio superficial total de 359 hm³/año (CONAGUA, 2020c).



Fuente: Elaboración propia con base a los registros del REPDA. ANEXO 1. METADATOS.

Figura 5. Mapa de Superficie de Concesiones

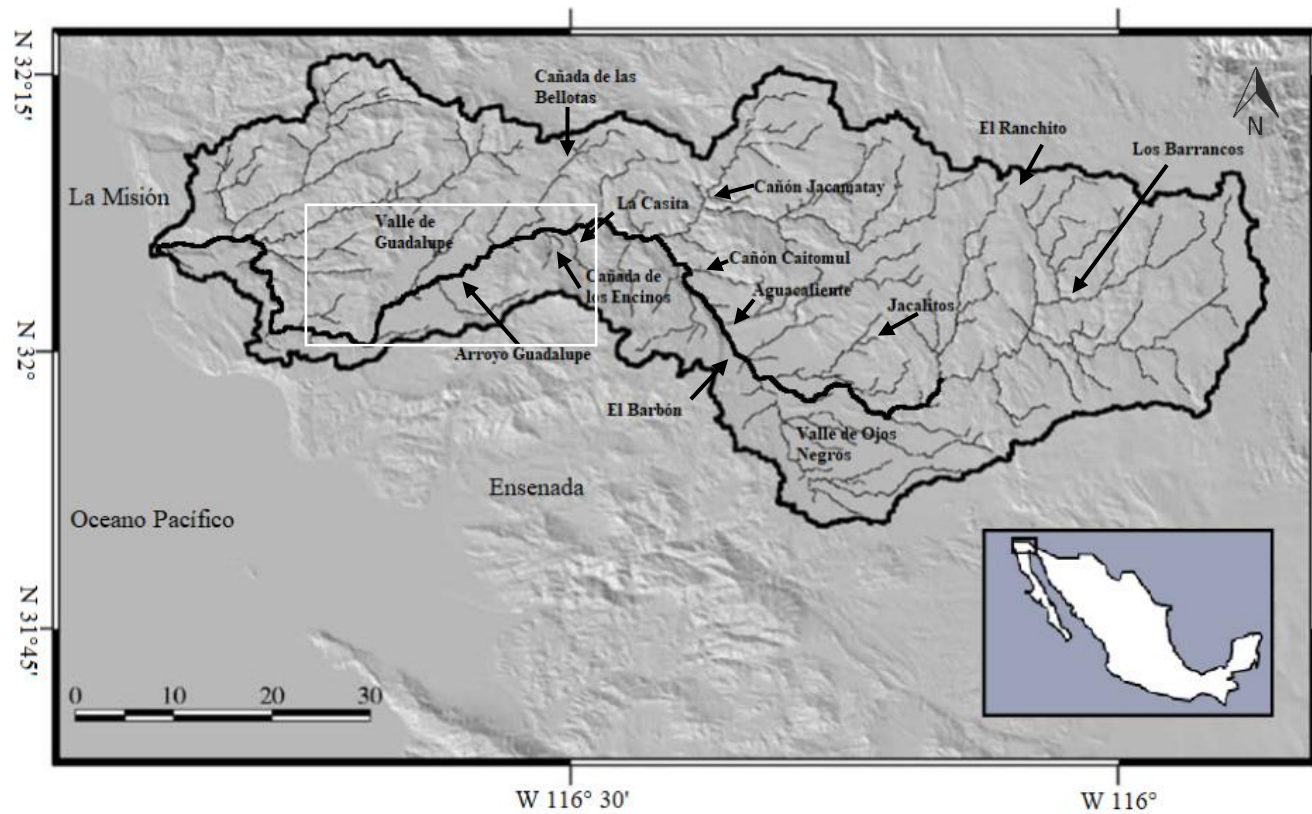


I.4. Cuenca Guadalupe

La Cuenca Guadalupe se localiza al norte del municipio de Ensenada, y posee un área de 2,434 Km², un volumen medio anual de escurrimiento natural de 48.848 hm³, un volumen anual de extracción de agua superficial de 36.278 hm³ y una disponibilidad media anual de 7.685 hm³ (CONAGUA, 2020a). En ella, se encuentran tres subcuencas: Ojos Negros, Valle de Guadalupe (VG) y La Misión (Espejel Carbajal, 2017); donde drenan diversos arroyos que descienden dirección suroeste desde una altura de 1,800 msnm, y que en su mayoría provienen del oeste de la Sierra Juárez; los cuales integran una red de drenaje en la que sobresalen los escurrimientos denominados Los Barrancos, El Ranchito y Jacalitos. Tales escurrimientos, se unen al colector general perene conocido como El Barbón, el cual corre hacia el noroeste y drena el Valle de Ojos Negros, y a su salida, se unen los arroyos Cañón de Caitomul, Agua Caliente, Jamatay y La Casita (Kurczyn-Robledo *et al.*, 2007). El Barbón, toma el nombre de Arroyo de Guadalupe que corre con dirección suroeste hasta su desembocadura en el Océano Pacífico, clasificándose como cuenca exorreica, en donde, antes de ingresar al Valle de Guadalupe se integran los arroyos Cañada de las Bellotas y de los Encinos (Figura 6) (Kurczyn-Robledo *et al.*, 2007); siendo la principal corriente que drena la cuenca y, la cual recibe prácticamente el aporte de todos los escurrimientos (Navarro-Palacios, 2004). Además, la cuenca no posee infraestructura para el aprovechamiento de dichos escurrimientos (CONAGUA, 2020a). El Arroyo tiene una longitud total de 115 Km, desde su origen y se caracteriza por tener una corriente intermitente que tiene como principales tributarios a los arroyos Cañón del Burro y Agua Escondida (CONAGUA, 2020a); a su vez, participa en forma directa en la recarga del acuífero del Valle de Guadalupe (Kurczyn-Robledo *et al.*, 2007). El Acuífero Guadalupe se localiza en la porción noroccidental de la Cuenca Guadalupe, con una superficie de 976 Km²; pertenece a la Subregión Hidrológica Río Tijuana, cuenca Río Tijuana-Arroyo Maneadero, al Organismo de Cuenca I Península de Baja California y al Consejo de Cuenca Baja California. Siendo su territorio vedado⁴, con una clasificación tipo III, en la que la capacidad de los mantos acuíferos permite extracciones limitadas para usos domésticos, industriales, de riego y otros (CONAGUA, 2020a).

⁴ Zona de veda: Áreas específicas de los acuíferos, regiones o cuencas hidrológicas, en las cuales no se autorizan aprovechamientos de agua adicionales a los establecidos legalmente (Ley de Aguas Nacionales, 1992).

Siendo uno de los principales usos del Acuífero Guadalupe el desarrollo de actividades agrícolas, sobre todo el cultivo de vid para la industria vitivinícola. Así como, el abastecimiento de agua de las poblaciones de Francisco Zarco, El Porvenir y San Antonio Necua (con más de 450,000 habitantes) para la cual se destina el 42% de dicho recurso (Kurczyn-Robledo *et al.*, 2007).



Fuente: (Kurczyn-Robledo *et al.*, 2007).

Figura 6. Cuenca de Guadalupe⁵

⁵ El recuadro blanco muestra la delimitación del Valle de Guadalupe. Además, se muestran los arroyos tributarios al colector principal El Barbón, llamado más adelante Arroyo Guadalupe.



I.5. Antecedentes

A pesar de que en los últimos años se extrae a nivel global más arena y grava que cualquier otro material, solo se dispone de datos fiables sobre su extracción en determinados países desarrollados; siendo la ausencia de datos globales de la minería lo que dificulta la evaluación ambiental de los impactos que genera, contribuyendo así a la falta de conciencia sobre este tema (UNEP, 2014).

Si bien, existen trabajos previos sobre la extracción de arenas dentro de la región de la Cuenca Guadalupe, la información se ha enfocado en aspectos relacionados con la tasa de renovación de arenas dentro de la Cuenca, como el estudio realizado por Navarro-Palacios (2004), para lo que realiza una detallada caracterización. Siendo su aproximación desde las ciencias ambientales, donde sus resultados son contundentes al identificar que el volumen de extracción de arena del Arroyo Guadalupe es de aproximadamente 376,000 m³, misma cantidad que podría restituirse tras cuatro avenidas en 50 años.

Rodríguez-Revelo (2017), desde una aproximación distinta, identifica los servicios ecosistémicos de las dunas costeras y presenta el cálculo del valor económico de las arenas, siendo el servicio de provisión el que destaca y su resultado monetario es una denuncia de alrededor de \$53, 694, 080 USD que deberían pagarse por una superficie de concesión de 1, 403 ha. Por su parte, Acosta-Sánchez (2018), al igual que Rodríguez-Revelo, analiza la extracción de arenas, pero en el colector de la Cuenca Guadalupe, donde a su vez analiza los impactos que esta actividad tiene sobre los servicios ecosistémicos que se presentan en la región. Sin embargo, es el trabajo de Uscanga-Tejeda (2018), quien presenta este ejercicio integrador entre: extracción de arenas, la Cuenca Guadalupe y valor económico. Para ello, identifica los servicios ecosistémicos y proporciona escenarios de disponibilidad hídrica bajo condiciones actuales y de cambio climático sobre el cálculo de precios sombra de cada metro cúbico. Posteriormente, Uscanga-Tejeda (2021), aproxima la cantidad de provisión de arena de la Subcuenca Guadalupe mediante la combinación de herramientas analíticas y determina el valor económico del servicio de provisión (de arena), mismo que va en el rango de 162, 371 a 277, 202 MDP dependiendo del mercado de destino.



Por su parte, Nigenda Morales (2018), sirve de referencia para la interpretación de los costos ambientales y los beneficios económicos. Aunado a ello, a través de la metodología de identificación de las concesionarias empleada por Ravelo-García & Álvarez-Andrade (2019), se obtuvo la información para el desarrollo del estudio.

El presente trabajo aborda dicha problemática desde una perspectiva multidisciplinaria, tomando de referencia los métodos, enfoques y resultados de trabajos previos, a fin de adaptar una metodología del análisis coste beneficio, sopesando las ventajas y los inconvenientes de esta actividad. De acuerdo con literatura, la aplicación de la metodología del análisis coste beneficio (ACB), resulta útil para hacer frente a los casos donde no tenemos toda la información necesaria para tomar una decisión, considerando que nos ayuda a aclarar nuestra incertidumbre, aumentando la capacidad para tomar decisiones frente a lo incierto (Revesz, 2010).



Tabla 2. Antecedentes

NOMBRE	OBJETIVO GENERAL	METODOLOGÍA	CONCLUSIONES	PUBLICACIÓN
Aportación desde la Hidrología a la Gestión Ambiental de la Extracción de Arena en el Arroyo Guadalupe, B.C.	Aportar insumos para la prevención y cuidado de los recursos de cuenca, con énfasis en elementos hidrológicos, legales – administrativos; que coadyuven al desarrollo sustentable en el aprovechamiento de arena en el Arroyo Guadalupe, B.C.	<ul style="list-style-type: none"> -Caracterización de la Cuenca -Precipitación, escorrentía superficial y sedimentos probables en el cauce del arroyo -Cálculo de volumen de sedimentos generados en la Cuenca -Análisis de frecuencia y periodo de retorno T -Evaluación de la pérdida de almacenamiento por extracción de arena 	La tasa de renovación de arenas en los cauces está en función de la ocurrencia de avenidas extraordinarias en la cuenca. De manera que, la extracción de arena realizada sobre el cauce del arroyo Guadalupe, con un volumen del orden de los 376,000 m ³ serán restituidos en 4 avenidas de 50 años. Una avenida extraordinaria 24 horas de 50 años equivale a 110 mm, similar a la acaecida el 29 de enero de 1980 (112 mm, la más intensa del periodo 1967 a 2003). Lo anterior nos indica que las concesiones deben tomar en cuenta el régimen de precipitación de eventos extraordinarios como un indicador de tasa de renovación de sedimentos.	Navarro Palacios René Alberto, 2004
Valoración monetaria del Servicio Ecosistémico de provisión de minerales de las dunas costeras de la Península de Baja California	Destacar los servicios ecosistémicos de las dunas costeras con valores no monetarios que trascienden en la valoración económica, para su uso en la toma de decisiones.	<ul style="list-style-type: none"> -Análisis documental y hemerográfico -Sistema de Información Geográfica -Perfiles de campo -Perfiles en Google Earth 	La superficie de dunas costeras de la península de BC que ofrecen el Servicio Ecosistémico de provisión de minerales es de 1,214,998.73 ha de las cuales 1,179,883 ha se encuentran en la región del Océano Pacífico y 35,115.73 en el litoral del Golfo de California. El precio que se paga por los derechos de las concesiones mineras es por superficie (ha) no por volumen, esto quiere decir que, la industria minera está obligada a pagar una cuota semestral como lo establece la Ley Federal de derechos en el artículo 263 constitucional, esta cuota varía con el paso de los años; el monto de la cuota queda fijo a partir del onceavo año, sin importar si la vigencia de la concesión es de 50 años, la compañía minera, seguirá pagando la misma cantidad. Actualmente, se pagan \$1,263 USD por año por una superficie de 1,403 ha en El Pabellón, pero, se debería de pagar \$53,694,080 USD por el volumen de arena con el que cuenta la concesión, ya que la arena es el recurso que explotan, el cual está mal valorado.	Rodríguez Revelo Natalia Alejandra, 2017
Extracción de arena e impacto ambiental en el colector principal de la cuenca Guadalupe, Ensenada, Baja California	Estimar la presión antropogénica en el colector principal de la cuenca Guadalupe por cambio de uso de suelo, vías de comunicación y extracción de arena; y evaluar cómo dichas actividades afectan a los servicios ecosistémicos.	<ul style="list-style-type: none"> -Zonificación del área de estudio -Indicadores ambientales -Indicador de Cambio de Uso del Suelo (ICUS) -Indicador de Presión por Vías de Comunicación (IPVC) -Presión por extracción de arena -Servicios ecosistémico 	El colector principal de la Cuenca Guadalupe ha sido modificado por actividades de extracción de arena, donde la Comisión Nacional de Agua ha otorgado seis concesiones entre 2006 y 2014, en las que se tiene permitido extraer un total de 847,830 m ³ en tan solo un año de actividad. Lo cual se traduce en un tiempo de regeneración de sedimentos de aproximadamente 325 años, o 111 años en el mejor de los casos con eventos extremos de precipitación pluvial. Estas concesiones se ubican en las partes del colector que atraviesan Valle de Guadalupe, La Misión y Rancho Viejo.	Acosta Sánchez Manuel Misael, 2018



Valoración Económica del Agua en Valle de Guadalupe	Estimar el precio sombra del servicio ecosistémico de aprovisionamiento de agua en Valle de Guadalupe, el cual se clasifica como un valor de uso directo en el ecosistema y se aborda desde el enfoque privado.	<ul style="list-style-type: none"> -Listado de los servicios ecosistémicos -Descripción de la realidad hídrica -Escenarios de disponibilidad hídrica 	Existen 19 servicios ecosistémicos reconocidos entre la literatura académica, así como en los instrumentos de planeación implementados en el Valle de Guadalupe lo cual refiere el interés por describir los factores ambientales de la cuenca. En términos de su contribución al valor agregado, el modelo estima que la contribución marginal (precio sombra) de cada m ³ de agua es de alrededor de 0.84 pesos/ m ³ para los escenarios actual y de recarga media y de 25.52 pesos/ m ³ para el escenario de cambio climático, lo cual sugiere que si no se implementan medidas adecuadas de mitigación la reducción en la disponibilidad natural de agua representa un gran impacto potencial en el valor de la producción en el valle.	Uscanga Tejada Carolina, 2018
Análisis costo-beneficio para estudiar la contaminación por residuos sólidos del Cañón del Sumidero, Chiapas, México	Analizar el problema de contaminación por residuos sólidos del Cañón del Sumidero con base en los actores involucrados, costos y beneficios económicos.	<ul style="list-style-type: none"> -Análisis costo-beneficio -Proyectos -Identificación de impactos, costos y beneficios -Consideraciones económicas y de bienestar social -Cálculo de costos y beneficios por escenario 	El presente trabajo tiene tres resultados principales. En primer lugar, muestra la forma en que cada actor se vería afectado en un escenario sin proyectos. Segundo, revela que los dos proyectos propuestos para la atención a los residuos sólidos del Parque Nacional Cañón del Sumidero son económicamente mejores que la situación sin proyecto (escenario tendencial) aunque sus efectos sobre los servicios ecosistémicos y los actores son diferentes. En tercer lugar, muestra que el Proyecto Limpieza es el más rentable de los evaluados.	Nigenda Morales Roger Daniel, 2018
Propuesta de norma técnica ambiental para la extracción de pétreos en Baja California: Caso de estudio Arroyo Las Palmas	Describir el contexto de sobreexplotación de materiales pétreos que ocurre en BC, México, analizando el caso de la subcuenca del Arroyo Las Palmas.	<ul style="list-style-type: none"> -Recopilación y análisis de información acerca de regulaciones federales y estatales -Revisión hemerográfica acerca de la problemática de la explotación de pétreos -Comparación con Anuarios estadísticos de la minería mexicana 	La creación de una norma ambiental para extracción de pétreos en Baja California es una prioridad debido a la probada sobreexplotación del arroyo Las Palmas y otros bancos de materiales pétreos ubicados en o fuera de cauces nacionales, en los que los impactos ambientales son evidentes e incluso graves. La contaminación y la alteración en balance hídrico y geomorfológico que se están generando en el arroyo Las Palmas exige vigilar, cuando menos, el cumplimiento de las disposiciones autorizadas en las concesiones otorgadas por la CONAGUA.	Ravelo Alicia, Álvarez Adriana, 2019
Mapeo y Valoración Económica de los Servicios Ecosistémicos en la Subcuenca Guadalupe, Baja California, México	Mapear y valorar económicamente los servicios ecosistémicos en la subcuenca Guadalupe, Baja California, México. -Valorar económicamente la provisión de arenas como servicio ecosistémico de la subcuenca.	<ul style="list-style-type: none"> -Cálculo de la cantidad de provisión de arena en la subcuenca Guadalupe -Valoración económica del servicio ecosistémico de provisión de arena 	Se propuso el análisis de un sistema de información geográfica que describe el proceso de erosión de las rocas en los límites de la subcuenca Guadalupe, estimando que existen 0.567 Km ³ de arena aprovechable, lo equivalente a 936 millones de Ton para el aprovechamiento de arena en diferentes sitios potenciales de acumulación, de los cuales, se permite la extracción de 1.6 millones de Ton al año mediante títulos concesionarios. El valor económico de la arena estimada para aprovechamiento es considerado entre los 162.371 MDP y los 277.202 MDP, dependiendo de si el material pétreo se coloca en el mercado local, nacional o internacional.	Uscanga Tejada Carolina, 2021

Fuente: Elaboración propia con citas en columna publicación.



II. OBJETIVOS

II.1. Objetivo General

Analizar los costes ambientales y beneficios económicos de la extracción de arena en la Cuenca de Guadalupe, Ensenada, Baja California, México para el año 2017.

II.2. Objetivos Particulares

- i. Identificar y delimitar la cuenca con mayor número de concesiones en el municipio.
- ii. Estimar los beneficios económicos de las actividades de extracción de arena.
- iii. Identificar los costes ambientales de la extracción de arena.
- iv. Evaluar el impacto ambiental de las actividades de extracción.



III. MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL

III.1. Materiales Pétreos

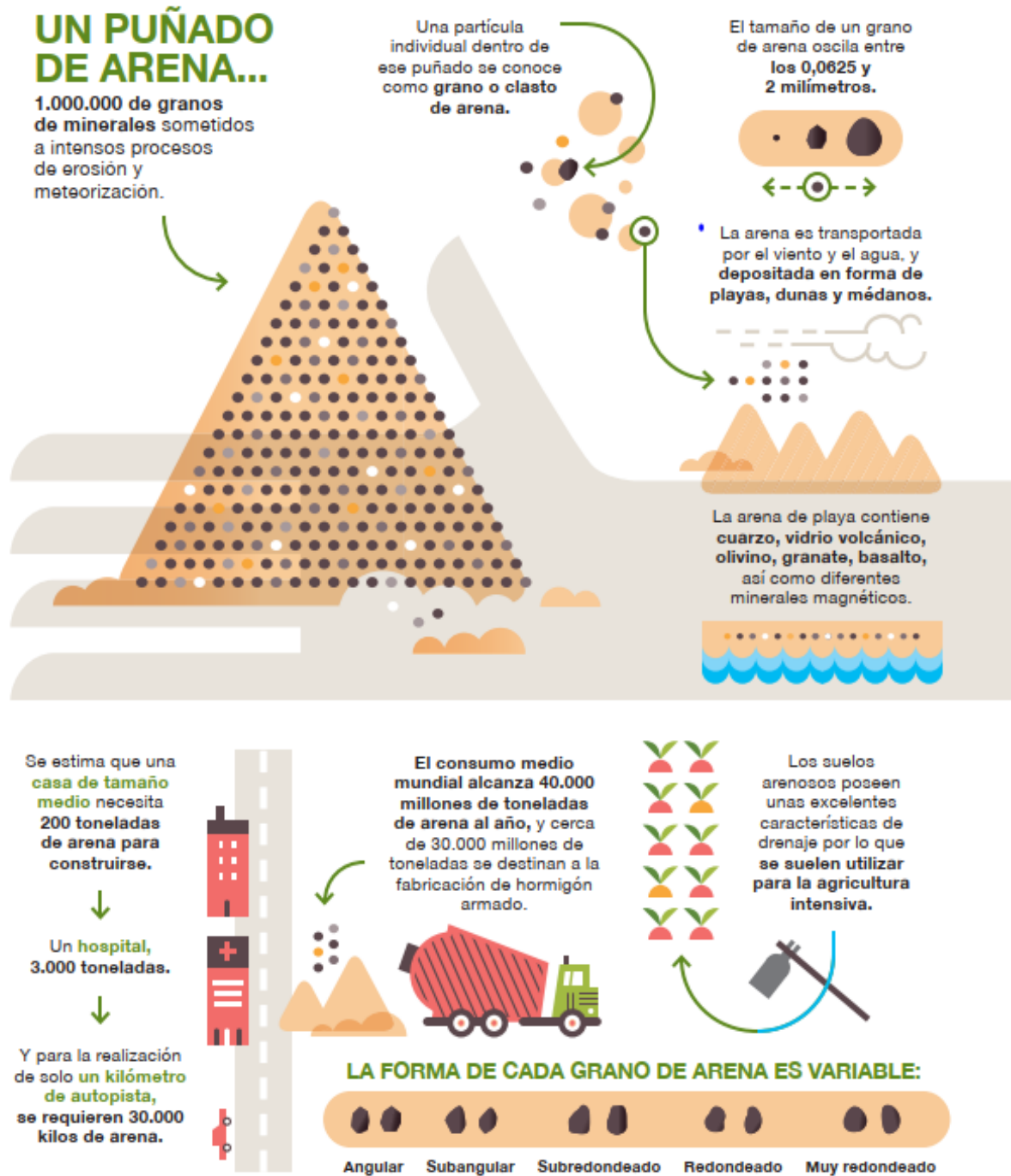
Los pétreos corresponden a una de las formas de clasificación de los materiales de construcción (Universidad de las Américas Puebla (UDLA, s.f.)). Pétreo proviene del latín “*Petreus*” y, se define como aquel material proveniente de la roca que se utiliza sin apenas sufrir transformaciones, y regularmente se encuentran en forma de bloques, losetas (teyolote, pizarra) o fragmentos de distintos tamaños (canteras y gravas), (Dirección General de Desarrollo Minero (DGDM, 2015b)). En su mayoría, suelen ser naturales, aunque a veces son procesados por el hombre; dado que son derivados de la roca poseen una calidad similar a ésta, siendo usados principalmente en el sector de la construcción (DGDM, 2015b); siendo su clasificación como se muestra en el Cuadro 2:

	ORIGEN		COMPOSICIÓN
NATURALES	Localizados en yacimientos naturales, para utilizarlos sólo es necesario que sean seleccionados, refinados y clasificados por tamaños. Comúnmente se hallan en yacimientos, canteras y/o graveras.	PIEDRAS CON BASE DE CAL	Producen efervescencia al ser atacados con ácidos y no producen chispas. Este grupo se subdivide en calcáreas y yesosas.
ARTIFICIALES	Se localizan en macizos rocosos, para obtenerlos se emplean procedimientos de voladura con explosivos, posteriormente se limpian, machacan y clasifican y con ello se procede a utilizarlos.	PIEDRAS CON BASE DE SÍLICE	Resistentes, rayan el vidrio y no producen efervescencia al ser atacados por lo ácidos y no se descomponen por la acción del fuego.
INDUSTRIALES	Son aquellos que han pasado por diferentes procesos de fabricación, tal como productos de desecho, materiales calcinados, procedentes de demoliciones o algunos que ya han sido manufacturados y mejorados.	PIEDRAS CON BASE DE ALÚMINA	Están compuestas de alúmina, sílice y óxido de hierro. No producen efervescencia a la acción de ácidos. A esta variedad pertenecen las pizarras, que son rocas de grano fino que se caracterizan por su estructura foliácea.

Fuente: (DGDM, 2015b).

Cuadro 2. Clasificación de los Materiales Pétreos

La arena forma parte de los materiales pétreos, las cuales son formadas a partir de la erosión e intemperismo de las rocas, y son transportadas hacia las partes bajas del sistema hidrológico, por acción de la escorrentía superficial (Friedman y Sanders, 1978 como se citó en (Navarro-Palacios, 2004)). Siendo un conjunto de partículas de rocas disgregadas; cuyo tamaño varía entre 0.065 y 2 mm, donde una partícula individual dentro de este rango es llamada “grano de arena” y una roca consolidada y compuesta por estas partículas se denomina arenisca; aquellas por debajo de los 0.065 mm y hasta 0.004 mm se denominan limo, y por arriba de la medida del grano de arena y hasta los 64 mm se denominan grava (DGDM, 2015a) (Figura 7).



Fuente: (Iberdrola, 2021).

Figura 7. La Arena, Grano a Grano

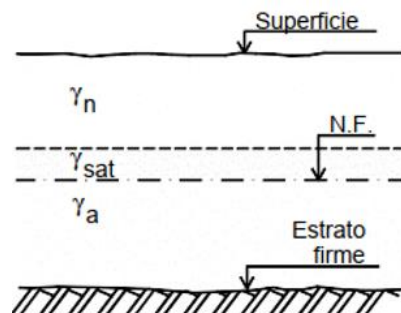
Otro rasgo del grano de las arenas es que se apelmazan si están húmedos y, en terrenos secos tienen una ligera cohesión, pero se reducen a polvo fácilmente entre los dedos (Tabla 3) (Pérez Valcárcel, 2008).

Tabla 3. Propiedades del Terreno Reales

TIPO DE TERRENO	POROSIDAD n (%)	ÍNDICE HUECOS e	HUMEDAD NATURAL ω (%)	DENSIDAD SECA γ_d (T/m ³)	DENSIDAD HÚMEDA γ (T/m ³)
Arena suelta	43	0.76	29	1.51	1.94
Arena densa	32	0.47	17	1.80	2.12
Zahorra	22	0.30	12	2.05	2.28
Arcilla muy blanda	60	1.67	62	1.08	1.34
Arcilla blanda	55	1.55	55	1.22	1.76
Arcilla semi -compactada	45	0.90	35	1.47	1.92
Arcilla compactada	43	0.87	32	1.45	1.89
Arcilla muy compacta	40	0.74	27	1.61	2.01
Arcilla dura	33	0.61	22	1.80	2.13

Fuente: (Pérez Valcárcel, 2008).

El componente más común de la arena, en suelos y en las costas no tropicales, es sílice o dióxido de silicio (SiO₂), generalmente en forma de cuarzo. No obstante, en algunos lugares contiene hierro, feldespato o, incluso, yeso (DGDM, 2015a). Su composición varía de acuerdo con los recursos y condiciones locales de la roca y; según el tipo de roca de la que procede, la arena puede variar mucho en apariencia. Por ejemplo, gran parte de la fina arena de las playas hallada en los arrecifes de coral suele ser blanca, siendo caliza molida que ha pasado por la digestión del pez loro; mientras que la arena volcánica es de color negro (DGDM, 2015a). Otra característica, es que se producen diferentes pesos específicos (γ) de la arena en el estrato⁶ de un terreno; donde, en la parte superior el peso específico es el terreno natural (γ_n) siendo entre 15 y 21 $\frac{KN}{m^3}$; en la zona del Nivel Freático (NF) en la que el agua sube por capilaridad y satura totalmente el terreno es el saturado (γ_{sat}) siendo entre 16 y 21 $\frac{KN}{m^3}$; y bajo el NF, donde el terreno está sumergido en agua es el anegado⁷ (γ_a) siendo entre 6 y 11 $\frac{KN}{m^3}$ (Pérez Valcárcel, 2008).



Fuente: (Pérez Valcárcel, 2008).

Figura 8. Estrato del Terreno

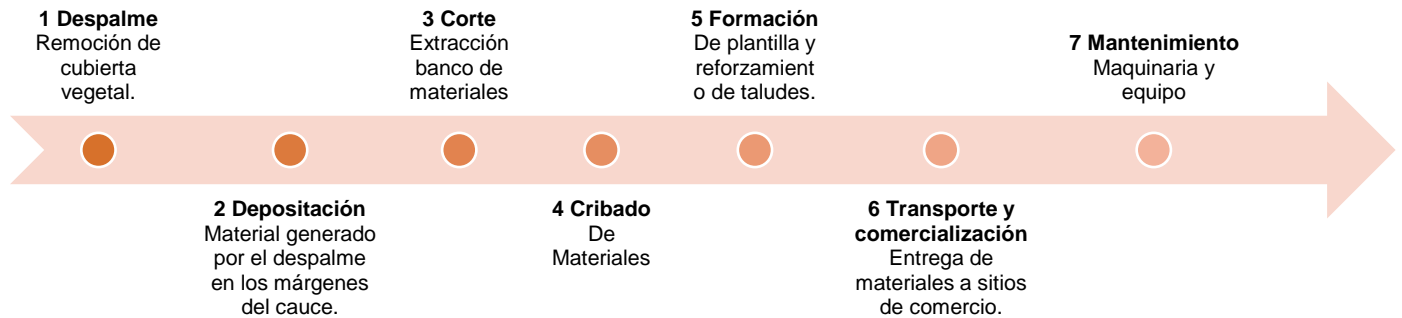
⁶ Estrato: cada uno de los niveles que consta una formación de rocas estratificadas.

⁷ Anegado: Cubrir un lugar de agua.



III.2. Mapeo de la Cadena Productiva de los Materiales Pétreos

El proceso de extracción de materiales pétreos en arroyos engloba un esquema general de las operaciones unitarias que se describen en la Figura 9, de acuerdo con Lorax Consultores (2005).

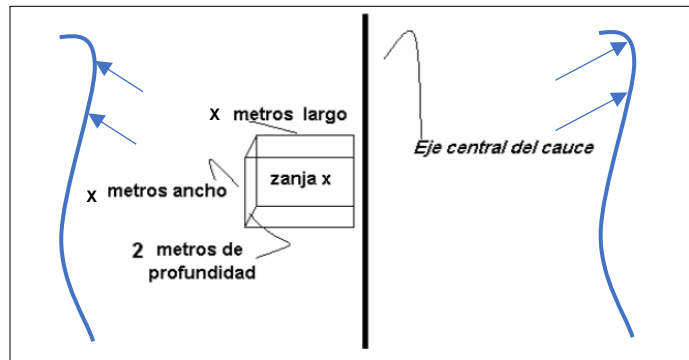


Fuente: Modificado de (Lorax Consultores, 2005).

Figura 9. Principales Operaciones Unitarias del Proceso de Extracción de Materiales Pétreos en Arroyos

- 1. Despalme:** Se realiza la remoción de la cubierta vegetal únicamente de las secciones del cauce a trabajar por medio de un trascabo.
- 2. Deposición:** el material se deposita en las márgenes del cauce.
- 3. Corte:** extracción del banco de material: El material en greña es cortado por el trascabo y colocado a un lado del banco para su cribado posterior.
- 4. Cribado:** El material en breña será tamizado a través de una malla metálica (criba) para separación los diferentes componentes (arena, gravilla, grava y boleó). Cada uno de los diferentes tipos de productos serán apilados por separado para posteriormente ser comercializados. Los materiales no aprovechables, serán utilizados para estabilizar los taludes del cauce, así como formar la plantilla del cauce.
- 5. Formación:** de plantillas y reforzamiento de taludes. Se dejará una plantilla uniforme sobre el cauce del arroyo para evitar la posible desviación o modificación de este.
- 6. Transporte y comercialización:** Se transportará tanto material en breña como clasificado a los sitios de comercialización, no se cuenta con un sitio para su almacenamiento ya que el tipo (arena o grava) o volúmenes de extracción dependerán de la oferta y la demanda de los productos.
- 7. Mantenimiento:** El mantenimiento de la maquinaria y el equipo se realizará en talleres de la localidad.

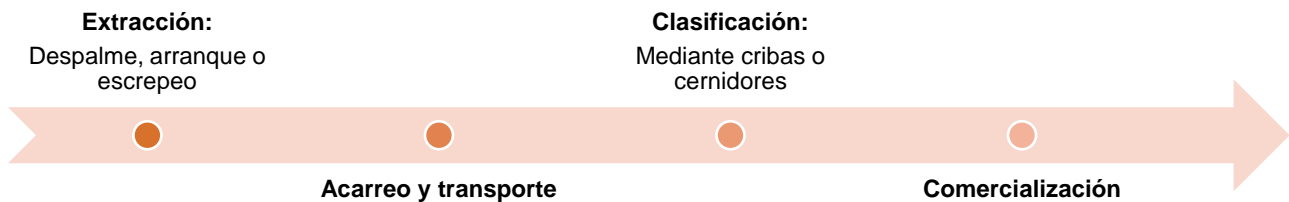
En la Figura 10, se muestra el detalle del corte o extracción del material pétreo cuando este es cercano a los márgenes y cauces de cuerpos de agua, donde, primero se define el eje central de la sección del cauce del arroyo para proceder con la extracción del banco de arena o material en greña de manera ordenada, iniciando en el costado del canal hecho por CONAGUA y con dirección aguas arriba (Servicios Ambientales Profesionales, 2009).



Fuente: Modificado de (Servicios Ambientales Profesionales, 2009).

Figura 10. Detalle de la Explotación de los Materiales Pétreos

Asimismo, el método de extracción en arroyos es similar al de la minería social, la cual se define como un caso especial de pequeña y mediana minería en la que intervienen comunidades ejidales y agrarias para quienes la actividad minera es el único ingreso; teniendo un fuerte componente de trabajo manual, dirigida a la explotación, beneficio o comercialización de minerales no metálicos, sobre todo rocas dimensionales (mármol, granito, cantera, ónix), (DGDM, 2015a); en donde en ocasiones se tiene una planta o equipo de fragmentación como proceso secundario; comprendiendo de manera general las siguientes operaciones unitarias (DGDM, 2015a):



Fuente: (DGDM, 2015a).

Figura 11. Principales Operaciones Unitarias del Proceso de Extracción de Materiales Pétreos en la Industria Minera



No obstante, tanto en la minería social como la extracción en arroyos, la comercialización se da por terceros, llegando hasta tres intermediarios en el proceso, complicando el seguimiento que permita identificar con precisión las etapas sucesivas que desarrolla el conjunto de actores económicos que forman parte de la cadena productiva de las arenas (DGDM, 2015a). Tomando como referencia los elementos actores de la minería social descritos por la Dirección General de Desarrollo Minero (2015), se ha adaptado el siguiente esquema para las concesionarias de extracción de arena en arroyos:



Fuente: Elaboración propia adaptado de (DGDM, 2015a).

Cuadro 3. Elementos Actores del Proceso de Extracción de Materiales Pétreos en Arroyos

III.3. Legislación en Materia de Materiales Pétreos

En México, los materiales pétreos, así como las rocas o los productos de su descomposición que sólo puedan utilizarse para la fabricación de materiales de construcción o se destinen a este fin, se excluyen en la Ley Minera⁸, salvo que requieran trabajos subterráneos para su extracción. Es decir, el mineral es patrimonio del dueño del terreno, siempre que su extracción sea por tajo o cantera, sistema conocido como “a cielo abierto”; estando exentos de pago por derechos mineros, así como de las disposiciones de la Ley Minera, siendo su regulación de competencia estatal (DGDM, 2015b). No obstante, existen casos especiales, como son aquellas extracciones cercanas a los márgenes y cauces de cuerpos de agua, ya que al ser zona federal administrada por la Comisión Nacional de Agua (CONAGUA)

⁸ Artículo 5, fracción IV y V de la Ley Minera, reforma publicada DOF 26-06-2006.



requiere de un permiso o concesión especial emitido por ésta (DGDM, 2015b). Lo señalado, se indica en la Ley de Aguas Nacionales (LAN), en su Título Noveno. Bienes Nacionales a Cargo de 'la Comisión'⁹; Capítulo Único, Artículo 113 BIS, donde se menciona:

“Quedarán a cargo de 'la Autoridad del Agua'¹⁰ los materiales pétreos localizados dentro de los causes de las aguas nacionales y en sus bienes públicos inherentes. Será obligatorio contar con concesión para el aprovechamiento de los materiales referidos. Además 'La Autoridad del Agua' vigilará la explotación de dichos materiales y revisará periódicamente la vigencia y cumplimiento de las concesiones otorgadas a personas físicas y morales, con carácter público o privado” (Ley de Aguas Nacionales, 1992 p. 110).

Definiéndose dentro de la LAN a los materiales pétreos de la siguiente forma: “materiales tales como arena, grava, piedra y/o cualquier otro tipo de material utilizado en la construcción, que sea extraído de un vaso, cauce o de cualesquiera otros bienes señalados en el artículo 113” (Ley de Aguas Nacionales, 1992, p. 110). Además, dentro del Artículo 21, se menciona el contenido de la solicitud de concesión o asignación; mientras que el Artículo 21 BIS, se indican los adjuntos que deberá entregar el promovente a la solicitud; de los cuales se destaca su punto III: “*La Manifestación de Impacto Ambiental (MIA), cuando así se requiera conforme a la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA)*” (Ley de Aguas Nacionales, 1992, p. 52).

Tales concesiones, se encuentran reguladas en su Capítulo III. Derechos y obligaciones de Concesionarios o Asignatarios; donde en su artículo 28 se listan los derechos de los concesionarios, mientras que, en su artículo 29 se listan las obligaciones, de las que destaca el punto V. “Cubrir los pagos que les correspondan de acuerdo con lo establecido en la Ley Fiscal vigente y en las demás disposiciones aplicables” (Ley de Aguas Nacionales, 1992, p. 57).

Aunado a ello, las concesiones se solicitan a través del trámite CONAGUA-01-005: Concesión para la extracción de materiales del Catálogo Nacional de Trámites y Servicios

⁹ “La Comisión”: La Comisión Nacional del Agua (CONAGUA).

¹⁰ “La Autoridad del Agua”: Organismo de Cuenca que actúa en su ámbito de competencia.



del Estado. Sin embargo, cuando para la extracción de materiales se requieran obras, conjuntamente se solicitarán los trámites CONAGUA-02-002 Permiso para realizar obras de infraestructura hidráulica (competencia de la Subdirección General Técnica) y CONAGUA-01-006 Concesión para la ocupación de terrenos federales cuya administración compete a la CONAGUA (CONAGUA, 2021b).

La LAN, también contempla que la CONAGUA y los Organismos de Cuenca podrán coordinarse con los gobiernos de los estados para que éstos ejecuten determinados actos administrativos relacionados con bienes nacionales (Ley de Aguas Nacionales, 1992).

Además, dentro del Reglamento de la LAN (RLAN), en el Artículo 176, se menciona: “*La extracción de materiales pétreos sólo se podrá concesionar en los cauces y vasos, siempre y cuando no se afecten las zonas de protección o seguridad de estos*” (Ley de Aguas Nacionales, 1992, p. 204). Por lo que “*La Comisión*”, no expedirá concesiones para la explotación de materiales pétreos de las riberas o zonas federales de los cauces y vasos de propiedad nacional” (Ley de Aguas Nacionales, 1992, p. 204). Además, dentro del mismo artículo se menciona que:

“Los concesionarios deberán recuperar los bancos de acuerdo con las condiciones ambientales y de paisaje de la zona, para lo cual deberán devolver al sitio los materiales resultados del despalme y, en su caso, el producto de excavaciones, mediante nivelaciones o cortes que faciliten la revegetación, de acuerdo con las normas que al efecto emita”. Así como, que las concesiones se podrán otorgar por volumen o por el período de extracción solicitado (Ley de Aguas Nacionales, 1992, p. 204).

Mientras que en Baja California, la Ley de Protección al Ambiente para el Estado (LPABC) (última reforma en febrero 2021), menciona en diferentes apartados la explotación de arenas y materiales pétreos, denominados como exploración, explotación, extracción y aprovechamiento de materiales o sustancias, *no reservadas a la Federación* (Ravelo-García & Álvarez-Andrade, 2019). La LPABC, en su Título Primero. Disposiciones Generales, Capítulo IV. Instrumentos de Política Ambiental, Sección VI. Evaluación del Impacto Ambiental, Artículo 42, Fracción X, establece que se requiere previamente la evaluación y autorización de la Secretaría de Economía Sustentable y Turismo (SIC), en



materia de impacto ambiental; cuando se realice exploración, explotación, extracción y aprovechamiento de materiales o sustancias no reservadas a la Federación, fuera de los centros de población. Asimismo, en su Artículo 43, Fracción IV. se menciona que requiere previamente la evaluación y otorgamiento de la licencia ambiental por la autoridad Municipal para el aprovechamiento de minerales o sustancias no reservados a la Federación, que constituyan depósitos de naturaleza semejante a los componentes de los terrenos, tales como rocas o productos de su desintegración, para la fabricación de materiales para la construcción u ornato.

Por su parte, en su Título Tercero. Aprovechamiento Sustentable de Recursos Naturales, Capítulo II, habla sobre la “Preservación y Aprovechamiento Sustentable del Suelo”, donde el Artículo 98, establece que, para la preservación, protección y aprovechamiento sustentable del suelo, se considerarán los criterios establecidos en la Ley General, y lo señalado en sus numerales I y II, donde se indica lo siguiente:

“Deben evitarse prácticas que provoquen riesgos o problemas de salud, causen alteraciones en el suelo y perjudiquen su aprovechamiento, uso y explotación. Así como deberá evitarse la realización de obras y actividades *en zonas con pendientes pronunciadas o que presenten fenómenos de erosión o degradación del suelo*, que las pongan en riesgo y afecten a la población y los recursos naturales” (Ley de Protección al Ambiente para el Estado, 2021. Título III, Art. 98, numeral II, p. 46).

A su vez, en su Título Cuarto. Protección al Ambiente, el Capítulo IV refiere a la “Prevención y Control de la Contaminación del Suelo”, estableciéndose en su Sección I, los Criterios Ambientales y en su Sección II las Facultades de la Secretaría (Ley de Protección Al Ambiente Para El Estado de Baja California, 2001).

Sin embargo, en Baja California no existen Normas Técnicas Ambientales que regulen la explotación de materiales pétreos y el marco normativo actual es muy genérico, contemplando únicamente sanciones en casos de contaminación del suelo, pero no cuando se están violando los lineamientos de explotación establecidos a las concesiones (Ravelo-García & Álvarez-Andrade, 2019).

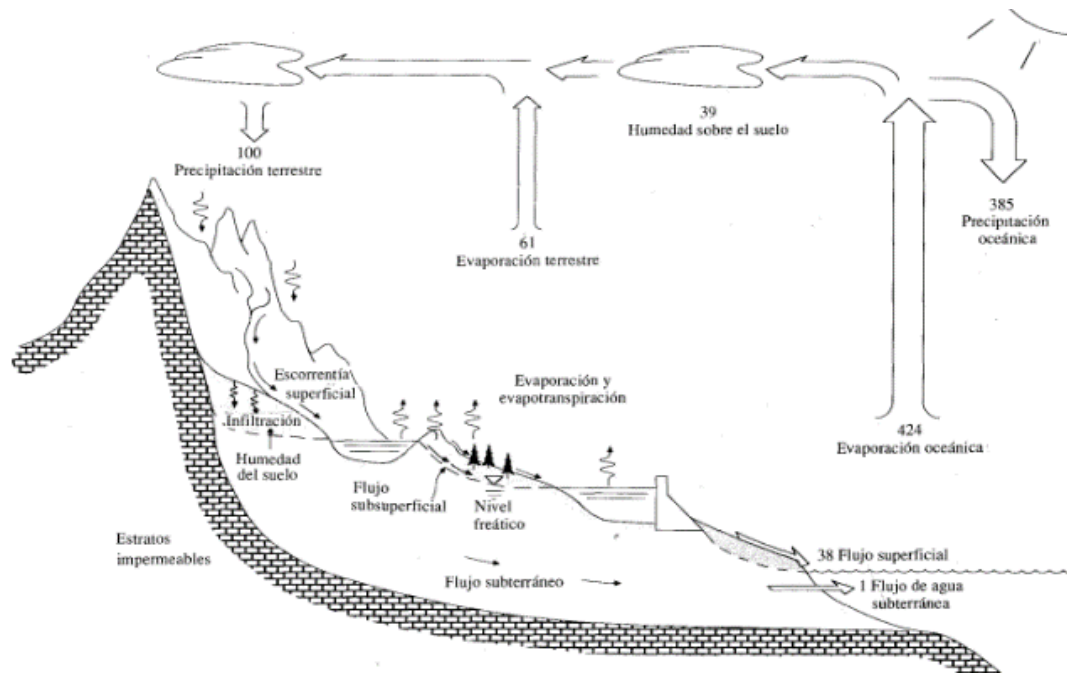


III.4. Manejo de Cuenca

En las últimas décadas, se ha incrementado de manera acelerada la transformación de los ecosistemas a causa de las presiones antropogénicas, donde el cambio de *uso del suelo* y la fragmentación, son consideradas las principales amenazas que afectan a la biodiversidad (Acosta Sánchez, 2018). Bear (2004), reconoce que las actividades sobre el *uso del suelo* tales como la agricultura, el revestimiento en áreas pobladas, la *extracción de tierras*, como la arena, y las obras hidráulicas, en muchas ocasiones producen una significativa *reducción en la capacidad del suelo* de servir como filtro y captador de aguas de acuíferos, así como también se asocia a problemas de flujo y drenaje de cada cuenca alterada.

Estas cuencas, se denominan *cuenca endorreica*, si la desembocadura de sus arroyos y/o ríos confluyen hacia un punto común de salida, como un *lago*; o *cuenca exorreica* si su salida es hacia el *mar*. Entiéndase, por *cuenca hidrográfica* los espacios territoriales delimitados por un parteaguas¹¹ (partes más altas de montañas) donde se concentran todos los *escurrimientos* (Cotler Ávalos *et al.*, 2013). A estos escurrimientos, se les denomina *escorrentía total*, la cual es dividida en *escorrentía superficial (flujo superficial)* y *escorrentía subterránea (flujo subterráneo)* (Figura 12). La superficial, llega a alcanzar rápidas corrientes y es descargada a través de la cuenca de drenaje, usualmente en pocos días; mientras que, la subterránea incluye el fenómeno de infiltración a través de los sedimentos, como las arenas, y es descargada en forma gradual. Tales arenas son formadas mediante la erosión e intemperismo de las rocas, las cuales por acto de la precipitación y *escorrentía* transportan los sedimentos hacia las partes bajas del sistema hidrológico, depositándose en las partes bajas de las cuencas. Walton (1991), (como se citó en Navarro-Palacios, 2004), afirma que el flujo subterráneo se incrementa notablemente por la presencia de sedimentos y rocas sepultadas bajo los cauces de valles, lagos y humedales.

¹¹ *Parteaguas: línea imaginaria generada por las partes más altas de las montañas y/o cerros que divide a las cuencas adyacentes y distribuye el escurrimiento originado por la precipitación que en cada sistema de corrientes fluye hacia el punto de salida de la cuenca. La delimitación de una cuenca hidrográfica parte de la identificación del parteaguas a partir de las curvas de nivel o mapa de altitudes del territorio.*



Fuente: (Chow et al., 1994).

Figura 12. Ciclo Hidrológico¹² con un Balance de Agua Promedio en Unidades Relativas a un Valor 100 para la Tasa de Precipitación Terrestre

Por su parte, las *cuencas hidrológicas*, son cavidades naturales en las que se acumula agua de lluvia; esta circula hacia una corriente principal y finalmente llega a un punto común de salida. Siendo la unidad básica para la gestión de los recursos hídricos, donde una región hidrológica está conformada por una o varias cuencas hidrológicas (SEMARNAT, 2018). Es decir, una *cuenca hidrológica*, se suele entender como una unidad para la gestión que se realiza dentro de la *cuenca hidrográfica* (Ordóñez, 2011). Las *cuencas hidrográficas*, permiten entender geográficamente el Ciclo Hidrológico (Figura 12), así como cuantificar e identificar los impactos acumulados de las actividades humanas y las externalidades¹³ (sedimentos, contaminantes y nutrientes), a lo largo del sistema de corrientes o red hidrográfica, que afectan positiva o negativamente la calidad y cantidad del agua, la capacidad de adaptación de los ecosistemas y la calidad de vida de sus habitantes (Figura 13) (Cotler Ávalos et al., 2013).

¹² Ciclo hidrológico o ciclo del agua: movimiento general del agua: ascendente por evaporación y descendente por las precipitaciones y después en forma de escorrentía (flujos de agua) superficial y subterránea. (Escolero, et al., 2006).

¹³ Externalidad: concepto económico que se define como el resultado de una actividad que causa beneficios o daños a terceros, sin que el generador de la externalidad reciba compensación en el caso de los beneficios ni pague resarcimiento en el caso de los daños (Coase, 1960)(Cotler Ávalos et al., 2013).



Fuente: (Cotler Ávalos *et al.*, 2013).

Figura 13. Impactos Acumulados de las Actividades Humanas en una Cuenca Hidrográfica^{14*}

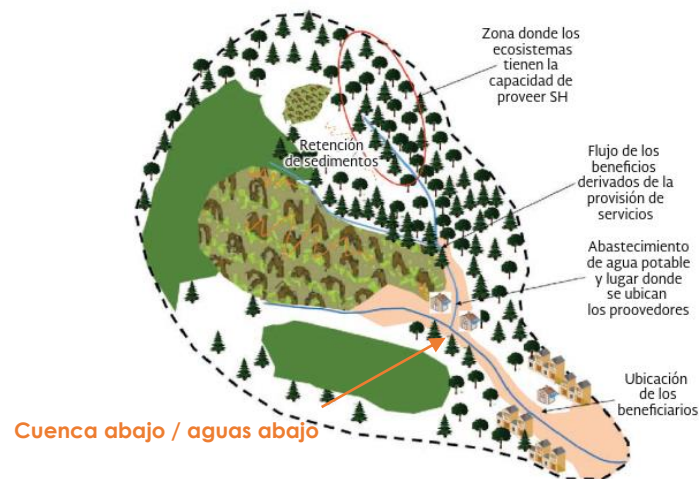
Dichas cuencas albergan diversos ecosistemas a lo largo de su gradiente altitudinal y sobrepasan los límites estatales de gestión administrativa que pueden ser locales (a nivel de comunidad, ejido o municipio), estatales, federales o nacionales. Siendo el agua proveniente de una red integrada de ríos y arroyos, el principal componente de las cuencas, ya que es un recurso sumamente importante y estratégico para el desarrollo económico de la sociedad (SEMARNAT *et al.*, 2018).

A su vez, los arroyos se correlacionan con el transporte de sedimentos arenosos, donde de manera indirecta son arrastrados como carga de fondo¹⁵, siendo poco usual que se realice en suspensión; revelando que el transporte de arenas no es tan rápido en el tiempo. Kuenen (1960), estableció que: “a un río de tamaño medio le tomará en orden de un millón de años mover sus depósitos de arena una distancia de 100 millas corriente abajo”.

¹⁴ *Compuesto organoclorado: es un químico orgánico, compuesto por un esqueleto de átomos de carbono, en el cual algunos de los átomos de hidrógeno unidos al carbono han sido reemplazados por átomos de cloro, mediante enlaces covalentes. Siendo en general dañinos para los seres vivos, pudiendo llegar a ser cancerígenos (Cotler Ávalos *et al.*, 2013).
*Eutrofización: proceso de crecimiento desmedido de algas y malezas acuáticas en las aguas, provocado por fosfatos y otros contaminantes vertidos a las aguas (Cotler Ávalos *et al.*, 2013).

¹⁵ Carga de fondo: Fracción de sedimentos arrastrados por una corriente, que se mueve sobre el fondo del cauce, o próxima a él, en suspensión.

Además, a medida que el agua se escurre en las cuencas, los ecosistemas proporcionan beneficios a los usuarios ubicados “aguas o cuenta abajo” (Figura 14), conocidos también como servicios hidrológicos (SH) o SE de la cuenca; mismos que se encuentran estrechamente ligados con el ciclo hidrológico y representan la importancia que tiene el agua para las personas (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT *et al.*, 2018)). No obstante, las arenas también fungen un papel importante de los SE que proporciona la cuenca, ya que contribuyen al almacenamiento de agua; mientras que los depósitos de arena en la zona no saturada, fungen como la primera barrera natural contra la contaminación de los mantos acuíferos (Soltero, 1998, como se citó en Navarro-Palacios, 2004).



Fuente: (SEMARNAT *et al.*, 2018).

Figura 14. Ubicación de los Actores de los Servicios Hidrológicos dentro de una Cuenca

Entre dichos servicios se encuentran:

“el suministro de agua, incluyendo aquella para el consumo humano; el amortiguamiento del agua de lluvia que circula libremente sobre la superficie; la infiltración del agua en el suelo; la regulación de regímenes de caudales requeridos para mantener el hábitat de especies acuáticas; la regulación de la calidad y cantidad de agua; la minimización de los efectos de inundaciones y sequías; la generación, protección y mantenimiento de los suelos y sus nutrientes; la estabilización de laderas con el fin de evitar deslaves y el azolve de los ríos, así como la recreación acuática y estética del paisaje” (SEMARNAT *et al.*, 2018).

Todos estos servicios *dependen* del adecuado funcionamiento hidrológico de las cuencas, del manejo del recurso hídrico y del buen estado de la *cobertura vegetal* y *del suelo* (SEMARNAT *et al.*, 2018). De acuerdo con la SEMARNAT *et al.*, 2018, se identificaron e ilustraron los servicios más relevantes asociados al agua como recurso clave para las cuencas de la región mixteca de México, destacándose la de “*suelos sanos*”, como se muestra en la Figura 15.



Fuente:(SEMARNAT *et al.*, 2018).

Figura 15. Servicios Ecosistémicos de las Cuencas

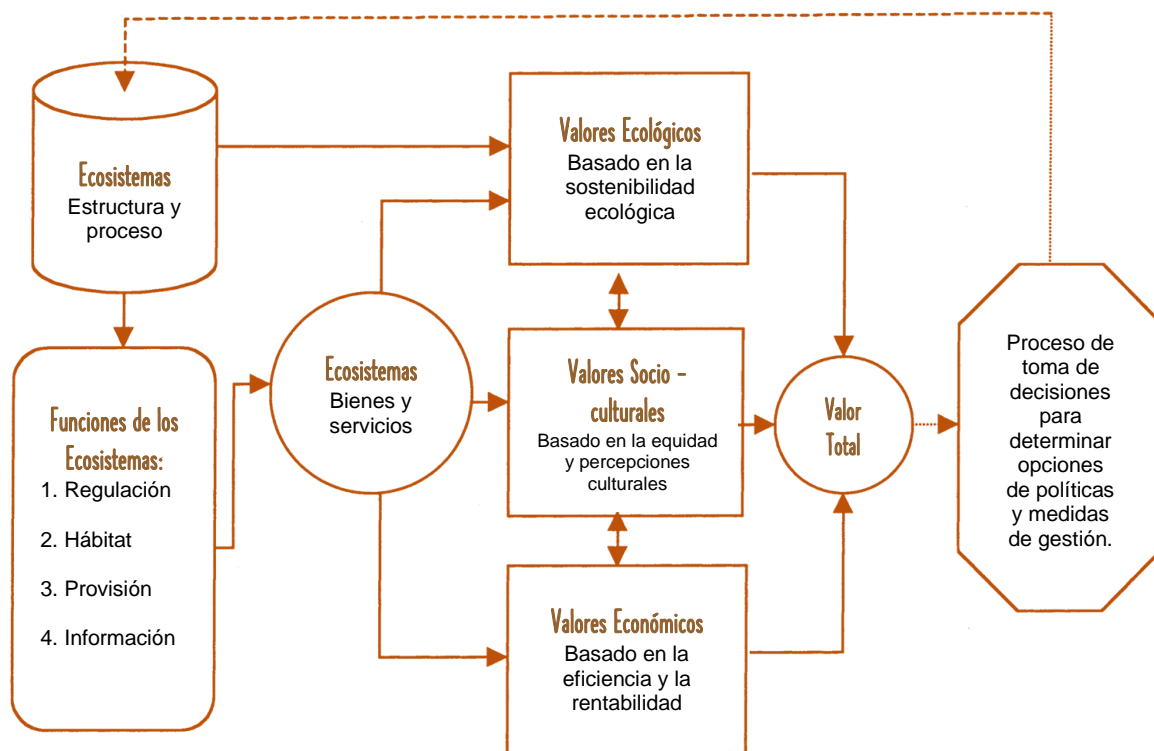
III.5. Servicios Ecosistémicos y su Valoración Económica

La subsistencia y desarrollo de toda sociedad dependen estrechamente del *bienestar de los ecosistemas*¹⁶, y *sus recursos naturales*. Este primordial vínculo se debe a que, cuando los ecosistemas, tales como bosques y selvas, permanecen con su vegetación natural, desempeñan funciones ecológicas que contribuyen al bienestar humano y a la satisfacción de sus necesidades básicas (Costanza *et al.*, 1997 & Daily, 1997, como se citó en SEMARNAT *et al.*, 2018).

¹⁶ *Ecosistemas*: conjunto de poblaciones de diferentes especies en un área determinada, que interactúan entre sí, con el ambiente físico y químico en el que se desarrollan.

A todos aquellos beneficios, tanto tangibles como intangibles, que las poblaciones humanas obtienen de los ecosistemas naturales o transformados, se les denominan *Servicios Ecosistémicos (SE)* (Millennium Ecosystem Assessment, 2005b). Estos servicios constituyen uno de los factores determinantes en la formación y establecimiento de las sociedades humanas garantizando el bienestar social (GEF-UNEP, 1999, como se citó en SEMARNAT *et al.*, 2018). Por lo que en ausencia de estos, la vida como la conocemos dejaría de existir y, por ende, el valor que tienen es incuestionable (Daily *et al.*, 1997, como se citó en Nava-López *et al.*, 2007).

El primer paso hacia una evaluación integral de los bienes y servicios de los ecosistemas implica la traducción de la complejidad ecológica (estructuras y procesos) en un número más limitado de funciones del ecosistema. Estas funciones, a su vez, proporcionan los bienes y servicios que son valorados por los seres humanos (De Groot *et al.*, 2002), (Figura 16).



Fuente: (De Groot *et al.*, 2002)

Figura 16. Marco para la Evaluación y Valoración Integradas de las Funciones, los Bienes y los Servicios de los Ecosistemas



De Groot, 2002, define el término "*función del ecosistema*" como "la capacidad de los procesos y componentes naturales para proporcionar bienes y servicios que satisfagan las necesidades humanas, directa o indirectamente". Usando esta definición, las funciones de los ecosistemas se conciben mejor como un subconjunto de procesos ecológicos y estructuras de ecosistemas. Cada función es el resultado de los procesos naturales del subsistema ecológico total del que forma parte. Los procesos naturales, a su vez, son el resultado de interacciones complejas entre componentes bióticos (organismos vivos) y abióticos (químicos y físicos) de los ecosistemas a través de las fuerzas de la materia y la energía (De Groot *et al.*, 2002), (Tabla 4).

Tabla 4. *Categoría de las Funciones de los Servicios Ecosistémicos*

<p>SOPORTE O HÁBITAT</p>	<p>PROVISIÓN O SUMINISTRO</p>
<p>Servicios necesarios para producir todos los demás servicios, incluyendo la producción primaria, formación y retención de suelos, producción de oxígeno, ciclo de nutrientes, entre otros.</p>	<p>Bienes producidos o proporcionados por los ecosistemas: alimentos, agua limpia, combustibles, maderas, fibras, recursos genéticos, medicinas, entre otros.</p>
<p>REGULACIÓN</p>	<p>CULTURALES O INFORMACIÓN</p>
<p>Servicios derivados de la regulación de los procesos ecosistémicos: mantenimiento de la calidad del aire, regulación del clima, regulación del ciclo hidrológico, control de la erosión, mitigación de riesgos, control biológico, de plagas y polinización de plantas.</p>	<p>Beneficios no materiales que enriquecen la calidad de vida: diversidad cultural, valores religiosos y espirituales, conocimiento tradicional y formal, inspiración, valores estéticos, relaciones sociales, sentido de lugar, valores de patrimonio cultural, recreación y ecoturismo.</p>
<p><i>Fuente:</i> (Millennium Ecosystem Assessment, 2005b).</p>	

La literatura hace referencia a una amplia gama de funciones de los ecosistemas, sus bienes y servicios asociados; agrupando las funciones de los servicios de los ecosistemas en cuatro categorías principales (De Groot *et al.*, 2002); los cuales se encuentran ligados directamente al bienestar social (Figura 17), (Millennium Ecosystem Assessment, 2005b):



Fuente: (Millennium Ecosystem Assessment, 2005b)

Figura 17. Conexiones entre los Servicios de los Ecosistemas y el Bienestar Humano

Considerando que estas categorías de SE, se contemplan en el principio de “*integridad ecológica*”, siendo fundamental para la preservación contra riesgos ecológicos indeterminados, los cuales generan perturbaciones generales de la capacidad de autoorganización de los sistemas ecológicos. La Figura 18, ilustra el marco conceptual sobre el que se han desarrollado evaluaciones y mapeos de la oferta y la demanda de los servicios de los ecosistemas (Burkhard *et al.*, 2012).



Fuente: (Burkhard *et al.*, 2012).

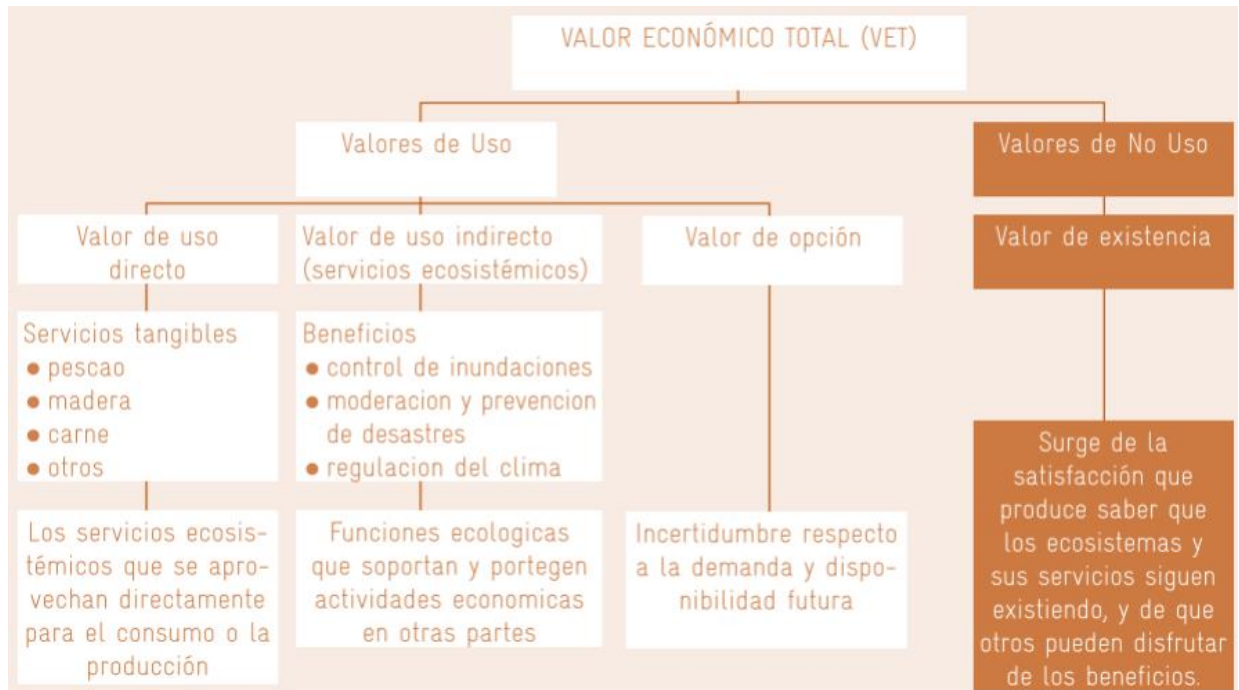
Figura 18. Marco Conceptual que Vincula la Integridad de los Ecosistemas, los Servicios de los Ecosistemas y el Bienestar Humano como Aspectos de la Oferta y la Demanda en los Sistemas Humano-Ambientales



Estos servicios son el principal vínculo entre seres humanos y el medio ambiente natural, de modo que los efectos por las actividades antropogénicas impactan el bienestar de las personas y comunidades que viven a cuenta de ellos (Nigenda Morales, 2018). Por lo que la severidad de estos impactos depende de las relaciones específicas entre las personas y el entorno natural que les brindan los servicios; si la relación es estrecha¹⁷, una mínima alteración podría tener efectos catastróficos sobre el bienestar social (Nigenda Morales, 2018). Además, considerando el hecho de que las comunidades con mayor relación con el ambiente natural, sus recursos y servicios a menudo forman parte de los estratos de población más pobre (The Economics of Ecosystems and Biodiversity, TEEB, 2010, como se citó en Nigenda Morales, 2018); se hace evidente la necesidad, no sólo de proteger y asegurar la provisión de los SE, sino también de conocer y atender las afectaciones que éstos sufren a causa de factores como el consumo inmoderado de recursos naturales (Nigenda Morales, 2018).

Por ello, los *SE* son una de las maneras utilizadas para valorar los ecosistemas y apoyar a la toma de decisiones tanto para el *uso o protección* de estos (Rodríguez-Revelo, 2017); resultando útiles para brindar información sobre los costos y los beneficios monetarios relacionados con los impactos al ambiente durante la ejecución de proyectos dentro de un territorio (Uscanga Tejeda, 2018). A su vez, el valorar económicamente un costo ambiental implica encontrar un indicador monetario que permita determinar el valor de una alteración desfavorable en el medio natural provocada por una acción o actividad económica (Osorio & Correa, 2004). Esta *valoración económica (Ve)*, es el proceso de asignar un valor monetario a los bienes y servicios el cual puede ser aplicado a los recursos naturales y a los SE; buscando determinar el valor económico total del ecosistema, el cual está conformado por varios tipos de valores, como se muestra en la Figura 19 (Uscanga Tejeda, 2018).

¹⁷ Ejemplo: una comunidad cuyo principal medio de vida dependa de uno o varios servicios ecosistémicos (Nigenda Morales, 2018).



Fuente: Galán et al. (2012, p. 74, como se citó en Uscanga Tejeda, 2018).

Figura 19. Componentes del Valor Económico Total de los Ecosistemas

III.6. Análisis Coste - Beneficio y Desarrollo Sostenible

El Análisis Coste Beneficio (ACB) es una técnica para valorar el beneficio o costo social neto de un proyecto o política (Hanley, 2013); siendo una de las metodologías para estudiar las afectaciones a los ecosistemas; como herramienta para evaluar los efectos de distintos proyectos o políticas, mediante la comparación de las ventajas “beneficios” y los inconvenientes “costos” que estos generarían sobre la sociedad. El principal propósito de este análisis es comparar alternativas para determinar la mejor opción, tomando en cuenta su contribución a la economía (Nigenda Morales, 2018); es decir, no es sino la racionalización de una práctica cotidiana: “sopesar las ventajas y los inconvenientes de cualquier decisión” (Azqueta Oyarzun, 2002).

La aplicación del ACB al campo ambiental posee una dificultad añadida; puesto que no sólo se trata de conseguir maximizar el bienestar social de los afectados por otras alternativas, sino que también hay que asegurarse de que no se ponga en peligro la viabilidad del proceso; partiendo de que todas las personas tienen el mismo derecho a disfrutar de los recursos naturales, sin importar el instante de tiempo en que les toque vivir (Azqueta-



Oyarzun, 2007). Lo anterior, queda recogido bajo el término de *desarrollo sostenible*, el cual de acuerdo con el Informe Brundtland señala que:

“Está en nuestras manos hacer que el desarrollo sea sostenible, asegurando que satisfaga las necesidades de la generación presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades” (Brundtland, 1987).

En otras palabras, si se trata de garantizar a las generaciones futuras el mismo conjunto de oportunidades de bienestar del que goza la generación presente, el problema radica entonces en legarles la existencia de capital que permita derivar el mismo conjunto de activos del que se producirán los bienes y servicios que permitan satisfacer sus necesidades futuras (Azqueta-Oyarzun, 2007). Por lo que, el ACB tiene que asegurarse de que las alternativas finalmente seleccionadas respetan este principio de equidad intergeneracional (Azqueta-Oyarzun, 2007). Puesto de forma simple, el ACB implica traducir vidas humanas o hectáreas de bosques términos económicos. “Si bien, esto puede parecer duro e impersonal, esta herramienta es necesaria para mejorar la calidad de las decisiones que tomamos en materia regulatoria” (Revesz, 2010).

Asimismo, existen dos tipos principales de ACB, el privado o financiero y el público o económico (Tabla 5); ambos tipos de ACB se evalúan la implementación de proyectos, siendo la principal diferencia que el financiero considera las ganancias y pérdidas monetarias solamente de una entidad, frecuentemente una empresa, mientras que el económico considera los efectos en el bienestar de toda la sociedad (Azqueta-Oyarzun *et al.*, 2007), (Nigenda Morales, 2018).

Tabla 5. Criterios Considerados por Tipo de Análisis Costo - Beneficio

CRITERIO	SECTOR PÚBLICO (ECONÓMICO)	SECTOR PRIVADO (FINANCIERO)
Perspectiva	Sociedad	Inversionista
Criterio de decisión	Valor Actual Neto	Tasa Interna de Retorno
Horizonte temporal	Vida útil del proyecto	Corto plazo
Efectos externos	Considerados tanto como sea posible	No considerados

Fuente: RETD (2013), (como se citó en Nigenda Morales, 2018).



IV. METODOLOGÍA

IV.1. Identificación de Concesiones y Definición de Cuenca de Estudio

Para la identificación de las concesiones, se empleó la metodología de Ravelo-García & Álvarez-Andrade (2019); quienes compilaron información estadística del REPDA para las concesiones de explotación de materiales pétreos. Sin embargo, para el análisis del presente caso de estudio, se identificaron las concesiones de extracción de materiales pétreos vigentes al año 2020 para el municipio de Ensenada y, posteriormente se integraron con los datos presentes en el “Anexo de extracción de materiales” de la misma base de datos (ANEXO 2. CONCESIONES). Dichos datos son de carácter público y se encuentran disponibles en el portal de CONAGUA apartado “Consulta a la base de datos del REPDA”, disponible en: <https://app.conagua.gob.mx/ConsultaRepda.aspx>. Una vez obtenida dicha información, se generó un mapa con la localización de los títulos de concesión dentro de las corrientes¹⁸ o vasos¹⁹ de cuerpos de agua del municipio por medio del software de Sistemas de Información Geográfica (SIG), QGis 3.10 A Coruña de licencia libre, con una proyección UTM Zona 11N y Datum WGS 84 (Cuadro 4).

A partir de ello, se definió como Cuenca de estudio aquella con el mayor número de concesiones, siendo la Cuenca Guadalupe. En la Tabla 6, se muestran los siete títulos de concesión vigentes al año 2020 presentes en la Cuenca.

Tabla 6. Títulos de Concesión Presentes en la Cuenca Guadalupe

ID	TÍTULO	FECHA DE REGISTRO	SUPERFICIE (m ²)	VOLUMEN DE EXTRACCIÓN (m ³ /año)	CORRIENTE O VASO	TIPO DE MATERIAL
2	01BCA200668/01EDDA14	14/08/2014	135,000.00	135,000.0	Arroyo Guadalupe	Material en Greña
3	01BCA200667/01EDDA13	11/04/2013	78,000.00	78,000.0	Arroyo La Zorra	Material en Greña
7	01BCA200658/01EDOC12	01/07/2013	64,260.00	64,260.0	Arroyo Guadalupe	Arena
11	01BCA200646/01EDOC11	07/11/2011	30,470.00	30,470.0	Arroyo Guadalupe	Arena
15	01BCA200642/01EDOC10	26/11/2010	220,800.00	257,600.0	Arroyo Guadalupe y El Zorrillo	Arena
16	01BCA200635/01EDOC10	30/08/2010	248,000.00	248,000.0	Arroyo Guadalupe	Arena
17	01BCA200603/01EAGR06	31/08/2006	112,500.00	112,500.0	Río Guadalupe	Arena

Fuente: Elaboración propia con datos del REPDA (CONAGUA, 2021a).

¹⁸ *Cauce de una Corriente: Canal natural o artificial que tiene la capacidad necesaria para que las aguas de la creciente máxima ordinaria escurran sin derramarse. Cauce el canal natural: cuando las corrientes estén sujetas a desbordamiento, mientras no se construyan obras de encauzamiento. Cauce definido: los orígenes de cualquier corriente, cuando el escurrimiento se concentre hacia una depresión topográfica y este forme un canal (Ley de Aguas Nacionales, 1992).*

¹⁹ *Vaso de lago, laguna o estero: El depósito natural de aguas nacionales delimitado por la cota de la creciente máxima ordinaria (Ley de Aguas Nacionales, 1992).*



MAPEO DE ÁREAS CONCESIONADAS

PRE-PROCESAMIENTO

Manejo de Datos

Conversión de las coordenadas sexagesimales a decimales de registros REPDA

Carga de archivo .csv a QGis como capa de texto delimitado

Adición de capa Concesiones

Establecer Sistema de Referencia de Coordenadas (SRC) al proyecto UTM Zona 11N Datum WGS 84

Mapa Municipal

Generación de capa de superficie de extracción a partir de la tabla de atributos

Cambio de simbología en propiedades de la capa y creación de nueva composición de impresión

División del terreno por área y generación de mapas de acercamiento a cada una y exportación la imagen.

Generación de metadatos mediante programa ACCESS: meta_proyectos.mdb y Manual de Metadatos de CONABIO²¹ (CONABIO, 2014)

PROCESAMIENTO

Mapa a Nivel de Cuenca

Descarga capas de Sistema de Cuencas y Arroyos del SINA²⁰ (CONAGUA, 2020b)

Adición capas de Cuencas y Arroyos y asignamos SRC

Realización el recorte de la cuenca y mapeo del volumen de extracción

Realización de mapa ilustrativo de actividades productivas con base a colindancias.

RESULTADOS

MAPA MUNICIPAL SUPERFICIES CONCESIONARIAS

MAPA A NIVEL DE CUENCA DE VOLUMEN DE EXTRACCIÓN

MAPA DE ACTIVIDADES PRODUCTIVAS A ÁREAS CONCESIONADAS

METADATOS DE MAPA MUNICIPAL

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 4. Metodología de Mapeo.

²⁰ SINA: Sistema Nacional de Información del Agua

²¹ CONABIO: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.



IV.2. Estimación de Beneficios Económicos

Para la estimación de los beneficios económicos; primero se consultó la Ley Federal de Derechos (LFD) de los años 2015 al 2020; en donde en su artículo 236, se listan por Zonas las cuotas que están obligadas a pagar por el derecho de extracción por cada metro cúbico, las personas físicas y morales que extraigan materiales de los cauces, vasos y zonas de corrientes, así como de los depósitos de propiedad nacional (Ley Federal de Derechos, 1981). Obteniéndose, para la Zona 1, a la cual pertenece el estado de Baja California, las siguientes cuotas para extracción de arena y material en greña²²; el cual para los fines del presente trabajo es considerado, ya que dentro de su mezcla posee *arena*:

Tabla 7. Pago por Derechos de Extracción de Arena y Material en Greña

PRECIO ANUAL m ³ (PESOS)	2015	2016	2017	2018	2019	2020
ARENA	22.48	23.22	24.76	25.93	26.7	27.59
MATERIAL EN GREÑA	17.65	18.23	19.44	20.36	20.96	21.66

Fuente: Elaboración propia con datos de LFD (Ley Federal de Derechos, 1981).

Dicho derecho de extracción se paga mensualmente, considerando el volumen de material que se tenga programado extraer durante ese periodo, por lo que los concesionarios están obligados a llevar un registro diario de los volúmenes extraídos en el formato que autorice el Servicio de Administración Tributaria (SAT), (Ley Federal de Derechos, 1981). Además, se consultó Ley de Ingresos del Estado (LIE) de Baja California, en donde a partir de 2019, de acuerdo con lo señalado en el artículo 9 de su fundamento, se cobra un Impuesto Ambiental sobre Extracción y Aprovechamiento de Materiales Pétreos, el cual mantuvo una cuota de \$3.35 por metro cúbico para los años 2019 y 2020. Siendo objeto de este impuesto, la extracción y aprovechamiento de material pétreo de propiedad privada o ejidal; considerando los materiales pétreos y, los minerales o sustancias *no reservadas a la Federación*, que constituyan depósitos de naturaleza similar a los componentes de los terrenos, como pueden ser la *arena*, arcilla, limos, materiales en greña, grava, las rocas o demás productos de su descomposición (Gobierno del Estado, 2021).

²² Material en greña: Se refiere a la extracción de material de manera natural principalmente grava y arena.



Posteriormente, se identificaron los trámites que realizan las concesionarias para conocer el pago de derechos correspondientes a cada trámite. Donde, la cuota del pago de derechos del trámite CONAGUA-01-005, se establece en el Artículo 192-A fracción I de la LFD, como parte de los pagos de Servicios Relacionados con el Agua y sus Bienes Públicos Inherentes (CONAGUA, 2021b). También, dentro de dicha Ley, en su Artículo 194H fracción I y II, se establecen las cuotas correspondientes a los trámites de Impacto Ambiental para cada título de concesión, por lo que se identificaron los siguientes conceptos:

Tabla 8. Pago por Derechos de Trámites de Concesión

CONCEPTO LFD	PRECIO POR AÑO (PESOS)					
	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Sección Segunda. Servicios Relacionados con el Agua y sus Bienes Públicos Inherentes						
Art. 192A. I. Por cada título de concesión para la extracción de materiales de cauces, vasos y depósitos de propiedad nacional.	1,498	1,547	1,650	1,727	1,779	1,838.04
Art. 192A. VI. Por la prórroga o modificación, a petición de parte interesada, de los títulos o permisos a que se refieren las fracciones I a V de este artículo*.	Sin registro	Sin registro	Sin registro	Sin registro	2,147	2,218.69
Sección Séptima. Impacto Ambiental						
Art. 194H. I. Por la recepción, evaluación y, en su caso, el otorgamiento de la resolución del informe preventivo.	11,182	11,551	12,316	12,897	13,280	13,721.77
Art. 194H. II. Por la recepción, evaluación y el otorgamiento de la resolución de la manifestación de impacto ambiental, en su modalidad particular, de acuerdo con los criterios ambientales: Grado mínimo.	30,069	31,062	33,121	34,681	35,711	36,900.35

Fuente: Elaboración propia con datos de LFD.

**Dato informativo no tomado en cuenta para análisis, debido a que no se emplearon prórrogas a títulos de concesionarias al 2020.*



IV.3. Identificación de Costes Ambientales

En cuanto a la identificación de los costos ambientales; inicialmente, se realizó la búsqueda y revisión de bibliografía sobre los servicios ecosistémicos que proveen las Cuencas y la región del Valle de Guadalupe, a través de las bases de datos:

- Elsevier,
- Research Gate,
- Science Direct,
- EBSCO,
- La biblioteca de la Universidad Autónoma de Baja California
- Buscador de Ecosia

A continuación, se identificaron y mapearon de manera ilustrativa, las actividades económicas presentes en la Cuenca Guadalupe, considerando principalmente aquellas *colindantes a las concesionarias*; por ser las actividades que presentarían mayor afectación por alteraciones a los servicios ecosistémicos que provee la Cuenca.

Para ello, se realizó minería de datos a fin de obtener las MIA de las concesionarias; donde primero, se hizo la búsqueda de los registros de los proyectos dentro de las Gacetas Ecológicas del periodo 2003-2020, para obtener las claves de registro MIA. Una vez obtenidas las claves, se realizó la búsqueda de las MIA, sus resúmenes ejecutivos y resolutivos, a través del portal de Consulta de Trámites de la SEMARNAT, disponible en: <https://www.semarnat.gob.mx/gobmx/transparencia/constramite.html>.

Para aquellos registros que no se encontró la documentación dentro del portal, se realizó una solicitud de información con número de folio 0001600169121, con apoyo de dichas claves a través de la Plataforma Nacional de Transparencia del Instituto Nacional de Transparencia, Acceso a la Información y Protección de Datos Personales (INAI); no obstante, no fue posible solicitar información del proyecto del que no se encontró clave de registro de MIA (Tabla 9).



Tabla 9. Registro de Manifestaciones de Impacto Ambiental de Áreas Concesionadas

ID	TÍTULO	CLAVE	PROYECTO*	NO. BITÁCORA	NRA	RESOLUTIVO
2	01BCA200668/ 01EDDA14	02BC2015M D013	APROVECHAMIENTO DE MATERIAL EN GREÑA EN UNA FRACCIÓN DEL ARROYO GUADALUPE, MUNICIPIO DE ENSENADA	Num. 02/MP-0783/09/08	MOHSR020 0111	Autorizado
3	01BCA200667/ 01EDDA13	02BC2009M D041	EXTRACCIÓN DE MATERIALES PÉTREOS A LO LARGO DEL CAUCE DE LA CORRIENTE HIDRÁULICA DENOMINADA ARROYO LA ZORRA	Num. 02/MP-2798/06/09	MASSR020 0111	Autorizado de manera condicionada
7	01BCA200658/ 01EDOC12	02BC2009M D039	APROVECHAMIENTO DE MATERIAL EN GREÑA EN EL ARROYO GUADALUPE	Num. 02/MP-2151/05/09	REL4F0200 111	Autorizado de manera condicionada
11	01BCA200646/ 01EDOC11	NO DISPONIBLE	NO DISPONIBLE	NO DISPONIBLE	NO DISPONIBLE	NO DISPONIBLE
15	01BCA200642/ 01EDOC10	02BC2008M D036	EXTRACCIÓN DE MATERIALES PÉTREOS SOBRE EL CAUCE DE LOS ARROYOS GUADALUPE Y EL ZORRILLO	Num. 02/MP-1028/05/08	LOGSR020 311	Autorizado de manera condicionada
16	01BCA200635/ 01EDOC10	02BC2008M D014	EXTRACCIÓN DE MATERIALES PÉTREOS SOBRE EL CAUCE DEL ARROYO GUADALUPE	Num. 02/MP-1038/02/08	DNTSR020 0111	Autorizarlo de manera condicionada
17	01BCA200603/ 01EAGR06	02BC2009M D025	APROVECHAMIENTO DE MATERIAL EN GREÑA DEL ARROYO GUADALUPE	Num. 02/MP-0735/04/09	PEGSP0200 111	Autorizado de manera condicionada

Fuente: Elaboración propia con datos de Gacetas Ecológicas y SEMARNAT.

* MIA modalidad particular.

Finalmente, por medio de la información registrada en las MIA, se identificaron las actividades que más influyen en las colindancias a las concesionarias, a fin de estimar los ingresos al sector público asociados a estas actividades. Para ello, se tomó como referencia los datos estimados para el año 2017, de las necesidades hídricas y valor agregado en miles de pesos presentes en el trabajo de Uscanga Tejeda, 2018, y los datos de las Estadísticas de Producción Ganadera del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) del mismo año.



IV.4. Evaluación de Impactos Ambientales

Para evaluar los impactos ambientales asociados a la actividad, se realizó minería de datos, siguiendo la metodología empleada para la identificación de los costos; a través de la recopilación de información proveniente de las MIA. A partir de ello, se identificaron las metodologías para la clasificación de impactos, los indicadores de los factores biótico²³, abiótico²⁴ y socioeconómico y los impactos ambientales generados, según lo declarado por cada una de las concesionarias, tal como se resume en la Tabla 10.

Tabla 10. Impactos Ambientales por Extracción de Arena

ID	CLAVE	METODOLOGÍA	INDICADOR	IMPACTO
2	02BC2015MD013	1. Inventarios de Fuentes de Información 2. Lista de Control. 3. Métodos de Identificación y Evaluación de los Impactos Ambientales.	<ul style="list-style-type: none"> * Cubierta vegetal * Banco de arena * Manto freático * Escorrentía * Superficie del terreno * Flora silvestre * Fauna silvestre * Atmósfera * Paisaje * Empleo * Ganancia económica * Calidad de vida humana 	<ul style="list-style-type: none"> * Pérdida de la cubierta vegetal * Agotamiento del volumen del banco * Descubrimiento del manto freático * Pérdida de la capacidad de infiltración * Modificación en la estabilidad del terreno y/o hundimiento de la superficie del terreno * Limitación en la distribución de las poblaciones de flora silvestre * Limitación en la distribución de las poblaciones de fauna silvestre * Disminución de la visibilidad y/o Modificación de la calidad del aire y/o Inestabilidad auditiva * Alteración significativa de la condición original del paisaje * Generación de empleo en el Poblado * Incremento en la ganancia monetaria por la venta del material pétreo a obtener * Modificación positiva o negativa de la calidad de vida de los habitantes del Poblado
3	02BC2009MD041	Matriz de cribado (Conesa 1995)	<ul style="list-style-type: none"> * Aptitud del suelo * Calidad del agua * Calidad del aire * Fauna y Flora. * Paisaje * Empleo * Ingresos * Uso del suelo * Vivienda * Valor de la propiedad * Salud 	<ul style="list-style-type: none"> * Alteración de la calidad del suelo * No tendrán un efecto sobre la calidad de las aguas del manto freático * Generación de gases (CO, NOx, SO₂) de manera intermitente. * Desmonte de la cubierta vegetal * Afectación al paisaje por la extracción, ya que se pretende desmonte de la cubierta vegetal y extracción de material. * Generación de empleos permanentes. * Abatir el desempleo y al crear fuentes remunerables de trabajo. * Sin alteración al suelo ya que no se crearán nuevos caminos. * No sufrirán ningún tipo de impacto * El valor predial no se verá modificado. * Afecciones respiratorias y gastrointestinales que puedan surgir durante la etapa de operación no son considerables
7	02BC2009MD039	Matriz simple de interacción causa-efecto	<ul style="list-style-type: none"> * Cubierta vegetal * Calidad de agua * Superficie del terreno 	<ul style="list-style-type: none"> * Remoción de un volumen determinado de tierra y vegetación * Descubrimiento de mantos freáticos y evaporación del agua del subsuelo. * Generación de fuertes desniveles, los cuales podrían dar lugar a un incremento excesivo en la velocidad de la corriente, creando remolinos, erosionando, y en el peor de los casos, saliendo la corriente de su cauce.
11	SIN REGISTRO	SIN REGISTRO	SIN REGISTRO	SIN REGISTRO

²³ *Biótico: Son los seres vivos que integran un lugar. Pueden referirse a la flora, la fauna, los humanos y sus interacciones. Estos elementos están formados por sustancias inorgánicas y orgánicas de carbono (Portal CCH, 2017).*

²⁴ *Abiótico: Son componentes físicos y químicos del ecosistema que no requieren de la acción de los seres vivos, o que no poseen vida, es decir, no realizan funciones vitales dentro de sus estructuras orgánicas, pero son fundamentales para la supervivencia de cualquier comunidad biológica (Portal CCH, 2017).*



15	02BC2008MD036	Matriz simple de interacción causa-efecto	<ul style="list-style-type: none"> * Agua subterránea * Drenaje vertical del suelo * Erosión del suelo * Escurrimiento sobre el suelo * Condición fisicoquímica del suelo * Calidad del aire en la atmósfera * Visibilidad de la atmósfera * Condición original del paisaje * Relieve del paisaje * Hábitat de flora * Hábitat de fauna * Calidad de vida social 	<ul style="list-style-type: none"> * Alteración potencial del acuífero * Alteración potencial del proceso * Promoción potencial del proceso * Alteración potencial a la constitución del suelo * Afectación por emisión de gases de combustión, partículas de polvo y ruido * Afectación por emisión de gases. * Alteración potencial del entorno original * Alteración de la superficie y topofomas * Modificación a las condiciones edáficas y afectación a la cobertura vegetal * Alteración potencial del sitio de resguardo, alimentación * Alteración potencial del bienestar social * Alteración potencial al empleo de la localidad
16	02BC2008MD014	Matriz simple de interacción causa-efecto	<ul style="list-style-type: none"> * Agua subterránea * Drenaje vertical del suelo * Erosión del suelo * Escurrimiento sobre el suelo * Condición fisicoquímica del suelo * Calidad del aire en la atmósfera * Visibilidad de la atmósfera * Condición original del paisaje * Relieve del paisaje * Hábitat de flora * Hábitat de fauna * Calidad de vida social * Empleo local 	<ul style="list-style-type: none"> * Alteración potencial del acuífero * Alteración potencial del proceso * Promoción potencial del proceso * Alteración potencial a la constitución del suelo * Afectación por emisión de gases de combustión, partículas de polvo y ruido * Afectación por emisión de gases. * Alteración potencial del entorno original * Alteración de la superficie y topofomas * Modificación a las condiciones edáficas y afectación a la cobertura vegetal * Alteración potencial del sitio de resguardo, alimentación * Alteración potencial del bienestar social * Alteración potencial al empleo de la localidad
17	02BC2009MD025	<ol style="list-style-type: none"> 1. Inventarios de Fuentes de Información 2. Lista de Control. 3. Métodos de Identificación y Evaluación de los Impactos Ambientales. 	<ul style="list-style-type: none"> * Cobertura de suelo * Calidad del agua * Calidad del aire * Cobertura vegetal * Hábitat de fauna * Empleo * Sector de construcción 	<ul style="list-style-type: none"> * Facilitar el drenaje pluvial, evitando un aumento en el tirante del agua en tiempos de lluvias, favoreciendo la conducción de la corriente de agua * Sin impacto aparente * Afectación intermitentemente por la emisión de gases (CO, NOx, SO₂) * Remoción de flora principalmente por desmonte * Pérdida de hábitat en el área que se desmontara para la realización del proyecto * Generación de empleos de manera temporal * Provisión de arena a particulares, activando la actividad de la construcción, generando derrama económica de empleo

Fuente: Elaboración propia con datos de MIA.

Finalmente, se realizó la evaluación de los impactos ambientales causados por las actividades de extracción de arena y material en greña en los cauces de los Arroyos Guadalupe, La Zorra y el Zorrillo dentro de la Cuenca Guadalupe; mediante el uso de una Matriz de Cribado (Magdalena Soto, 2009), la cual nos permite reconocer los impactos en los factores biótico, abiótico y socioeconómico, ya sea como benéfico, adverso, o nulo (si no representa impacto); así como, si no se realizó registro, esto mediante la comparación de los impactos declarados por otras concesionarias con base a la información presente en las MIA; posteriormente se contabilizaron los principales impactos ambientales registrados dentro la Cuenca.



IV.5. Análisis Coste – Beneficio

Para el ACB, se adaptaron las metodologías de Hanley, 2013 y Azqueta-Oyarzun *et al.*, 2007, a las necesidades del presente trabajo. Tomando como referencia el periodo de 2015 al 2020 y definiendo como año de estudio el 2017, dada la disponibilidad de datos de las actividades productivas presentes en las zonas de las concesionarias y sus colindancias dentro del Valle de Guadalupe; estableciendo únicamente un escenario de referencia; siendo el actual, donde no existe legislación que regule la explotación (Ravelo-García & Álvarez-Andrade, 2019), de materiales pétreos a nivel estatal. Para lo cual, se emplearon las etapas 1 a 4 del ACB descritas por (Hanley, 2013), (Cuadro 5):

<p>1. DEFINICIÓN DEL PROYECTO: Determinar la acción a analizar, los actores involucrados y el periodo de tiempo.</p>	<p>4. DESCUENTO DE LOS FLUJOS DE COSTOS Y BENEFICIOS: Calcular el valor de costos y beneficios considerando los efectos del tiempo.</p>
<p>2. IDENTIFICACIÓN DE LOS IMPACTOS: Determinar la asignación de los recursos con relación a las magnitudes físicas de los impactos.</p>	<p>5. PRUEBA DE VALOR ACTUAL NETO (VAN): Comparar entre la magnitud de los costos y de los beneficios generados.</p>
<p>3. VALORACIÓN DE LOS IMPACTOS: Seleccionar y expresar los impactos más relevantes en términos monetarios para incorporarlos al ACB.</p>	<p>6. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD: Incorporar la incertidumbre a las variables utilizadas para el cálculo de diferentes escenarios.</p>

Fuente: (Hanley, 2013).

Cuadro 5. Etapas del ACB

Asimismo, se utilizó el procedimiento básico del ACB de Hanley, 2013, donde resume el ACB como la identificación de todos los impactos sobre el bienestar social de un proyecto en términos de 'beneficios' o 'costos'; en el que, si el resultado del Beneficio Social Neto (BSN), es positivo, se dice que el proyecto pasa la prueba ACB y si es negativo, la prueba falla; esto de acuerdo a la siguiente ecuación:

Beneficio social neto = valor presente de los beneficios – valor presente de los costos . Ecuación 1

Además, se empleó la Relación Beneficio-Coste (RBC) de (Azqueta-Oyarzun *et al.*, 2007), el cual consiste, en dividir el valor presente de los beneficios por el valor presente de los costos: si el valor resultante es superior a la unidad, la alternativa es aceptable, donde mayor sea el valor es mejor (Azqueta-Oyarzun *et al.*, 2007).

$$\text{Relación Beneficio – Coste (RBC)} = \frac{\text{valor presente de los beneficios}}{\text{valor presente de los costos}} \dots \text{Ecuación 2}$$



V. RESULTADOS

V.1. Cuenca de Estudio

De acuerdo con los registros del REPDA, al año 2020 se identificaron un total de 22 concesiones brindadas por la CONAGUA para la extracción de arena y material en greña en el municipio de Ensenada (ANEXO 2. CONCESIONES). Las cuales se encuentran en las Regiones Hidrológicas RH1 y RH2 (CONAGUA, 2018), presentes en las Cuencas Hidrológicas: 103, 105, 106, 108, 115, 110, 111, 112 y 211, de acuerdo con el Sistema Nacional de Información del Agua (SINA) de la CONAGUA (CONAGUA, 2020b), como se muestra en el Cuadro 6:

Región Hidrológico- Administrativa ²⁵	Región Hidrológica ²⁶	Cuenca Hidrológica
RHA I: Península de Baja California	Región Hidrológica 1: Baja California Noroeste (Ensenada) Región Hidrológica 2: Baja California Centro- Oeste (Vizcaino)	103. Guadalupe: 2, 3, 7, 11, 15, 16, 17 105. San Carlos: 12 106. Maneadero-Las Animas: 22 108. San Vicente: 10,9 110. San Rafael: 21 111. San Telmo: 6, 14 112. Santo Domingo: 1, 4, 18, 19, 20 115. El Socorro: 8 211. Paraíso: 5, 13

Fuente: Elaboración propia con datos del SINA (CONAGUA, 2020b).

Cuadro 6. *Ubicación de las Concesiones a Nivel de Cuenca Hidrológica*

Identificándose que la Cuenca con mayor número de títulos de concesión es la 103. Guadalupe, con un total de siete concesionarias, siendo dos dedicadas a la extracción de material en greña y cinco para arena; de las cuales, a su vez, cinco de estas concesionarias se encuentran sobre el margen del cauce del Arroyo Guadalupe, donde tres de las concesionarias presentes sobre el Arroyo se localizan sobre la Ruta del Vino del Valle de Guadalupe, y las restante una compartida entre los márgenes del Arroyo Guadalupe y el Arroyo El Zorrillo y una sobre el Arroyo de La Zorra. Dichas concesiones se encuentran presentes desde el año 2006 en la zona, de acuerdo con el REPDA; no obstante, se reconoce que los registros pueden ser más antiguos considerando que se solicitan prorrogas para la extensión de las concesiones.

²⁵ “Región Hidrológico - Administrativa”: Área territorial definida de acuerdo con criterios hidrológicos, integrada por una o varias regiones hidrológicas (Ley de Aguas Nacionales, 1992);

²⁶ “Región hidrológica”: Área territorial conformada en función de sus características morfológicas, orográficas e hidrológicas. Una o varias regiones hidrológicas integran una región hidrológica – administrativa (Ley de Aguas Nacionales, 1992).

V.2. Beneficios Económicos

Dentro de la Cuenca Guadalupe se encuentran autorizados siete títulos de concesión para extracción de materiales pétreos: cinco para extracción de arena y dos para material en greña (Tabla 5); los cuales tienen un volumen total autorizado de extracción de 925,830 m³ anuales; de los cuales 847,830 m³ de extracción se dan tan solo sobre el cauce del Arroyo de Guadalupe y 78,000 m³ sobre el cauce del Arroyo de la Zorra (Figura 20).



Fuente: Elaboración propia.

Figura 20. Concesionarias de Extracción de Arena y Material en Greña de la Cuenca Guadalupe

A partir de dichas cifras, se obtuvieron los siguientes ingresos anuales estimados al Sector Público correspondientes a la actividad de extracción de arena a nivel federal, presentes en la Tabla 11; siendo resultado de los volúmenes de extracción anual de las concesionarias declarados en los registros del REPDA (Tabla 6), y las cuotas de extracción por metro cúbico de arena y material en greña, obtenidos de la LFD (Tabla 7).

Además, es importante señalar, que los ingresos estatales correspondientes a la cuota de \$3.35 m³ para los años 2019 y 2020, del Impuesto Ambiental sobre Extracción y Aprovechamiento de Materiales Pétreos de la LIE de BC; no fueron considerados ya que el material pétreo extraído de las concesionarias presentes dentro de la Cuenca Guadalupe, son reservadas a la Federación, mientras que, el impuesto mencionado refiere a los minerales o sustancias no reservadas a esta (Gobierno del Estado, 2021).



Tabla 11. Ingresos Estimados al Sector Público por Extracción de Arena

ID	TÍTULO	TIPO DE MATERIAL	VOLUMEN DE EXTRACCIÓN ANUAL (m³/año)	PRECIO POR m³ (MILES DE PESOS)					
				2015	2016	2017	2018	2019	2020
2	01BCA200668/ 01EDDA14	MATERIAL EN GREÑA	135,000.0	2,382.8	2,461.1	2,624.4	2,748.6	2,829.6	2,924.1
3	01BCA200667/ 01EDDA13	MATERIAL EN GREÑA	78,000.0	1,376.7	1,421.9	1,516.3	1,588.1	1,634.9	1,689.5
7	01BCA200658/ 01EDOC12	ARENA	64,260.0	1,444.6	1,492.1	1,591.1	1,666.3	1,715.7	1,772.9
11	01BCA200646/ 01EDOC11	ARENA	30,470.0	685.0	707.5	754.4	790.1	813.5	840.7
15	01BCA200642/ 01EDOC10	ARENA	257,600.0	5,790.8	5,981.5	6,378.2	6,679.6	6,877.9	7,107.2
16	01BCA200635/ 01EDOC10	ARENA	248,000.0	5,575.0	5,758.6	6,140.5	6,430.6	6,621.6	6,842.3
17	01BCA200603/ 01EAGR06	ARENA	112,500.0	2,529.0	2,612.3	2,785.5	2,917.1	3,003.8	3,103.9
TOTAL			925,830.0	19,783.9	20,434.9	21,790.4	22,820.4	23,497.0	24,280.6

Fuente: Elaboración propia.

Además, se obtuvieron los siguientes ingresos estimados al sector público asociados al pago de trámites por cada título de concesión, presentes en la Tabla 12.

Tabla 12. Ingresos Estimados al Sector Público por Pago de Trámites de Concesión

CONCEPTO LFD	PRECIO (MILES DE PESOS)					
	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Pago título de concesión	10.49	10.83	11.55	12.09	12.45	12.87
Pago por resolución de informe	78.27	80.86	86.21	90.28	92.96	96.05
Pago por resolución de MIA modalidad particular	210.48	217.43	231.85	242.77	249.98	258.30
TOTAL	299.24	309.12	329.61	345.14	355.39	367.22

Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, en la Tabla 13, se muestran los ingresos totales estimados al sector público a nivel federal correspondientes a las concesionarias presentes en la Cuenca Guadalupe; considerando las cuotas por concepto de extracción de arena y por trámites solicitados por el Gobierno Federal.

Tabla 13. Ingresos Estimados Totales al Sector Público por Concesiones

INGRESO	PRECIO (MILES DE PESOS)					
	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Por extracción de arena (m³)	19,784	20,435	21,790	22,820	23,497	24,281
Por trámites de concesión	299.24	309.12	329.61	345.14	355.39	367.22
TOTAL	22,098	22,760	24,137	25,183	25,871	26,668

Fuente: Elaboración propia.



V.3. Costes Ambientales

Por medio de las consultas bibliográficas sobre los SE que proveen las Cuencas y la región del Valle de Guadalupe (Tabla 14), se documentaron un total de 20 SE, de los cuales 8 se relacionan a la función de provisión, 6 a regulación, 3 a soporte y 3 a culturales. Siendo los SE de *provisión* de materiales pétreos, de *regulación* de desastres naturales, de *soporte* de retención de suelos y *culturales* como recreación, los más representativos de la Cuenca.

Tabla 14. Servicios Ecosistémicos de la Cuenca Guadalupe

ECOSISTEMA	RECURSO NATURAL	FUNCIÓN DEL ECOSISTEMA	BIEN O SERVICIO	PUBLICACIÓN	VALOR DE USO	ACTIVIDADES DE USO	
Cuenca	Material pétreo: Arena	SOPORTE	1	Ciclo hidrológico	Cotler Ávalos <i>et al.</i> , 2013	Directo / Indirecto	Abastecimiento
			2	Ciclo de nutrientes	Navarro Palacios, 2004	Indirecto	Fertilidad de suelos
			3	Retención de suelos	Navarro Palacios, 2004	Indirecto	Evitar deslaves
		REGULACIÓN	4	Regulación de desastres naturales	MEA, 2005	Indirecto	Reducción de pérdidas
			5	Purificación del agua	SEMARNAT, 2018	Directo / Indirecto	Calidad del agua
			6	Infiltración de agua	Navarro Palacios, 2004	Directo / Indirecto	Calidad del agua
			7	Regulación del clima	MEA, 2005	Indirecto	Reducción de pérdidas
			8	Servicios de protección	Rodríguez, 2017	Indirecto	Reducción de pérdidas
			9	Polinización	SEMARNAT, 2018	Indirecto / Opción	Producción alimentaria
		PROVISIÓN	10	Forraje	SEMARNAT, 2018	Directo	Consumo
			11	Disponibilidad hídrica	Acosta Sánchez, 2018	Directo	Abastecimiento
			12	Recarga de mantos acuíferos	Uscanga, 2018	Directo / Indirecto	Abastecimiento
			13	Aporte de minerales	Cotler Ávalos <i>et al.</i> , 2013	Indirecto	Calidad del agua
			14	Alimentos derivados de la agricultura	SEMARNAT, 2018	Directo	Consumo
			15	Alimentos derivados de la ganadería	SEMARNAT, 2018	Directo	Consumo
			16	Materiales pétreos	Acosta Sánchez, 2018	Directo	Consumo
			17	Flora y fauna silvestre	SEMARNAT, 2018	No uso	Conservación
		CULTURALES	18	Recreación	MEA, 2005	Directo	Turismo
			19	Ecoturismo	SEMARNAT, 2018	Directo	Turismo
			20	Valores estéticos	MEA, 2005	No uso	Paisaje

Fuente: Elaboración propia a través de revisiones de literatura.



Se identificaron un total de seis registros MIA, de las siete concesionarias de extracción de materiales pétreos presentes en la Cuenca Guadalupe; debido a que no se encontró el número de clave del registro de la MIA para la concesionaria Título 01BCA200646/01EDOC11 (ID 11), lo que impidió poder realizar la solicitud de información de dicho registro por medio del portar del INAI, dado que la información se solicita a cada área y dependencia gubernamental; es decir, no se puede realizar la solicitud de información de una dependencia con el número de registro o clave de otra, siendo en este caso entre la CONAGUA y la SEMARNAT, por lo que solo se consideró la información de las 6 MIA encontradas. Por lo anterior, de acuerdo con lo descrito en las MIA, se distinguieron las actividades productivas que representan el principal uso de suelo o cuerpos de agua en las zonas concesionadas y sus colindancias, siendo las actividades de los sectores pecuarios, agrícolas y de consumo hídrico para uso doméstico, las identificadas en la zona (Tabla 15).

Tabla 15. Uso de Suelo y Cuerpos de Agua en las Concesionarias y sus Colindancias.

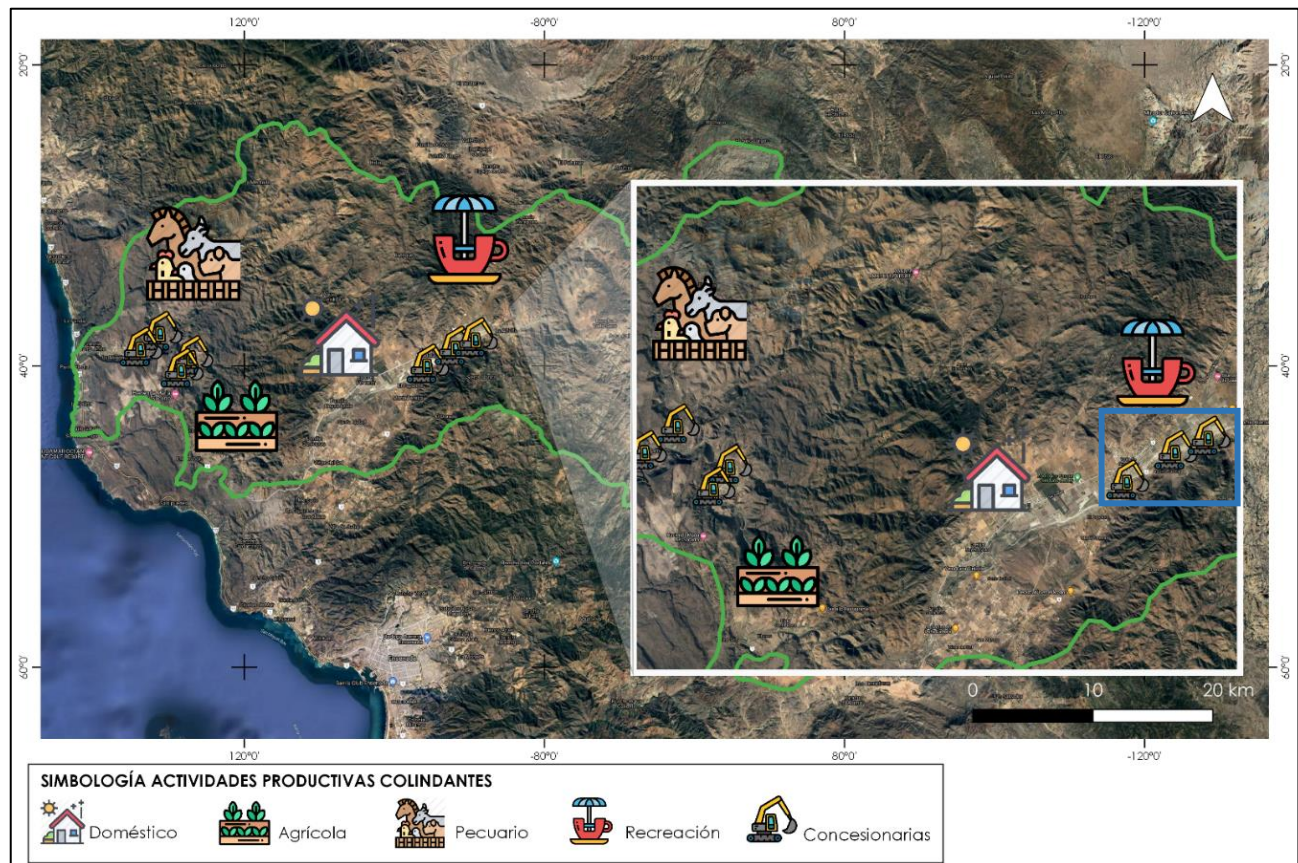
CLAVE	02BC2015MD013	02BC2009MD041	02BC2009MD039	02BC2008MD036	02BC2008MD014	02BC2009MD025
SUELO			Bovino			
CUERPOS DE AGUA		Bovino Caprino	Sin registro			



Fuente: Elaboración propia con datos de MIA.

**Donde no se especifica tipo de producción pecuaria, se refiere a la actividad en general.*

Sin embargo, para fines del presente trabajo, se considera también la actividad de recreación debido a que tres de las áreas concesionadas se encuentran sobre la Ruta del Vino, como se muestra en el recuadro azul de la Figura 21.



Fuente: Elaboración propia con datos de MIA.

Figura 21. Actividades Productivas Realizadas en Colindancias a Áreas Concesionadas

A partir de dicha información, se tomaron los datos estimados para el año 2017 del trabajo de Uscanga Tejeda, (2018), sobre las necesidades hídricas y valor agregado para los sectores agrícola y recreativo (turístico) (Tabla 16); y los valores del volumen de agua concesionado, los pagos por cada título de concesión y su valor agregado para el sector hídrico correspondientes al consumo de uso doméstico (Tabla 17).

Tabla 16. Características de los Sectores Agrícola y Recreativo del Valle de Guadalupe (2017)

SECTOR	NECESIDADES HÍDRICAS (m ³ /ha/año)	VALOR AGREGADO (MILES DE PESOS)
Agrícola	83,644.00	268,649.00
Recreativo	940,669.00	78,717.00

Fuente: (Uscanga Tejeda, 2018).



Tabla 17. Características del Uso Doméstico del Agua del Valle de Guadalupe (2017)

USO	TÍTULOS	VOLUMEN AGUA CONCESIONADO (m ³ /AÑO)	PAGO POR EMISIÓN TÍTULO	PAGO POR CADA 1000 m ³	VALOR AGREGADO (MILES DE PESOS)
Doméstico	84.0	40,000.0	3,535.0	55.3	5,747.0

Fuente: (Uscanga Tejeda, 2018).

Mientras que, para el sector pecuario, no se encontraron datos sobre el consumo hídrico y valores agregados para la región del Valle de Guadalupe, por lo que los datos que se emplearon son únicamente valores representativos, siendo los de producto, producción y valor de producción para el municipio de Ensenada, correspondientes a las Estadísticas de Producción Ganadera del SIAP del mismo año (Tabla 18).

Tabla 18. Producción y Valor Pecuario en Ensenada (2017).

PRODUCTO	PRODUCCIÓN (TONELADAS)	VALOR DE PRODUCCIÓN (MILES DE PESOS)
Ganado en pie	4,915.55	141,694.12
Ave y guajolote en pie	1,429.28	29,736.13
Carne en canal	3,834.82	184,973.62
Leche	31,363.57*	190,776.54
Otros productos	No aplica	4,410.72
TOTAL		551,591.13

Fuente:(SIAP, 2021). * Miles de litros.

Los subtotales y el total podrían no coincidir por redondeo.

Finalmente, se integraron los valores agregados de cada sector, sin considerar las cifras del sector pecuario (Tabla 19).

Tabla 19. Valor Agregado en Miles de Pesos para el Año 2017.

SECTOR	VALOR AGREGADO (MILES DE PESOS)
Agrícola	268,649.00
Recreativo	78,717.00
Hídrico doméstico	5,747.0
TOTAL	353,113.00

Fuente: (Uscanga Tejeda, 2018), (SIAP, 2021).



V.4. Impactos Ambientales

Con referencia a los impactos ambientales ocasionados por las actividades de extracción de materiales pétreos y arena, descritos en la Tabla 10; se obtuvo la siguiente clasificación para la evaluación de los impactos (Tabla 20), ya sea como adversos o benéficos, para cada aspecto de los factores biótico, abiótico y socioeconómico generados por las concesionarias dentro de la Cuenca Guadalupe (Tabla 21).

Tabla 20. Clasificación de los Impactos Ambientales

CLASIFICACIÓN	TIPO			
	A	Adverso significativo	B	Benéfico Significativo
	a	Adverso No Significativo	B	Benéfico No Significativo
	-	Ausencia de Impacto		Sin Registro de Impacto

Fuente: modificado de Conesa, 1995.

Tabla 21. Clasificación de los Impactos Ambientales de Concesionarias

EMISORES DEL IMPACTO			CLAVE MIA					
FACTOR	ASPECTO	INDICADOR	02BC201 5MD013	02BC2009 MD041	02BC2009 MD039	02BC2008 MD036	02BC2008 MD014	02BC2009 MD025
ABIÓTICO	AGUA	Acuífero	A	-	A			
		Escorrentía	a	-		a	a	
		Calidad del agua		-	A			-
	ATMÓSFERA	Calidad del aire	a	a	a	A	A	a
		Visibilidad	-			A	A	
		Acústica natural	A	a				a
	SUELO / SUBSUELO	Erosión	A	-		A	A	
		Drenaje vertical	A			A	A	b
		Escurrimiento		-		A	A	
		Fisicoquímica	-	a		-	-	
		Sobreexplotación	a					
	PAISAJE	Calidad paisajística	A	A	a	a	a	
		Relieve	A	A		a	a	
BIÓTICO	FLORA	Hábitat	-	A	-	a	a	a
		Estructura poblacional		A		-	-	
	FAUNA	Hábitat	a	A	-	a	A	a
SOCIOECONÓMICO	SOCIAL	Calidad de vida	-	b	B	-	-	b
		Salud		-				
	ECONÓMICO	Empleo	B	b	B	-	-	b
		Mercado			B		-	b
		Desarrollo regional	B		B	-	-	

Fuente: Elaboración propia con datos de MIA.



V.5. Análisis Coste – Beneficio

Considerando el valor estimado de \$24,137,000 de pesos de los beneficios económicos, correspondientes a las actividades de extracción de materiales pétreos como la arena y el material en greña; y el valor identificado de \$353,113,000 de pesos de los costos ambientales, generados por las actividades productivas de las colindancias a las zonas concesionadas, dentro de la Cuenca Guadalupe, (Tabla 22).

Tabla 22. Costes Ambientales y Beneficios Económicos para el 2017.

BENEFICIOS ECONÓMICOS (MILES DE PESOS)	COSTOS AMBIENTALES (MILES DE PESOS)
24,137	353,113

Fuente: Elaboración propia con datos de LFD (Ley Federal de Derechos, 1981) y (Uscanga Tejeda, 2018).

Se identificó que la actividad de extracción de arena representa una falla del ACB con relación al Beneficio Social Neto (BSN) que aporta a la Cuenca Guadalupe; esto con base a la metodología de Hanley (2013) del ACB básico, donde, aplicando la ecuación 1, si se obtiene un resultado negativo, la prueba fracasa, y donde observamos que el valor obtenido el Beneficio Social Neto es de **-328,976**, como se muestra a continuación:

Beneficio Social Neto = valor presente de los beneficios – valor presente de los costos

$$BSN = 24,137 - 353,113 = -328,976$$

De igual forma, a través del método de Relación Beneficio-Coste (RBC) de Azqueta-Oyarzun *et al.* (2007), se obtuvo un valor de **0.07**, el cual indica que la actividad no es aceptable, dado que el valor obtenido del dividir el valor presente de los beneficios entre el valor presente de los costos (ecuación 2), es menor a uno y para considerarse aceptable el valor debe ser superior a la unidad.

$$\text{Relación Beneficio – Coste (RCB)} = \frac{\text{valor presente de los beneficios}}{\text{valor presente de los costos}} = \frac{24,137}{353,113} = 0.07$$

Esto partiendo del escenario de referencia actual, donde no existe legislación que regule la explotación (Ravelo-García & Álvarez-Andrade, 2019), de materiales pétreos a nivel estatal y, que a su vez no sean considerado los costos adicionales correspondientes a las medidas de remediación por los impactos ambientales ocasionados en los sitios concesionados.



VI. DISCUSIÓN

VI.1. Cuenca Guadalupe

Para el presente estudio, se consideró como unidad de análisis la cuenca hidrológica; tomando en cuenta que “la cuenca hidrológica en conjunto con los acuíferos constituye la unidad de gestión de los recursos hídricos” (p. 3), (Ley de Aguas Nacionales, 1992), misma que se encuentra delimitada por una diversidad topográfica, en donde, coexisten los recursos agua, suelo, flora, fauna y el medio ambiente. Determinándose, que la Cuenca Hidrológica con mayor presión antropogénica generada por las actividades de extracción de arena en el municipio de Ensenada, es la Cuenca Guadalupe (103), perteneciente a la región RH1; donde se encuentran autorizadas siete concesiones de extracción al año 2020, de acuerdo con los registros del REPDA, siendo cinco para la extracción de arena y dos para material en greña; con un volumen total autorizado de extracción de 925,830 m³ anuales, de los cuales 712,830 m³ corresponden a la arena y 213,000 m³ al material en greña; con una superficie concesionada de 889,030 m². Donde, tan solo sobre el cauce del Arroyo de Guadalupe se da una extracción de 847,830 m³ y 78,000 m³ sobre el Arroyo de la Zorra. Por lo que, considerando lo descrito por Navarro-Palacios (2004), acerca de que el Arroyo de Guadalupe es la principal corriente que drena la cuenca y la cual recibe el mayor aporte de todos los escurrimientos; la concentración excesiva de concesiones para la extracción de arena a lo largo de su cauce, representa una significativa *reducción en la capacidad del suelo* de servir como filtro y captador de agua de los acuíferos. Siendo de gran relevancia, considerando que el Arroyo alimenta de forma directa la recarga del Acuífero Guadalupe; mismo que actualmente se encuentra vedado, por lo que no se autorizan aprovechamientos de agua adicionales a los establecidos legalmente. En este caso, las extracciones de agua dentro del acuífero son para usos domésticos, industriales y de riego (CONAGUA, 2020a); los cuales se verían afectados en virtud del deterioro de la cantidad o calidad del agua por el daño ocasionado a los cuerpos de agua tanto superficiales como subterráneos, a causa de la sobreexplotación de arena, afectando principalmente al sector agrícola, sobre todo a la industria vitivinícola y a las poblaciones de Francisco Zarco, El Porvenir y San Antonio Necua a las que se destina el 42% del recurso para su abastecimiento (Kurczyn-Robledo *et al.*, 2007).



VI.2. Beneficios Económicos

A partir de la *Ve* de los recursos naturales y los *SE*; donde se define como *recurso natural* a aquellos activos del hábitat que tienen un dueño determinado al que proporcionan un beneficio monetario (Azqueta-Oyarzun, 2007); se estimaron los beneficios económicos a partir de los ingresos correspondientes a la nación proporcionados por las actividades de extracción de materiales pétreos, como la arena y el material en greña.

Siendo, el beneficio económico el incremento en el capital o progreso, que las actividades económicas generan en la sociedad; el cual se mide mediante el análisis de coste-beneficio, mismo que refiere a la diferencia entre el costo de lo que producimos y el ingreso obtenido por el comercio de los productos producidos (Jiménez, 2013). Por lo que, los beneficios económicos obtenidos de las actividades de extracción de arena y material en greña (por poseer en su mezcla arena) para el año 2017, año de referencia para el estudio, corresponden a 24,137 miles de pesos; donde la arena representa un mayor ingreso que el material en greña, con cuotas de \$24.76 contra \$19.44, respectivamente para dicho año. Los beneficios económicos fueron estimados en miles de pesos para un periodo de 6 años del 2015 al 2020, mismos que incluyen los ingresos correspondientes al proceso de extracción y los ingresos asociados a los trámites para su autorización:

Tabla 23. Beneficios Económicos Estimados Totales al Sector Público por Concesiones.

BENEFICIOS ECONÓMICOS (INGRESOS)	PRECIO (MILES DE PESOS)					
	2015	2016	2017	2018	2019	2020
TOTAL	22,098	22,760	24,137	25,183	25,871	26,668

Es importante señalar, que los ingresos estimados son datos representativos, ya que no se consideran ingresos adicionales a nivel estatal o municipal. Asimismo, los datos no consideran las fluctuaciones inflacionarias. Por lo que se sugiere emplear el presente trabajo como referencia para el método del *valor presente neto*, mismo que trata de medir el coste de la depreciación del recurso a partir de los cambios que experimenta su precio en el mercado derivado a su escasez; con el cual es posible estimar el valor de la existencia del recurso a partir del flujo esperado de beneficios a lo largo de su vida útil, obtenido de la explotación de este en el futuro (actualizado con la debida tasa de descuento). Siendo necesario estimar el volumen de las reservas del recurso y calcular la vida útil de éste con un ritmo de extracción determinado (Azqueta-Oyarzun, 2007).



VI.3. Costes Ambientales

Bajo el concepto de *SE*, se identificaron los costes ambientales; para los cuales fue determinada la escala espacial y temporal en la son generados y aprovechados; siendo en este caso a nivel de Cuenca para el año 2017. Resultando de vital importancia ya que dadas las escalas espacio – temporales los servicios son suministrados y aprovechados según la estructura del paisaje y las características de los procesos ecológicos involucrados, siendo importantes para determinar a los actores que puedan beneficiarse de la provisión de un servicio en particular y, consecuentemente, otorgarle un valor (SEMARNAT *et al.*, 2018). Dentro de los *SE* que proveen la Cuenca y la región del Valle de Guadalupe, sobre salen los servicios de *provisión* de materiales pétreos, de *regulación* de desastres naturales, de *soporte* de retención de suelos y *cultural* de recreación asociados a las actividades de extracción de arena; de un total de 20 *SE* documentados (Cuadro 7).

<p>Regulación de desastres naturales, Purificación del agua, Infiltración del agua, Regulación del clima, Servicios de protección, Polinización</p> <p>REGULACIÓN</p> <p>Procesos que regulan las condiciones en las que vivimos.</p>	<p>Forraje, Disponibilidad hídrica, Recarga de mantos acuíferos, Aporte de minerales, Alimentos derivados de la agricultura y ganadería, Materiales pétreos y Flora y fauna silvestre</p> <p>PROVISIÓN</p> <p>Bienes tangibles que se pueden apropiar.</p>	<p>Recreación, Ecoturismo, Valores estéticos</p> <p>CULTURALES</p> <p>Beneficios no tangibles (experiencias, capacidades).</p>
<p>Ciclo hidrológico, Ciclo de nutrientes, Retención de suelos</p> <p>SOPORTE</p> <p>Procesos ecológicos básicos que permiten la provisión del resto de los servicios.</p>		

Fuente: *Elaboración propia adaptado de* (Millennium Ecosystem Assessment, 2005a).

Cuadro 7. *Servicios ecosistémicos de la Cuenca Guadalupe*

Una vez determinados los *SE* y la escala espacial y temporal en la que son aprovechados, identificamos a los actores beneficiados de estos servicios, considerando a su vez, que estos *SE* están determinados por la presencia del ser humano, por lo que se establecieron a las actividades antropogénicas que se desarrollan en las zonas concesionadas y sus colindancias como estos actores beneficiados; con el fin de determinar los sectores que se verían perjudicados a causa de las afectaciones a dichos servicios; siendo las actividades de los sectores agrícola, pecuario, recreativo y de consumo hídrico para el uso doméstico, las presentes en la zona de estudio al año 2017. Aunado ello, se determinaron los valores de uso y no uso de estos *SE* con relación a los actores beneficiados, a fin de estimar su



valor en la región. Es decir, si dentro de la Cuenca Guadalupe cercano a los márgenes de las concesionarias no se encontrará la Ruta del Vino, no existiría el servicio ecosistémico cultural de recreación, lo cual no implica que el ambiente y belleza natural del lugar no tengan valor, sino que esos rasgos de la Cuenca no estarían ofreciendo servicios de recreación a las personas (Navarro-Palacios, 2004). Por lo que, a medida que los *SE* son perjudicados por las actividades de extracción de arena, se generan impactos que ocasionen costes ambientales asociados a la pérdida de productividad de los sectores presentes en las áreas concesionadas. En ese sentido, relacionamos los costes de producción de los sectores colindantes como los costes ambientales generados por la pérdida o afectación a dichos servicios; identificándose los siguientes costes ambientales al año 2017, para los sectores identificados, con un total de \$353,113,000 de pesos.

Tabla 24.. Costes Ambientales Estimados de Sectores Productivos en Zonas Concesionadas y Colindancias.

SECTOR	VALOR AGREGADO (MILES DE PESOS)
Agrícola	268,649.00
Recreativo	78,717.00
Hídrico doméstico	5,747.0
TOTAL	353,113.00

Si bien, también se identificó al sector pecuario, estos datos no se tomaron en cuenta dada la disponibilidad de información en la Cuenca y la región del Valle de Guadalupe, considerando que de acuerdo con Uscanga Tejeda (2018), la Secretaría de Desarrollo Agropecuario (SEDAGRO), informó que la presencia de este sector en el Valle es mínima en comparación con el sector agrícola. Además, es importante señalar que la información es representativa, ya que los datos identificados para los costes ambientales tomados del trabajo de Uscanga Tejeda (2018), hacen referencia a la zona del Valle de Guadalupe, la cual corresponde al 27% de la extensión total de la Cuenca, por lo que las cifras identificadas son menores a la extensión del área señalada en el presentes trabajo. Por lo cual, se sugiere realizar un análisis mayormente detallado, el cual involucre los costos asociados a la extensión total del área, y todos los *SE* identificados dentro de la Cuenca. Así como, que estos contemplen las externalidades positivas y negativas asociadas a la actividad de extracción de arena.



VI.4. Impactos Ambientales

De acuerdo con la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, un impacto ambiental es la modificación del ambiente ocasionada por la acción del hombre o de la naturaleza (Ley General Del Equilibrio Ecológico y La Protección Al Ambiente, 1988); existiendo diferentes instrumentos para su evaluación, los cuales se orientan a los impactos ambientales que eventualmente podrían ser provocados por obras o actividades que se encuentran en planeación, buscando establecer medidas de prevención o mitigación para los posibles impactos ocasionados a causa del desarrollo de estas actividades. Para ello, es necesario realizar la identificación y posterior evaluación de los impactos, Por lo que, de acuerdo a lo declarado por las concesionarias de extracción de materiales pétreos en las Manifestaciones de Impacto Ambiental de la Cuenca de Guadalupe, dentro de los principales impactos ambientales adversos significativos generados por las actividades del proceso; se registran la erosión y el drenaje vertical de escurrimientos en los suelos y subsuelos; seguidos de los impactos ocasionados en los acuíferos, la calidad y visibilidad del aire, así como la calidad paisajística y de relieve para el factor abiótico; de igual forma a lo documentado por Ravelo-García & Álvarez-Andrade (2019). Siendo de suma importancia, ya que la erosión provoca la disminución del nivel freático e implica la disminución en la cantidad de suministro de sedimentos (UNEP, 2014); perdiendo así la integridad ecológica del ecosistema, misma que es fundamental para la preservación contra riesgos ecológicos. Por su parte, para los factores bióticos, el mayor impacto registrado es el causado al hábitat de la fauna en la Cuenca. En contraste, dentro del factor socioeconómico; el principal beneficio significativo es el desarrollo regional, seguido del beneficio no significativo de la generación de empleo. Por lo que, en comparación, los impactos adversos son mayores a los impactos benéficos; tanto significativos como no significativos. No obstante, el objetivo de identificar y caracterizar los impactos es que se puedan establecer medidas que ayuden a prevenir o minimizar los impactos ambientales negativos y a maximizar los impactos positivos. Por esta razón, si además asociamos los costes ambientales de la remediación, mitigación y/o control de los impactos adversos, estos impactos socioeconómicos benéficos se ven mermados, ya que son menores a los impactos adversos generados.



Es necesario indicar que, si bien se hizo la evaluación de los impactos ambientales a través de la Matriz de Cribado, esta cuantificación fue cualitativa por lo que no se consideran los costes asociados a la remediación, mitigación y/o control de los impactos adversos, ni la cuantificación de los impactos beneficios socioeconómicos; por lo que se recomienda continuar la investigación con los montos referentes a los impactos ambientales, los cuales pudieran contribuir significativamente en el presente análisis coste beneficio.



VI.5. Análisis Coste Beneficio

La aplicación del Análisis Coste Beneficio (ACB) asume que todos los proyectos pueden medir y cuantificar los impactos que generan y traducirlos a términos monetarios, así como que los costes y beneficios pueden ser directamente comparables (Nigenda Morales, 2018). En ese sentido, el presente trabajo analizó los costes ambientales y los beneficios económicos de la actividad de extracción de arena; asociando los costes a las actividades productivas que representan el principal uso de suelo o cuerpos de agua en las zonas concesionadas y sus colindancias y, los beneficios a los ingresos emanados a la nación por el desarrollo de dicha actividad; obteniéndose un valor estimado de \$353,113,000 pesos para los costos ambientales y de \$24,137,000 pesos para los beneficios económicos; donde, realizando la comparación de manera directa, se observa que los costes ambientales son significativamente mayores a los beneficios económicos. No obstante, para el ACB se realizó una adaptación a la metodología de Hanley (2013) y de Azqueta-Oyarzun *et al.* (2007), variando las etapas descritas en el Cuadro 5; estableciéndose únicamente un escenario de referencia; donde no existe legislación que regule la explotación. Para ello, con base a la metodología de Hanley (2013), se calculó el Beneficio Social Neto (BSN), con la cual se identificó que esta actividad equivale a una cantidad de (menos) -328,976; lo cual de acuerdo con el autor nos indica que el ACB fracasa, ya que los valores negativos refieren a que esta actividad no representa un beneficio para la sociedad en términos económicos, dado que los ingresos asociados a la misma son menores en comparación a los costes ambientales generados por esta. De igual forma, a través del método de la Relación Beneficio-Coste (RBC) de Azqueta-Oyarzun *et al.* (2007), se obtuvo un valor de 0.07, el cual es considerablemente menor a uno, lo que de acuerdo con el autor nos indica que esta actividad no es aceptada como una actividad rentable, puesto que la alternativa es considerada como aceptable cuando se obtiene un valor superior a la unidad y que mientras mayor sea este, mejor.

Asimismo, es importante señalar que el análisis se realizó con información del periodo de referencia del 2015 al 2020, definiendo como año de estudio el 2017, derivado a la poca disponibilidad de datos relacionados a los ingresos por las actividades productivas realizadas en la zona, siendo los datos empleados los referentes a los ingresos generados



en el Valle de Guadalupe, el cual equivale al 27% de la extensión total de la Cuenca; por lo que los valores identificados pueden incrementar de manera significativa. Además, de que dichos costes ambientales no incluyen los valores referentes a la remediación, mitigación y/o control de los impactos ambientales provocados por la extracción de arena.

Lo anterior, bajo el supuesto de que los costes ambientales identificados representan las pérdidas económicas asociadas a los impactos generados a los SE por el desarrollo de la actividad, representando un mayor costo en relación con los beneficios económicos brindados a la sociedad. Es importante destacar que la relación entre los servicios ecosistémicos, y las actividades de extracción de arena, están determinados por la presencia de los actores locales. La recurrencia a este tipo de análisis, se debe a que vivimos en un mundo de recursos escasos y con problemas sociales que no se pueden resolver (Revesz, 2010); por lo que el ACB toma como medida el cambio en el bienestar de las personas que viven dentro de una población relevante, buscando maximizar el beneficio social neto acumulado para estas; teniendo en cuenta los impactos económicamente relevantes, ya sean valorados por el mercado o no; siendo necesario considerar en la toma de decisiones las implicaciones ecológicas, sociales y económicas del funcionamiento de los ecosistemas; cuando estos costos y/o beneficios no asumidos representan las externalidades que se traducen en una pérdida o beneficio neto del bienestar social, el cual puede manifestarse de diferentes maneras siendo necesario internalizarlas.

El valorar, cuantificar y localizar espacial y temporalmente a los servicios ecosistémicos asociados a las Cuencas teniendo como recurso clave el agua, es imprescindible para implementar acciones que incorporen integralmente el aporte de los ecosistemas al desarrollo regional sustentable y se promueva su conservación a través del uso de datos objetivos. Asimismo, para la protección de las arenas asociadas a este recurso clave es importante garantizar que las concesionarias se ciñan a la normatividad vigente y no rebasen los volúmenes de extracción concesionados. Además, como lo descrito por Navarro-Palacios (2004), estas concesionarias deberán estar circunscritas al seguimiento del ciclo hidrológico, donde los elementos y funciones ambientales son complejos y la protección jurídica deberá estar dirigida a normar su buen uso.



Aunado a ello, para impulsar la conservación y protección de los servicios ecosistémicos; se debe tomar en cuenta la naturaleza de la asignación dual de los derechos, donde, el derecho de una parte expone, de manera simultánea, a las otras partes a los efectos del ejercicio de ese derecho, por lo que se deduce que por adecuado que sean asignados los derechos, estos generan beneficios y costes, donde el coste de ejercerlo siempre es la pérdida que sufre la otra parte como consecuencia del ejercicio de ese derecho (Guzmán Jiménez, 2016).



VII. CONCLUSIONES

El Análisis Coste-Beneficio es una de las herramientas más empleadas en el ámbito de la política ambiental; de modo que el presente trabajo se enfocó en analizar los costes ambientales y beneficios económicos relacionados a la actividad de extracción de arena. Para este fin, se identificó que la Cuenca Guadalupe, es la que presenta el mayor número de *concesiones de extracción de arena* en el municipio de Ensenada, las cuales tienen un volumen total autorizado de extracción de 925,830 m³ anuales para el periodo 2015 al 2020, definiéndose como año de estudio el 2017, dada la disponibilidad de información para el desarrollo de este tipo de análisis, ya que no existen datos oficiales suficientes para realizar la estimación de los costes ambientales relacionados a esta actividad.

Para dicho año, las cuotas asignadas a pagar por el derecho de extracción por cada metro cúbico de arena y material en greña, acorde a lo señalado en el artículo 236 de la Ley Federal de Derechos, corresponden a \$24.76 y \$19.44, respectivamente; asimismo, para dicho año las cuotas asociadas a los trámites de Servicios Relacionados con el Agua y sus Bienes Públicos Inherentes fue de \$1,650 y en materia de Impacto Ambiental por la recepción, evaluación y, en su caso, el otorgamiento de la resolución del informe preventivo fue de \$12,316; mientras que por la recepción, evaluación y el otorgamiento de la resolución de la manifestación de impacto ambiental, en su modalidad particular, de acuerdo con los criterios ambientales: Grado mínimo fue de \$33,121; obteniéndose para la estimación de los *beneficios económicos* un valor de \$24,137,000 pesos.

Se documentaron un total de 20 servicios ecosistémicos relacionados a las Cuencas hidrológicas y la región del Valle de Guadalupe; donde se destacan para la Cuenca Guadalupe los servicios de provisión de materiales pétreos, de regulación de desastres naturales, de soporte de retención de suelos y recreación. A partir de los cuales se distinguieron las actividades productivas de agricultura, recreación, pecuaria y de consumo de agua para uso doméstico, ya que representan el principal uso de suelo o de cuerpos de agua en las zonas concesionadas y sus colindancias. Obteniéndose un valor de \$353,113,000 pesos. de los *costes ambientales* asociados a los valores representativos identificados de cada actividad productiva.



Además, este estudio aporta con la evaluación cualitativa de los *impactos ambientales* de las actividades de extracción de arena, denotándose la erosión de suelos y el drenaje vertical de los escurrimientos como las principales problemáticas resaltadas; tomando en consideración la demanda de agua proveniente del acuífero como recurso clave para el presente análisis, dichas afectaciones a los escurrimientos representan afectaciones al cauce natural de los arroyos, disminuyendo el amortiguamiento de la fuerza de las precipitaciones, aumentando el riesgo de desbordamientos de la Cuenca.

Esta información, nos demuestra que la extracción de arena en la Cuenca de Guadalupe para el año 2017, no representa un beneficio social neto, ni es una actividad económicamente rentable, dado que los valores obtenidos a través de la *relación Beneficio Social Neto y Relación Beneficio Coste*, nos demuestran que los costes ambientales relativos a las actividades antropogénicas que se desarrollan en las zonas concesionadas y sus colindancias son mayores en comparación a los beneficios económicos obtenidos de los ingresos asociados a esta actividad; por lo que, este escenario no debería de ser atractivo para los tomadores de decisiones, puesto que significa continuar realizando una actividad que genera mayores gastos ambientales en comparación con los beneficios económicos que genera a la región.

Es importante tomar en cuenta que, se propone realizar una priorización de todos los servicios ecosistémicos detectados para definir las relaciones de dichos servicios a nivel ecológico y maximizar sus beneficios; considerando los valores asociados a las externalidades correspondientes a los procesos de extracción de materiales y las pérdidas asociadas a los daños en los servicios ecosistémicos, para poder valorar el recurso natural; en términos de que un ecosistema conservado, brinda protección a la población que se encuentra presente en él. Asimismo, se deben garantizar el correcto funcionamiento de las concesionarias a través de revisiones periódicas de las extracciones realizadas en los predios; bajo la perspectiva de la cuenca, en función de su dinámica y actividades.



“El hombre es la especie más insensata: venera a un Dios invisible y masacra a una naturaleza visible, sin entender que la naturaleza que destruye es ese Dios que él venera”
... *Hubert Reeves*



VIII. ANEXOS

VIII.1. Metadatos

En este apartado se encuentran los metadatos del Mapa de Superficie de Concesiones.

<u>Superficie de Concesiones Autorizadas</u>				
DATOS GENERALES				
CITA DE LA INFORMACIÓN:				
Institución Responsable:	Comisión Nacional del Agua			Autores
Siglas de la Institución:	CONAGUA			Irigoyen B.
Lugar de publicación:	México, D.F.	Versión:	Escala: 1:50000	Fecha: 20/21/
Forma parte de:	Descripción: Proyecto Terminal de Especialidad de Gestión Ambiental			
Clave:				
RESUMEN:	Los resultados que se presentan corresponden a la información general que ampara cada título de concesión/asignación y sus bienes públicos inherentes; en este sentido, cabe aclarar que un título de concesión/asignación y sus bienes públicos inherentes, puede contener uno o varios anexos que pueden o no ser del mismo tipo de aprovechamiento.			
OBJETIVOS:	Analizar el costo-beneficio de la extracción y comercialización de arena para el periodo 2015- 2020 en Ensenada, Baja California, México.			
DATOS COMPLEMENTARIOS:	Las concesiones fueron registradas a través de la tabla de atributos de la información presente de los Títulos con permisos de extracción de materiales pétreos del Registro Público de Derechos de Agua (REPDA), CONAGUA.			
FORMATO DEL DATO GEOESPACIAL:	WGS 84 UTM ZONE 11			
TIEMPO COMPRENDIDO:	2005-2021			
NIVEL DE AVANCE:	Planeado			
LIGA A OTROS SITIOS EN WWW:	https://app.conagua.gob.mx/ConsultaRepda.aspx			
UBICACIÓN GEOGRÁFICA				
ÁREA GEOGRÁFICA:	Baja California			
COORDENADAS EXTREMAS:	OESTE: -116.808	ESTE: -113.84	NORTE: 32.11	SUR: 28.29
RESTRICCIONES				
ACCESO:	Sin restricciones			
USO:	No disponible			
AMBIENTE DE TRABAJO				
SOFTWARE Y HARDWARE:	SIG QGis 3.10.11-A Coruña			
SISTEMA OPERATIVO:	Windows 10 Home Single			
REQUERIMIENTOS TECNICOS:	Tener Arc-Info o sistemas compatibles			



CALIDAD DE LOS DATOS

METODOLOGÍA:	Gabinete		
DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA:	Los mapas de superficie de extracción se produjeron a partir de la tabla de atributos de los datos de los Títulos con permisos de extracción de materiales pétreos del Registro Público de Derechos de Agua (REPDA), Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), 2021.		
DESCRIPCIÓN DEL PROCESO:	A) Recolección de la información de los títulos de concesión. B) Registro de coordenadas en base de datos. C) Conversión de coordenadas. D) Carga de tabla en formato ".CSV". E) Generación de capa vectorial a través de menú Texto delimitado.		
REFERENCIA DE LOS DATOS ORIGINALES:			
Autores	Título del Dato:	Superficie Extracción	
Irigoyen B.	Institución Responsable:	Comisión Nacional del Agua	
	Siglas de la Institución:	CONAGUA	
	Lugar de publicación:	México, D.F.	
	Versión: 1	Escala 1:50000	Fecha: 00/00/2021
	Formato del dato Geoespacial:	Shapefile. Formato vectorial compuesto por 4 archivos (shp, shx, dbf, prj) Formato:	
	Información que se obtuvo:	Coordenadas geográficas en grados decimales de la ubicación de las superficies de extracción de arena.	
	Otros Datos:		
	Vínculo al recurso en línea:	https://app.conagua.gob.mx/ConsultaRepda.aspx	

CARACTERÍSTICAS TAXONOMÍA

REINO:	No aplica
DIVISIÓN O FILA:	No aplica
CLASE:	No aplica
ORDEN:	No aplica
FAMILIA:	No aplica
GÉNERO:	No aplica
ESPECIE:	No aplica
NOMBRE COMÚN:	No aplica
COBERTURA TAXONOMICA GENERAL:	No aplica

INFORMACIÓN ESPACIAL

ESTRUCTURA DEL DATO:	Vector
TIPO DEL DATO:	Puntos, Polígonos, líneas y Anotaciones
NUMERO TOTAL DEL DATO:	22

PROYECCIÓN CARTOGRÁFICA

SISTEMA DE COORDENADAS:	Plana
NOMBRE DE LA PROYECCIÓN:	Universal Transversa de Mercator zona 11

INFORMACIÓN GEODÉSICA

DATUM HORIZONTAL:	WGS84
NOMBRE DEL ELIPSOIDE:	WGS84

ATRIBUTOS

NOMBRE DE ENTIDAD (TABLA):	CONCESIONES
DESCRIPCIÓN DE LA ENTIDAD:	Información de los títulos de concesión de extracción de material pétreo (arena).
NOMBRE DEL ATRIBUTO:	Value
DEFINICIÓN DEL ATRIBUTO:	Valor de presencia (1)
TIPO DE DATO:	Númérico
UNIDADES DE MEDIDA:	Grados decimales
ORIGEN DEL ATRIBUTO:	Atributo por definición del mapa



VIII.2. Concesiones

Tabla 25. Títulos de Concesiones de Extracción de Arena en Ensenada, BC.

ID	TÍTULO	SUPERFICIE (m ²)	VOLUMEN AUTORIZADO (m ³ /AÑO)	CORRIENTE O VASO	TIPO DE MATERIAL	FECHA DE REGISTRO
1	01BCA200669/01EDDA14	55,000.0	55,000.0	ARROYO SANTO DOMINGO	MATERIAL EN GREÑA	03/10/2015
2	01BCA200668/01EDDA14	135,000.0	135,000.0	ARROYO GUADALUPE	MATERIAL EN GREÑA	14/08/2014
3	01BCA200667/01EDDA13	78,000.0	78,000.0	ARROYO LA ZORRA	MATERIAL EN GREÑA	11/04/2013
4	01BCA200666/01EDDA13	32,550.0	32,550.0	ARROYO SANTO DOMINGO	MATERIAL EN GREÑA	10/10/2013
5	01BCA200665/02EDDA13	211,000.0	211,000.0	ARROYO LA TRINIDAD	ARENA	15/08/2013
6	01BCA200663/01EDOC13	1,536,000.0	1,536,000.0	ARROYO SAN TELMO	ARENA	07/05/2013
7	01BCA200658/01EDOC12	64,260.0	64,260.0	ARROYO GUADALUPE	ARENA	01/07/2013
8	01BCA200659/01EDOC12	109,500.0	109,500.0	ARROYO EL SOCORRO	MATERIAL EN GREÑA	01/07/2013
9	01BCA200660/01EDOC12	29,639.4	29,639.4	ARROYO SAN VICENTE	ARENA	01/07/2013
10	01BCA200657/01EDOC12	132,831.5	132,831.5	ARROYO SAN VICENTE	ARENA	10/01/2012
11	01BCA200646/01EDOC11	30,470.0	30,470.0	ARROYO GUADALUPE	ARENA	07/11/2011
12	01BCA200645/01EDOC11	111,375.0	111,375.0	ARROYO SAN CARLOS	ARENA	06/02/2011
13	01BCA200644/02EDOC11	98,400.0	98,400.0	ARROYO EL PARAISO	MATERIAL EN GREÑA	28/01/2011
14	01BCA200641/01EDOC10	190,400.0	190,400.0	ARROYO SAN TELMO	MATERIAL EN GREÑA	26/11/2010
15	01BCA200642/01EDOC10	220,800.0	257,600.0	ARROYO GUADALUPE Y EL ZORRILLO	ARENA	26/11/2010
16	01BCA200635/01EDOC10	248,000.0	248,000.0	ARROYO GUADALUPE	ARENA	30/08/2010
17	01BCA200603/01EAGR06	112,500.0	112,500.0	RÍO GUADALUPE	ARENA	31/08/2006
18	01BCA200592/01KDGR05	35,360.0	61,290.0	ARROYO SANTO DOMINGO	MATERIAL EN GREÑA	25/08/2005
19	01BCA200586/01KDGR04	63,000.0	91,350.0	ARROYO SANTO DOMINGO	MATERIAL EN GREÑA	23/11/2004
20	01BCA200582/01KDGR04	40,000.0	98,000.0	ARROYO SANTO DOMINGO	ARENA	10/11/2004
21	01BCA200566/01KDGR04	1,193,600.0	1,790,000.0	ARROYO SECO Y SAN RAFAEL	ARENA	24/06/2004
22	01BCA200546/01EDOC07	294,300.0	294,300.0	ARROYO LA GRULLA	MATERIAL EN GREÑA	06/05/2001
TOTAL AUTORIZADO		5,021,985.9	5,767,465.9			

Fuente: Elaboración propia con base a los registros del REPDA



VIII.3. Abreviaturas

Tabla 26. Abreviaturas de Unidades

SIGLAS	UNIDAD
°	Grados
'	Minutos
"	Segundos
GT	Giga toneladas
ha	Hectáreas
hm ³	Hectómetros cúbicos
Km	Kilómetros
Km ²	Kilómetros cuadrados
KN	Kilo Newtons
m ²	Metros cuadrados
m ³	Metros cúbicos
mm	Milímetros
MDP	Millones de pesos
Ton	Toneladas
UTM	Universal Transverse Mercator, Sistema de Coordenadas Universal Transversal de Mercator
USD	United States Dollar, Dólar de los Estados Unidos
WGS 84	World Geodetic System 1984, Sistema Geodésico Mundial 1984
γ	Peso específico
γ_n	Peso específico del terreno natural
γ_{sat}	Peso específico del terreno saturado
γ_a	Peso específico del terreno anegado



IX. REFERENCIAS

- Acosta Sánchez, M. M. (2018). Extracción de arena e impacto ambiental en el colector principal de la cuenca Guadalupe, Ensenada, Baja California. In UABC.
- Azqueta-Oyarzun, D. (2007). Introducción a la Economía Ambiental. In *Mc Graw Hill* (Vol. 2, Issue 3). <http://www.revista.unam.mx/vol.7/num7/art55/int55.htm>
- Bear, J. (2004). Management of a Coastal Aquifer. *Ground Water Journal*, 317–416. [https://doi.org/Jacob Bear \(2004\). Management of a Coastal Aquifer. , 42\(3\), 317–317. doi:10.1111/j.1745-6584.2004.tb02677.x](https://doi.org/Jacob Bear (2004). Management of a Coastal Aquifer. , 42(3), 317–317. doi:10.1111/j.1745-6584.2004.tb02677.x)
- Brundtland, G. H. (1987). Informe de la Comisión Mundial sobre Medio Ambiente y el Desarrollo: Nuestro futuro común. *Documentos de Las Naciones, Recolección de Un ...*, 416. <http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:Informe+de+la+comision+mundial+sobre+el+medio+ambiente+y+el+desarrollo.+nuestro+futuro+comun#5>
- Burkhard, B., Kroll, F., Nedkov, S., & Müller, F. (2012). Mapping ecosystem service supply, demand and budgets. *Ecological Indicators*, 21, 17–29. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2011.06.019>
- Chow, V., Maidment, D., & Mays, L. (1994). Hidrología aplicada. In *Hidrología aplicada* (p. 575 pp). <http://bases.bireme.br/cgi-bin/wxislind.exe/iah/online/?IsisScript=iah/iah.xis&src=google&base=REPIDISCA&lang=p&nextAction=lnk&exprSearch=158911&indexSearch=ID%5Cnhttp://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=BINA1.xis&method=post&formato=2&cantidad=>
- CONABIO. (2014). Manual de metadatos. In *Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad*.
- CONAGUA. (2018). *Atlas del Agua en México* (Vol. 2018). https://agua.org.mx/wp-content/uploads/2019/04/AAM_2018.pdf
- CONAGUA. (2020a). Actualización de la disponibilidad media anual de agua en el acuífero Guadalupe (0207), Estado de Baja California. *Comisión Nacional Del Agua*, 0207, 31.



https://sigagis.conagua.gob.mx/gas1/Edos_Acuiferos_18/BajaCalifornia/DR_0207.pdf

CONAGUA. (2020b). *Cuencas Nacionales*.

<http://sina.conagua.gob.mx/sina/tema.php?tema=cuencas&ver=mapa>

CONAGUA. (2020c). *Regiones Hidrológicas (nacional)*. Sistema Nacional de Información de Agua (SINA).

<http://sina.conagua.gob.mx/sina/tema.php?tema=regionesHidrologicas&ver=reporte&o=0&n=nacional>

CONAGUA. (2021a). *Consulta a la base de datos del REPDA*. Comisión Nacional Del Agua. <https://app.conagua.gob.mx/ConsultaRepda.aspx>

CONAGUA. (2021b). *Trámites que se solicitan en el Centro Integral de Servicios (CIS)*. Gobierno | Gob.Mx. <https://www.gob.mx/conagua/acciones-y-programas/tramites-de-administracion-del-agua>

Cotler Ávalos, H., Galindo Alcántar, A., González Mora, I. D., Pineda López, R. F., & Ríos Patrón, E. (2013). *Cuencas Hidrográficas. Fundamentos y perspectivas para su manejo y gestión*. *Secretaría Del Medio Ambiente y Recursos Naturales*, 36.

De Groot, R. S., Wilson, M. A., & Boumans, R. M. J. (2002). A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services. *Ecological Economics*, 41(3), 393–408. [https://doi.org/10.1016/S0921-8009\(02\)00089-7](https://doi.org/10.1016/S0921-8009(02)00089-7)

DGDM. (2015a). *Estudio de la Cadena Productiva de la Arena*. *Dirección General de Desarrollo Minero*, 158.

DGDM. (2015b). *Estudio de la Cadena Productiva de los Materiales Pétreos*. In *Coordinación General de Minería. Secretaría de Economía*.

DOF. (2020). *Acuerdo General 20/2020*.

Enzo Competella, & Pamela García. (2019, December 4). *La pérdida de arena genera daños irreversibles al medio ambiente*. Meteored. <https://www.meteored.mx/noticias/actualidad/la-perdida-de-arena-genera-danos-irreversibles-al-medio-ambiente.html>

Espejel Carbajal, M. I. (2017). *Formulación y Adopción de un Plan de Manejo de la*



Cuenca Guadalupe, Ensenada, Baja California. Universidad Autónoma de Baja California.

Gobierno del Estado. (2021). *Secretaría de Hacienda de Baja California*. Bajacalifornia.Gob.Mx.

https://www.bajacalifornia.gob.mx/hacienda/Tramites_Servicios/ImpuestosEstatales

Gómez-Cotta, C. (2018). *El devastador negocio del tráfico de arena*. El País Semanal. https://elpais.com/elpais/2018/05/14/eps/1526299463_273121.html

Guzmán Jiménez, L. F. (2016). Valoración de costos ambientales: aspectos teóricos y críticos. *Instrumentos Económicos y Financieros Para La Gestión Ambiental*, 309–334. <https://www.worldcat.org/title/instrumentos-economicos-y-financieros-para-la-gestion-ambiental/oclc/995339190>

Hanley, N. (2013). Environmental Cost-Benefit Analysis. In *Encyclopedia of Energy, Natural Resource, and Environmental Economics* (1st ed., Vols. 3–3). Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-375067-9.00103-0>

HENRÍQUEZ, E. (2017). *Daño irreversible por sobreexplotación de pétreos en San Cristóbal*. La Jornada Baja California. <https://www.jornadabc.mx/tijuana/09-06-2017/dano-irreversible-por-sobreexplotacion-de-petres-en-san-cristobal>

Iberdrola. (2021). *¿En qué consiste el tráfico de arena? - Iberdrola*. <https://www.iberdrola.com/medio-ambiente/trafico-de-arena>

INDAABIN. (2014). *¿Qué es un avalúo?* Instituto de Administración y Avalúos de Bienes Nacionales, Gobierno | Gob.Mx. <https://www.gob.mx/indaabin/articulos/que-es-un-avaluo?idiom=es>

INEGI. (1995). *Estudio Hidrológico del Estado de Baja California*.

INEGI. (2001). Síntesis de Información geográfica del estado de Baja California. *Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática*.

Jiménez, A. (2013). *Beneficio Económico*. La Economía. <https://laeconomia.com.mx/beneficio-economico/>

Krausmann, F., Gingrich, S., Eisenmenger, N., Erb, K. H., Haberl, H., & Fischer-Kowalski, M. (2009). Growth in global materials use, GDP and population during the 20th century. *Ecological Economics*, 68(10), 2696–2705.



<https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2009.05.007>

Kurczyn-Robledo, J. A., Kretzschmar, T., & Hinojosa-Corona, A. (2007). Evaluación del escurrimiento superficial en el noreste del Valle de Guadalupe, B.C., México, usando el método de curvas numeradas y datos de satélite. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 24(1), 1–14.

Kuenen, H. (1960). Sand. *Scientific American*. Vol. 202. No. 4. Abril U.S.A. 94-110

La Jornada. (2015). *Revisan extracción de arena en Valle de San Pedro ante denuncia ciudadana*. La Jornada Baja California. <https://www.jornadabc.mx/tijuana/30-12-2019/revisan-extraccion-de-arena-en-valle-de-san-pedro-ante-denuncia-ciudadana>

Lamas, L. (2017). *Preocupa extracción de arena en la Ruta del Vino; una década de explotación*. La Jornada Baja California. <https://www.jornadabc.mx/tijuana/01-04-2015/preocupa-extraccion-de-arena-en-la-ruta-del-vino-una-decada-de-explotacion>

Larraz, I. (2020). El Despojo Invisible: Extracción de la Extracción y el Tráfico de Arena Ponen en Riesgo a las Playas Mexicanas. *Revista Obras*, 1–13.

Ley de Aguas Nacionales, 1 (1992).

Ley de Protección al Ambiente para el estado de Baja California, 1 (2001).

Ley Federal de Derechos, Diario Oficial de la Federación 1 (1981). http://www.indautor.gob.mx/documentos_normas/leyfederal.pdf

Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, 1 (1988).

Lorax Consultores, S. A. de C. V. (2005). Manifestación de Impacto Ambiental Modalidad Particular. In *SEMARNAT*.

Magdalena Soto, F. (2009). Extracción de materiales pétreos (greña) a lo largo del cauce de la corriente hidráulica denominada arroyo La Zorra, en la Delegación La Misión, Municipio de Ensenada, BC. In *SEMARNAT*.

Melgoza, A., & Ramírez, E. (2016). *Arena. El saqueo del siglo XXI*. El Universal. <https://www.eluniversal.com.mx/articulo/periodismo-de-investigacion/2016/06/26/crece-traffic-de-arena-en-el-pais>

Millennium Ecosystem Assessment. (2005a). Estamos Gastando más de lo que poseemos: Capital Natural y Bienestar Humano, Washington DC. *World*



Resources Institute.

Millennium Ecosystem Assessment. (2005b). *Estamos Gastando más de lo que poseemos: Capital Natural y Bienestar Humano.* *World Resources Institute.*

Nava-López, M., Jujnovsky, J., Salinas-Galicia, R., & Almeida-Leñero, J. Á.-S. L. (2007). *Servicios ecosistémicos.*

Navarro-Palacios, R. A. (2004). *Aportación desde la hidrología a la gestión ambiental de la extracción de arena en el Arroyo de Guadalupe, B.C.* Colegio de la Frontera Norte, CICESE.

Nigenda Morales, R. D. (2018). *Análisis costo-beneficio para estudiar la contaminación por residuos sólidos del Cañón del Sumidero, Chiapas, México.* Universidad Veracruzana.

Notimex. (2015). *Profepa frena excavación en playas de Baja California.* El Economista. <https://www.economista.com.mx/politica/Profepa-frena-excavacion-en-playas-de-Baja-California-20150425-0009.html>

OECD. (2019). *Global Material Resources Outlook to 2060: Economic Drivers and Environmental Consequences.* In *Global Material Resources Outlook to 2060: Economic Drivers and Environmental Consequences.* https://read.oecd-ilibrary.org/environment/global-material-resources-outlook-to-2060_9789264307452-en#page19

Ordóñez, J. (2011). *¿Qué Es Cuenca Hidrológica?* *Sociedad Geológica de Lima*, 1, 1–44. http://www.gwp.org/Global/GWP-SAm_Files/Publicaciones/Varios/Cuenca_hidrologica.pdf

Osorio, J., & Correa, F. (2004). *Valoración económica de costos ambientales: Marco conceptual y métodos de estimación.* *Red De Revistas Científicas De America Latina Y El Caribe*, 7, 159–193. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=165013657006>

Pérez Valcárcel, J. (2008). *Conceptos Generales De La Mecánica Del Suelo.* *Master En Rehabilitación Arquitectónica*, 29. <https://www.udc.es/dep/dtcon/estructuras/ETSAC/Profesores/valcarcel/MaterMRHE-0809/1a-Mecanica Suelo.pdf>

Perzabal, J. A. (2020). *Preocupa extracción de arena en arroyos.* El Vigía.



<https://www.elvigia.net/el-valle/2020/9/5/preocupa-extraccion-de-arena-en-arroyos-354289.html>

- Pineda, G. (2018). *Advierten científicos sobre la explotación de la arena y sus consecuencias ambientales.* CC News. <https://news.culturacolectiva.com/mundo/crisis-de-arena-a-nivel-mundial/>
- Planeta B. (2019). *Robo de arena en playas mexicanas: un delito y catástrofe ambiental.* Planeta B. <https://www.planetab.com.mx/post/2019/02/18/robo-de-arena-en-playas-mexicanas-un-delito-y-catastrofe-ambiental>
- PNUD. (2018). *Objetivo 15: Vida de ecosistemas terrestres | PNUD. UNDP.* <https://www1.undp.org/content/undp/es/home/sustainable-development-goals/goal-15-life-on-land.html>
- Portal CCH. (2017). *¿Qué son los factores abióticos y bióticos?* Portal Académico Del CCH. <https://e1.portalacademico.cch.unam.mx/alumno/biologia2/unidad2/abioticosbioticos/queson>
- PROFEPA. (2017). *Clausura PROFEPA Banco de Extracción de Material Pétreo No Autorizado, en Baja California.* Procuraduría Federal de Protección Al Ambiente. <https://www.gob.mx/profepa/prensa/clausura-profepa-banco-de-extraccion-de-material-petreo-no-autorizado-en-baja-california>
- Ravelo-García, A., & Álvarez-Andrade, A. (2019). *Propuesta de norma técnica ambiental para la extracción de pétreos en Baja California: Caso de estudio Arroyo Las Palmas. El Topo, 10, 92–119.*
- Redacción. (2015). *Investigan presuntas anomalías en extracción de arena en Ensenada.* La Jornada Baja California. <https://www.jornadabc.mx/tijuana/03-12-2015/investigan-presuntas-anomalias-en-extraccion-de-arena-en-ensenada>
- Redacción. (2019). *Revisan extracción de arena en Valle de San Pedro ante denuncia ciudadana.* La Jornada Baja California. <https://www.jornadabc.mx/tijuana/30-12-2019/revisan-extraccion-de-arena-en-valle-de-san-pedro-ante-denuncia-ciudadana>
- Revesz, R. L. (2010). *Análisis costo-beneficio en el derecho ambiental de los*



Estados Unidos. Estudios Públicos.

<http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3280918>

Rivera, A. (2015). *Consignan a 9 por extracción de material pétreo en Ensenada*. El Universal.

<https://www.eluniversal.com.mx/articulo/estados/2015/09/27/consignan-9-por-extraccion-de-material-petreo-en-ensenada>

Rodríguez-Revelo, N. (2017). Los servicios ecosistémicos que proveen las dunas costeras de la Península de Baja California como un instrumento para la toma de decisiones. In *Ekp* (Vol. 13, Issue 3). UABC.

SEMARNAT. (2018). *¿Qué son las cuencas hidrológicas y las reservas de agua?* Secretaría Del Medio Ambiente y Recursos Naturales. <https://www.gob.mx/semarnat/articulos/que-son-las-cuencas-hidrologicas-y-las-reservas-de-agua>

SEMARNAT, Centro de educación y Capacitación para el Desarrollo sustentable, Hidrográficas, R. M. de cuencas, México, W., Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC), & Fundación Gonzalo Río Arronte. (2018). Servicios ecosistémicos. Fundamentos desde el manejo de cuencas. *Cuadernos de Divulgación Ambiental*, May, 52. www.gob.mx/inecc%0Ahttps://agua.org.mx/wp-content/uploads/2018/05/Servicios-ecosistemicos-fundamentos-desde-el-manejo-de-cuencas.pdf

Servicio Geológico Mexicano. (2020). Panorama minero del estado de Baja California. *Panorama*, 1–55. <http://www.citeulike.org/user/LNCScatalogo/article/10267752>

Servicios Ambientales Profesionales. (2009). Manifestación de Impacto Ambiental. In *SINAT. SEMARNAT*.

SIAP. (2021). Datos Abiertos. *Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera*, 2021. http://infosiap.siap.gob.mx/gobmx/datosAbiertos_p.php

UDLA. (n.d.). Materiales de construcción. In *Universidad de las Américas Puebla*.

UNEP. (2014). Sand, rarer than one thinks. *United Nations Environment Program*, 2012(March), 1–15.



https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/8665/GEAS_Mar2014_Sand_Mining.pdf?sequence=3&isAllowed=y

Uscanga Tejeda, C. (2018). *Valoración económica del agua en Valle de Guadalupe*. Universidad Autónoma de Baja California.

Vargas, S. (2021). *Mafias de arena: la extracción y venta ilegal* » *Eje Central*. Eje Central. <https://www.ejecentral.com.mx/in-principio-erat-verbum-mafias-de-arena-la-extraccion-y-venta-ilegal/>