BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

TESINA

Estructuración de una guía general para la elaboración de un estudio de línea base ambiental.

Que para obtener el título de

Licenciatura en Ingeniería Ambiental

P R E S E N T A

ANA PAOLA DÁVILA DÍAZ

DIRECTOR DE TESINA

Ing. Antonio Herrera Bonilla

Ciudad Universitaria, Puebla, 2022

Dedicatoria

A mis padres, por darme las herramientas para salir adelante, que con su esfuerzo y sacrificio me permitieron concluir esta licenciatura.

A mis hermanos, por su compañía a lo largo de mi vida.

Agradecimientos

A la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla por ser mi casa de estudios profesionales.

A la Facultad de Ingeniería Química.

A mis profesores por su guía a lo largo de este camino. Sus consejos, conocimientos, esfuerzo y dedicación han sido una pieza fundamental para mi formación académica.

Al Mtro. Antonio Herrera Bonilla por su confianza en la elaboración de este trabajo.

Contenido

1. CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN 6
1.1. ANTECEDENTES 7
1.1.1. Evolución de la contaminación ambiental 7
1.1.2. Impacto Ambiental de la industria en México 8
1.1.3. Desarrollo de la Política ambiental internacional 9
1.1.4. Evolución de los instrumentos de política ambiental para la industria en México 10
1.1.5. Evaluación de Impacto Ambiental como instrumento de gestión 12
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 13
1.3. JUSTIFICACIÓN 13
1.4. OBJETIVO GENERAL 14
1.4.1. Objetivos específicos 14
1.5. MARCO TEÓRICO 15
1.5.1. ¿Qué es una línea base ambiental? 15
1.5.2. Preparación de la línea base 15
1.5.2.1. Delimitación del área de estudio 15
1.5.2.2. Definición del alcance y el enfoque 16
1.5.2.3. Fuentes de información 16
1.5.2.4. Inventario ambiental 16
1.5.2.5. Cartografía 17
1.5.2.5.1. Mapas temáticos 19
1.5.2.6. Manejo de información geográfica 19
1.5.2.6.1. Sistemas de Información Geográfica (SIG) 19
1.5.2.6.2. ArcGis 23
2. CAPÍTULO II: IMPORTANCIA DE LA LÍNEA BASE EN TORNO AL DESARROLLO SOSTENIBLE 25
2.1. Marco conceptual 25
2.2. Dimensión ambiental 25
2.3. Indicadores ambientales 26
2.3.1. Construcción de indicadores 27
2.3.2. Experiencia de indicadores ambientales en México y el Modelo Presión-Estado-Respuesta (PER) 29
3. CAPÍTULO III: RESULTADOS 31

3.1. Presentación 31
3.2. Lista de acrónimos y siglas 31
3.3. Glosario 33
3.4. Aspectos metodológicos generales 34
3.4.1. Objetivos 34
3.4.2. Categorías de caracterización del medio ambiente 34
3.4.3. Área de estudio 35
3.4.3.1. Contexto regional 35
3.4.3.2. Contexto local 36
3.4.3.2.1. Compilación de datos en el área de estudio 36
3.4.4. Planificación del trabajo de campo 36
3.4.5. Sobre el diseño del programa de muestreo 37
3.4.6. Etapa de campo 37
3.4.7. Etapa de gabinete 38
3.4.8. Base de datos geográfica 38
3.4.9. Cartografía básica y temática 38
3.4.9.1. Recopilación de información secundaria 40
3.4.9.2. Especificaciones para la elaboración de la cartografía 41
3.4.10. Medio abiótico 42
3.4.10.1. Clima y meteorología 43
3.4.10.2. Calidad del aire 43
3.4.10.3. Ruido 44
3.4.10.4. Geología y geomorfología 44
3.4.10.5. Suelos 45
3.4.10.6. Hidrología superficial 45
3.4.10.7. Hidrología subterránea 45
3.4.10.8. Calidad del agua 48
3.4.10.8.1. Calidad del agua superficial 48
3.4.10.8.2. Calidad del agua subterránea 49
3.4.10.9. Hidrodinámica y batimetría 50
3.4.10.9.1. Mareas 50
3.4.10.9.2. Oleaje 50
3.4.10.9.3. Corrientes marinas 51

3.4.10.9.4. Batimetría 51
3.4.10.9.5. Parámetros fisicoquímicos 51
3.4.10.9.6. Sedimento marino 51
3.4.11. Medio biótico 52
3.4.11.1. Flora 53
3.4.11.2. Fauna 59
3.4.11.2.1. Anfibios y reptiles 59
3.4.11.2.2. Aves 63
3.4.11.2.3. Mamíferos 67
3.4.11.3. Ecosistemas marinos 70
3.4.11.3.1. Comunidad planctónica (fitoplancton, zooplancton e ictioplancton) 70
3.4.11.3.2. Comunidades de flora (pastos marinos, algas, fanerógamas) 72
3.4.11.3.3. Comunidad bentónica 73
3.4.11.3.4. Necton (peces) 74
3.4.11.3.5. Mamíferos, tortugas y aves marinas 75
3.4.12. Paisaje 75
3.4.13. Medio Socioeconómico y cultural 76
3.5. Redacción del informe 77
3. CONCLUSIONES 78
4. FUENTE 80

1. CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

Desde el siglo XX, en la década de 1960, se ha tenido consciencia a escala mundial de la degradación ambiental debido al desarrollo industrial y al crecimiento desmedido de la población (Carson, 1962) por ello se ha llevado a la búsqueda de acuerdos en materia ambiental como la conferencia celebrada en Estocolmo en 1972, Primera Conferencia Mundial de Medio Ambiente, que llevó a una declaración basada en principios para preservar y mejorar el medio ambiente en “beneficio del hombre y de su posterioridad” (Declaración de Estocolmo sobre el Medio Ambiente Humano, 1972).

En conjunto, se han celebrado y firmado múltiples tratados internacionales como la Cumbre de la Tierra en 1992, (Declaración de Río sobre el medio ambiente y el Desarrollo) reafirmando la declaración de 1972, La Agenda 21, la Convención sobre la Biodiversidad, la Convención sobre Cambio Climático, la Declaración de Principios sobre Ordenación, Conservación y Desarrollo Sostenible de los Bosques, entre otros. Es importante destacar que son múltiples los instrumentos internacionales que derivan de la atención a la conservación y protección de los recursos naturales a mano del hombre.

En consecuencia, a la preocupación de generar acciones para combatir la degradación ambiental, se crea el mecanismo de la evaluación de impacto ambiental como uno de los principales instrumentos de carácter preventivo para la gestión del medio ambiente, promovido y aceptado a partir de la conferencia de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente y el Desarrollo en 1992 (ONU, 1992). En México, con la formulación en 1988 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), de donde partieron varias instituciones federales de protección ambiental como la SEMARNAT y el Instituto Nacional de Ecología (INE) encargada de la protección de los ecosistemas y los recursos naturales en virtud del desarrollo sustentable (SEMARNAT, 2019).

La Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) es un instrumento que demanda la formulación de estudios técnicos (Estudios de Impacto Ambiental) que se traduce en un análisis de los posibles impactos que van a generar una

actividad en particular (Orea, Evaluación de impacto ambiental, 2013a), en este trabajo se resaltará la importancia de un estudio de línea base y en primera instancia, la construcción de una guía para estructurar el inventario ambiental, clave en el proceso de Evaluación.

1.1. ANTECEDENTES

1.1.1. Evolución de la contaminación ambiental

A lo largo de la historia de la humanidad, la acción del hombre ha pasado por distintas etapas y ha ido alterando el equilibrio sobre la naturaleza. Tales alteraciones han ido evolucionando con el paso del tiempo, desde que el hombre siendo nómada, no modificaba el equilibrio ecológico como cazador y recolector, cuando se convierte en sedentario se inicia entonces la alteración del medio ambiente gracias a la agricultura, la demanda de energía, recursos naturales, el aumento de la población, etc. Es a raíz de la Revolución Industrial (comienzos del siglo XVIII), se despierta el conocimiento de la ciencia y la tecnología con el dominio del hombre sobre la naturaleza, con el comienzo de la contaminación ambiental, la explotación de recursos naturales y el empleo de combustibles fósiles (Barrenetxea, 2003).

La contaminación ambiental tiene una larga historia, desde el comienzo de la Revolución Industrial, sus efectos se agravaron con el estallido de la Segunda Guerra Mundial, también es consecuencia de procesos sociales como el crecimiento demográfico, movimientos migratorios y la urbanización (Albert, 1995). Luego de la primera Guerra Mundial, aparecieron los fertilizantes y los pesticidas, que junto con los nuevos inventos y descubrimientos acabaron por provocar una crisis ambiental; el aire de las ciudades se enturbiaba irritando los ojos y vías respiratorias, ríos y lagos se contaminaban por las descargas de aguas residuales, poblaciones de aves morían por la acumulación de DDT en su organismo (usado desde los años 40). Es a comienzos de 1970, que se crea la Agencia de Protección Ambiental, EPA (por sus siglas en inglés) para atender los problemas ambientales generados por la contaminación ambiental, el crecimiento demográfico y la demanda excesiva de los recursos naturales (Wright, 1999).

1.1.2. Impacto Ambiental de la industria en México

El proceso productivo, muestra sus efectos en el comportamiento ambiental de las empresas, por ejemplo, tan sólo en las descargas de aguas residuales en la producción de telas, en su mayoría químicos utilizados en el proceso de teñido son difíciles de tratar, debido a la presencia de colorantes, surfactantes, sales inorgánicas y distintos compuestos químicos empleados en el proceso productivo, siendo este sector el que contribuye con alrededor del 3% de las descargas industriales en México y el 7° lugar en contaminación (CONAGUA), responsable del 10% de las emisiones de carbono global y la 2ª en el mundo, después de la industria del petróleo. La industria en México ha tomado gran importancia desde su expansión territorial, sin embargo, el manejo de recursos naturales no ha adquirido la atención que requiere, por ejemplo, en el agua.

El crecimiento industrial ha jugado un papel fundamental en el desarrollo del país, desde la década de los 40 el auge industrial en México propició un entorno territorial de gran importancia en el desarrollo económico prioritariamente por la producción de transformación del mineral hierro en acero, la siderurgia, la industria química, de los alimentos, bebidas y tabaco, la textil, calzado, etc. Sin embargo, en los años 60´s la actividad industrial tomó mayor energía en la división de fabricación de productos metálicos, eléctricos, vehículos y autopartes, industria química, refinación de metales y materiales no metálicos, con un crecimiento de 8.7% anual promedio, más que el alcanzado en los años 40´s que fue de un 6.9%. Ahora para el año de 1970, en la Cd. De México se concentraban el 32% de las manufacturas, 17.5% en el estado de México, 9.5% en Nuevo León y el restante 6.5% en el estado de Jalisco, respectivamente. En cuanto a las ramas más contaminantes se concentraron la producción eléctrica, química y la industria del petróleo; detrás de la producción de fibras sintéticas, resinas, fertilizantes, plásticos, pigmentos, pinturas y gases industriales sin dejar de mencionar a la industria del papel, hule, metalmecánica, cemento y la producción de maquinaria (SEMARNAT, 2000).

De acuerdo con el Inventario Nacional de Emisiones de GEI del 2015, México emitió 683 millones de toneladas de CO_2e (INECC, 2018), del total de estas

emisiones, tan sólo el 64% se debe a la quema de combustibles fósiles. Entre los giros industriales que más afectan la calidad del medio ambiente, se encuentran la petroquímica básica, química y la industria metalúrgica. En cuanto a la generación de residuos peligrosos en la industria nacional, los sectores de: la industria química, metalúrgica y automotriz se posicionan como los que mayor contaminación generan por la cantidad de residuos que generan, posteriormente la industria eléctrica y de alimentos.

1.1.3. Desarrollo de la Política ambiental internacional

Las políticas ambientales tienen su historia desde el siglo XX al comienzo de la década de los 70. Siendo la *Declaración de Estocolmo* (pronunciada en 1972) el referente sobre la preocupación del futuro de la Tierra y el desarrollo sostenible, estructurado en sus 26 principios.

A finales de 1970 y comienzos del año 2000 se realizan múltiples conferencias mundiales sobre el cambio climático, proponiendo acciones para combatirlo. En 1981 el consejo de administración del PNUMA emprendió acciones para generar un convenio marco mundial para la Protección de la Capa de Ozono, el *Convenio de Viena* (firmado en marzo de 1985) pretendía motivar la investigación y cooperación entre los países. Dicho convenio consta de 21 artículos y 2 anexos, así como la existencia de la Secretaría del Ozono y la Conferencia de las partes (COP) cumbre que se realiza anualmente desde 1995 en las que se fijan objetivos de lucha contra el cambio climático.

En consecuencia, en septiembre de 1987 se firmó el *acuerdo de Montreal*, entre sus objetivos fue reducir la producción y el consumo de sustancias que agotan la capa de ozono (SAO) como los gases fluorados de efecto invernadero (GFEI). Así, se crean grupos de investigación para analizar información científica sobre la reducción de la capa de ozono, concluyendo que los CFC son los responsables del agujero en la capa de ozono sobre la Antártida. Entre los gases fluorados o también llamados hidrocarburos halogenados tenemos a los clorofluorocarbonos (CFC); hidroclorofluorocarbonos (HCFC); los hidrofluorocarbonos (HFC); perfluorocarbonos (PFC); hexafluoruro de azufre (SF6) y los halones. Estos

gases poseen un mayor efecto de calentamiento por encima del CO_2. Los países se comprometieron a reducir el uso de los CFC en 20%.

Con la entrada en vigor del protocolo de Montreal en 1989 se ha logrado reducir en un 98% la producción y el consumo de los CFC. (PNUMA, 2000).

En 1992, se llevó a cabo la conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente llevada a cabo en Río de Janeiro Brasil, dando como resultado la Declaración de Río sobre medio ambiente y desarrollo, cuyos principios fueron aprobados por los Estados para lograr acuerdos internacionales respetando sus intereses y la protección del medio ambiente.

En 1997 se llevó a cabo en Kioto, Japón el encuentro en donde se ratifica la necesidad de reducción de las emisiones de GEI (CO_2, Ozono, NOx, SO_X CH_4, CFCx, SF_6) por parte de los países industrializados (excepto los EE. UU) en un 5.2% entre el período 2008-2012. Entrando en vigor en 2005, la disposición de los países más industrializados como Estados Unidos o Rusia, han sido una limitante para la reducción de emisiones de CO_2.

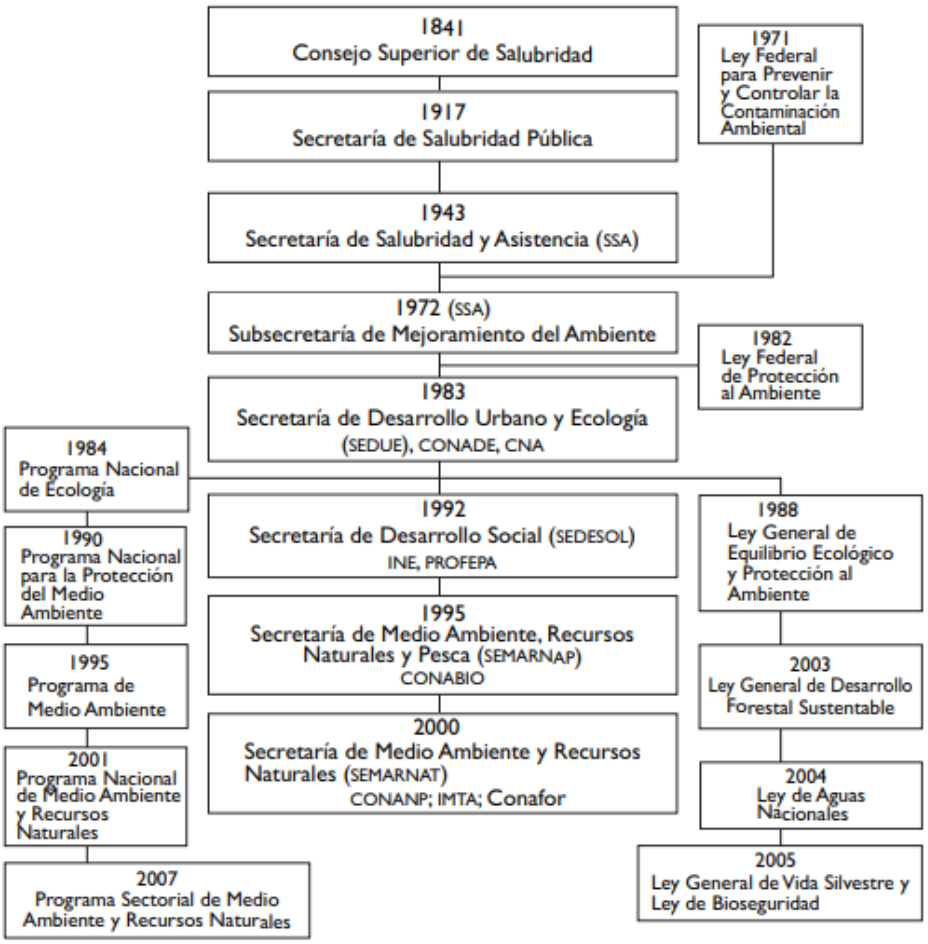
1.1.4. Evolución de los instrumentos de política ambiental para la industria en México

La política Ambiental en México, se rige por los acuerdos asumidos ante organismos internacionales como la Convención Marco sobre Cambio Climático de las Naciones Unidas (UNFCC, por sus siglas en inglés) y su evolución se puede describir en tres etapas: con la creación en 1841 del Consejo Superior de Salubridad del Departamento de México (Véase Figura 1) en dónde surgió la vigilancia de que sólo los médicos titulados ejercieran la medicina y expedir legislación con respecto a la higiene pública (Gutiérrez, 1990); en 1917 se crea la Secretaría de Salubridad Pública y la SSA (Secretaría de Salubridad y asistencia) en 1943, encargadas de dar vigilancia al cumplimiento del código sanitario, en 1971 y 1972 se crea la Ley Federal para prevenir y controlar la contaminación ambiental en materia de aire, agua y suelo, así como la Subsecretaría de Mejoramiento del Ambiente creada específicamente para dar soluciones a problemas ambientales que en ese

entonces se enfocaban a la contaminación producida por los vehículos y la industria (Valdés, Castillo, Lilo, & Santana, 2005).

Figura 1

Evolución de la gestión Ambiental en México



Nota. Tomado de (Gutiérrez, 1990)

Posteriormente en 1982, con la creación de la Ley Federal de protección al Ambiente y la SEDUE, los temas ambientales administrados por la SSA en ese tiempo, pasaron a ser dirigidos por la SEDUE y a partir de ese año la preocupación ambiental tomó mayor importancia hacia el deterioro ambiental del hombre hacia la naturaleza.

Gracias a la creación de nuevas instituciones gubernamentales también se dio la promulgación de nuevas leyes como la LGEEPA en 1988, pionera en la

legislación Ambiental mexicana. Luego, en 1992 con el cambio de SEDUE a Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL), la Subsecretaría de Ecología fue sustituida por el Instituto Nacional de Ecología y la PROFEPA, responsables de regular y vigilar el cumplimiento de la protección ambiental.

Si bien, con la promulgación de la LGEEPA se formulaban iniciativas para reglamentar la protección ambiental y es con la firma del TLCAN en la década de los 80 que aceleró el desarrollo en cuanto a la normatividad y la aplicación de la política ambiental gracias al proceso de cambio estructural que generó modificaciones en diferentes rubros, en un período corto las empresas industriales invirtieron en mejora de tecnología y gracias a la innovación en las exportaciones se reguló la conducta por parte de las empresas para disminuir el impacto ambiental que generaban por sus actividades.

Gracias a la exigencia de la regulación a los problemas ambientales se acogió la generación de tecnología como las plantas de tratamiento, sin embargo, la empresa tenía que invertir en equipos modernos que, pese a los costos, generaban grandes ingresos para la industria aumentando así las inversiones en materia ambiental (Domínguez-Villalobos & Brown-Grossman, 2007).

1.1.5. Evaluación de Impacto Ambiental como instrumento de gestión

A finales de los 60´s con la promulgación de la NEPA (*National Environmental Policy Act)* como instrumento de Política Ambiental en Estados Unidos, que reconoció por primera vez el impacto que genera la actividad humana en el medio ambiente y las consecuencias sobre el crecimiento de la población, la expansión industrial, así como la explotación de los recursos naturales (CEQ, 2007),posteriormente en 1972 con la Conferencia de Estocolmo, el tema sobre Evaluación de Impacto Ambiental cobró importancia al crearse un año más tarde, el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA, por sus siglas en inglés). Es hasta 1985 que la Unión Europea estableció los criterios de evaluación sobre los proyectos tanto públicos como privados.

La utilización de la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) comenzó en EUA a finales de la década de los 60 y luego se introdujo a otros países como instrumento preventivo de gestión ambiental que, a partir de 1988 se emplea de forma obligatoria por la UE.

1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Las actividades humanas tienen efectos directos en los ecosistemas y la biodiversidad. El crecimiento acelerado de la población tiene sus impactos en la demanda de recursos naturales, agua, energía y alimentación. Debido a la transformación de bienes y servicios, las ciudades generan gran cantidad de residuos (sólidos y líquidos), junto con emisiones a la atmósfera teniendo como efectos la contaminación del agua, aire y suelo.

Por su parte, el sector industrial brinda una fuerte estimulación económica y mejora la calidad de vida de la población. Sin embargo, es evidente que los sistemas de producción y sus niveles de consumo contribuyan al agotamiento acelerado de los recursos naturales, la degradación de los ecosistemas y el cambio climático. En el tema de salud, se estima que la contaminación industrial influye en la expectativa de vida. China por su parte, es el país número uno en emisiones de CO_2 en el Mundo (seguido por EUA e India) su esperanza de vida es 5.5 años menor (Eleanor Albert, 2016).

Determinar una *línea base ambiental* significa diagnosticar la calidad ambiental sobre el área de influencia de los proyectos y sustentada de acuerdo a la legislación ambiental correspondiente, siendo una pieza clave en el proceso de elaboración de estudios de impacto ambiental. Contar con una LBA le permitirá al promovente evaluar los impactos ambientales que pudiesen derivar de sus actividades sin que resulte culpable por daños preexistentes, evitando así costos por reparación de los mismos. En cumplimiento con los requerimientos ambientales, el estudio es el fundamento para la realización de los programas de manejo ambiental cuyos objetivos son prevenir, proteger y restaurar los impactos ambientales negativos sobre el desarrollo de un proyecto.

1.3. JUSTIFICACIÓN

El desarrollo, es un término relacionado con crecimiento, estabilidad social y modernización que involucra la participación de la actividad humana, así como de un ambiente sano.

Para remediar los efectos negativos en el ambiente debido a la actividad humana, se requiere de la aplicación de acciones, planes, programas y proyectos en virtud del equilibrio ecológico.

Un proyecto surge de una idea para resolver un problema o una necesidad y comprende tres etapas en su ciclo de vida: el *diseño*, en donde se aportan elementos para la toma de decisiones en su ejecución y terminación; *ejecución* en donde implica las etapas de construcción de obras y/o actividades, así como la operación de las mismas y *abandono;* que es la fase de culminación o de cierre. Antes de la ejecución de cualquier proyecto, se requiere de un estudio de línea base ambiental, también conocido como inventario ambiental. Dicho estudio establece la caracterización de la zona de emplazamiento del proyecto, pero de manera preliminar, priorizando aquellos factores ambientales que pudieran verse afectados por su ejecución.
Es por ello, que en el presente trabajo se elaborará una guía para realizar un estudio de línea base ambiental que servirá como una herramienta de ayuda para administrar la información correspondiente a la zona en dónde se llevarán a cabo las obras y/o actividades de ejecución de un proyecto, con la correcta caracterización de los elementos del medio ambiente presentes.

1.4. OBJETIVO GENERAL

Desarrollar una guía general para la elaboración de una línea base ambiental previa al inicio de actividades de un proyecto.

1.4.1. Objetivos específicos

a. Identificar metodologías para descripción de sitios de estudio
b. Definir las metodologías para describir la calidad de los diferentes componentes ambientales.

c. Describir el uso del mecanismo técnico para la documentación y presentación del estudio de línea base.

1.5. MARCO TEÓRICO

1.5.1. ¿Qué es una línea base ambiental?

Una línea base es un estudio que nos permite contextualizar un panorama general sobre el medio preexistente al proyecto receptor de los impactos que este genere (MINAM, 2018). Entre sus principales características, se encuentran:

a) Recopilan información acorde al contexto del proyecto.
b) Muestran la situación inicial del escenario en el que se instalará el proyecto.
c) Constituyen uno de los pilares estructurales en los estudios de impacto ambiental.
d) Su alcance y extensión deberán estar enfocados con la naturaleza e impactos potenciales del proyecto.

1.5.2. Preparación de la línea base

Luego de haber identificado las etapas del ciclo de vida del proyecto, los estudios de línea base se contemplan posterior a la etapa de formulación del proyecto, antes de su ejecución.

1.5.2.1. Delimitación del área de estudio

El área de estudio es la superficie donde se llevará a cabo la caracterización del medio ambiente en cada uno de sus elementos con el objetivo de lograr una adecuada identificación de las condiciones ambientales en dicha área.

En su descripción se involucran dos conceptos, el área de influencia y el área del proyecto. El área de influencia se entiende como el espacio físico en la cual se manifiestan los impactos ambientales directos e indirectos (ocasionados por la ejecución de un proyecto) sobre los medios biótico, abiótico y

socioeconómico, siendo una de las partes clave en el procedimiento; el área del proyecto se define como el sitio dónde se establecen las obras y/o actividades de la empresa; el área de estudio contempla el área de influencia y el área del proyecto.

1.5.2.2. Definición del alcance y el enfoque

Considerando que la línea base será utilizada para evaluar los posibles impactos ambientales de un proyecto, su alcance y enfoque deberá estar acorde con la naturaleza y la identificación de los impactos potenciales del mismo.

1.5.2.3. Fuentes de información

Para la elaboración de estudios en el contexto de los proyectos, se requiere de la consulta de fuentes de información, es decir, de aquellos recursos que contienen datos. En un estudio de línea base ambiental, se recurren a fuentes primarias y secundarias, principalmente.

Las *fuentes secundarias* de información contienen datos sintetizados, disponibles en documentos (informes, estadísticas, mapas). Las *fuentes primarias* son las que provienen de información original, permiten tomar la información necesaria que no se encontró en las fuentes secundarias. Algunos ejemplos de estas fuentes son: tesis, libros, artículos de revista, encuestas, entrevistas, trabajos en grupo, toma de muestras, análisis de laboratorio, recorridos de campo en equipos (Elisa Maritza Linares Guerra, 2021).

1.5.2.4. Inventario ambiental

El inventario ambiental corresponde a la descripción del ambiente receptor de impactos en el cual se insertará el proyecto.

Se realiza la recopilación de información relacionada con el medio preexistente en el cual se insertará el proyecto antes de su ejecución, lo que facilitará el pronóstico de identificación de impactos. Dicha caracterización requiere una búsqueda exhaustiva de fuentes de información, como estudios existentes en la zona, visitas de campo, análisis de laboratorio, etc.

La división que comprende la descripción del medio ambiente se rige por:

1) Medio abiótico (físico): contiene al clima, aire, agua, suelo
2) Medio biótico: flora y fauna
3) Y el medio socioeconómico y cultural

Consideraciones generales

En primera instancia, el grado de detalle de la información deberá guardar relación con el tipo y magnitud del proyecto, en el caso de que la información disponible no proporcione elementos para caracterizar el ambiente, se recomienda que esta no se considere.

En términos generales, la descripción del ambiente deberá contener:

a) La descripción del estado del lugar y de sus condiciones ambientales antes de la realización de obras y/o actividades.
b) Delimitación y descripción cartográfica de la zona de emplazamiento del proyecto.
c) Descripción de las interacciones ecológicas

Es importante señalar que la integración de información y su grado de profundidad requiere de grandes esfuerzos teóricos y metodológicos para la conducción de la investigación de diversos ámbitos, como el ecológico, social, económico y político, siendo capaz de diseñar, plantear, desarrollar opciones de solución a los problemas ambientales.

1.5.2.5. Cartografía

La cartografía es la ciencia que estudia los métodos y criterios de representación espacial de la superficie terrestre por medio de mapas. Un ***Mapa*** es una representación sobre un plano con una relación de similitud llamada escala que constituye la entrada más importante de los SIG.

En cartografía, la ***escala*** es muy importante. Se refiere a la proporción de una distancia en el mapa a su correspondiente distancia en el terreno (Dale A. Quattrochi, 1997). Todos los mapas, planos y cartas están elaborados a escala. Dada por la expresión:

$$E = \frac{dimensión\ en\ el\ mapa}{dimensión\ en\ el\ terreno} = \frac{representación\ en\ el\ papel}{contenido\ en\ el\ terreno} \quad (1)$$

La escala se representa de dos formas:

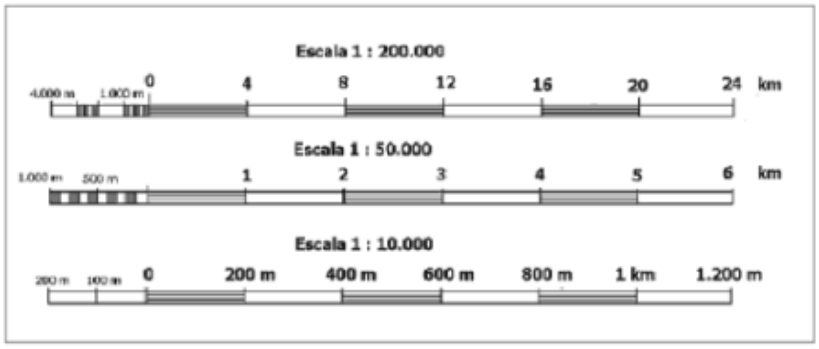
1) Escala numérica o fracción

Ejemplo: $\frac{1}{20\ 000}$; $1{:}\,20\ 000$

2) Escala gráfica: Segmento de recta graduado según la realidad (km, m) dividido en *n* partes iguales. En mapas de escala grande suele colocarse una recta más pequeña llamada *talón* hacia la izquierda del origen, subdivida en décimas partes de la unidad (véase Figura 2). Para realizar una medida, se traslada a la escala gráfica (mediante compás, regla u hoja de papel) la distancia obtenida sobre el plano de tal manera que coincida nuestra medida con la división entera de la escala gráfica y sobre el talón el número de decimales restante.

Figura 2

Escala numérica y gráfica



Nota. Tomado de (Hernández, 2011)

La selección de la escala apropiada condiciona el nivel de detalle de los objetos a representar (véase tabla No.1).

Tabla 1

Relación entre los niveles de información requeridos y escalas de trabajo

Niveles de relevamiento y planificación	Escalas de trabajo y publicación de mapas	Escalas de fotografías aéreas/Imágenes satelitales	Propósitos
Exploratorio o esquemático	1:1 000 000 1:500 000	1:500 000	A Nivel internacional, Nacional y local
Reconocimiento	1:500 000 1:100 000	1:500 000 1:250 000 1:100 000	
Semidetallado	1:100 000 1:20 000	1:100 000 1:50 000 1:20 000	A nivel Provincia-Departamento
Detallado	1:20 000 1:5 000	1:20 000 1:10 000 1:5 000	A nivel de municipio, fincas y predios.

Nota. Fuente: Tomado de (Apuntes de cartografía, 2010)

Mapas topográficos (incluyendo planos y mapas geográficos: Atlas). Son mapas de uso general, suelen constituir la base para los mapas temáticos. Se distinguen tres categorías de escala:

Escala grande	de 1:1 250 a 1:25 000
Escala mediana	de 1:25 000 a 1:200 000
Escala pequeña	> 1:200 000

1.5.2.5.1. Mapas temáticos

Elaborados para fines especiales, son capaces de mostrar la representación gráfica de características y/o relaciones espaciales. En su construcción, se utiliza un mapa geográfico como base, sobre el cual se diseña el contenido temático objeto de estudio. Mapas de suelos, meteorológicos, de temperaturas medias anuales, demográficas, son algunos ejemplos.

1.5.2.6. Manejo de información geográfica

La complejidad de los impactos ambientales requiere cada vez más atención en el análisis de información mediante el manejo geográfico.

1.5.2.6.1. Sistemas de Información Geográfica (SIG)

Existen diferentes herramientas digitales especializadas en el tratamiento de información proveniente de diversas disciplinas como la geografía, biología, ciencias ambientales, economía, etc.

Los SIG son de gran utilidad al servir como soporte en la descripción e interpretación de la información ambiental al introducir una base de datos específica para el manejo y análisis en forma georreferenciada. Los datos que son introducidos al sistema son variados, por ejemplo: temperatura, número de habitantes, número de especies de árboles, etc. La información generada es el resultado del procesamiento de los datos siendo, el análisis de dispersión de contaminantes para determinar su grado de afectación, un ejemplo de ello.

Ventajas de la utilización de los SIG

Al ser un sistema automatizado posee ciertas ventajas:

- ✓ Posee capacidad de almacenamiento de múltiples datos, como la topografía, agua, cobertura vegetal y uso de suelo, entre otros.
- ✓ Permite la manipulación de datos
- ✓ Realizar operaciones de superposición de mapas
- ✓ Los datos pueden ser fácilmente extraídos

Sistema de coordenadas. Todos los elementos del mundo pueden definirse por su posición, para representar la ubicación de un punto sobre la superficie terrestre se utilizan los sistemas de coordenadas (Albert Botella Plana, 2011). En los SIG se utilizan principalmente dos sistemas de coordenadas (geográficas o proyectadas), véase tabla 2.

Tabla 2

Sistemas de coordenadas en los SIG

Sistema de coordenadas	Descripción	Elementos

Geográficas	Utiliza una esfera tridimensional para definir localizaciones sobre la superficie terrestre mediante dos ángulos medidos desde el centro de la Tierra (latitud y longitud)	Latitud (α) Medido a lo largo del ecuador desde cualquier punto de la Tierra con respecto a un meridiano principal (de Greenwich) Longitud (β) Medido desde el centro de la Tierra hacia el norte entre el Ecuador y un punto considerado
Proyectadas	La localización de las coordenadas (x, y) se realiza con respecto a una malla con centro en el origen, sobre una superficie plana	x (eje horizontal) y (eje vertical)

Nota. Adaptado de: Albert Botella Plana, A. M. (2011). Introducción a los sistemas de información geográfica y geotelemática. Barcelona: UOC.

Proyecciones cartográficas. Una proyección cartográfica es una representación geométrica de la superficie de la Tierra en una superficie plana. La proyección de Mercator es una de las más utilizadas.

Clasificación de los datos

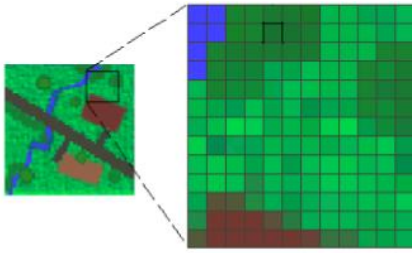
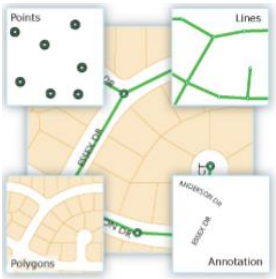
a) Primarios: Aquellos colectados en formatos digitales específicos para usarlos en los SIG, como las imágenes de satélite, ortofotos y puntos GPS.

b) Secundarios: Son los encontrados en formatos digitales capturados para otro objetivo y requieren ser convertidos en un formato específico para ser utilizados en el SIG. Mapas digitalizados, toponimia, modelos de elevación son algunos ejemplos.

Representación de datos. La forma en que se organizan los datos puede ser de tipo ráster o vectorial, descritos en la tabla no.3.

Tabla 3

Tipos de modelos de datos

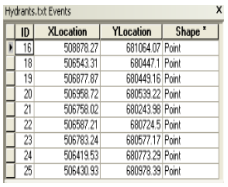
Fundamento	Modelo de datos	
	Ráster	Vectorial
Descripción	Consiste en una malla rectangular de pixeles (o celdas de la cuadrícula), dónde cada uno presenta una cualidad para modelar un aspecto del medio	La información es almacenada en objetos geométricos (entidades) definidos por sus coordenadas geográficas, de tipo: puntos, líneas y polígonos
Atributos	Modelo que integra datos de satélite	Mapas de calidad
Extensión	jpg, png, tiff,gif, bmp, etc.	shp, dgn, dwg, dxf y dlg
Ejemplo	Cualquier tipo de imagen digital	GPS
Representación		

Nota. Adaptado de ESRI, Environmental Systems Researchs Institute, Inc. www.desktop.argis.com

Representación de información geográfica *(véase Tabla No. 4).*

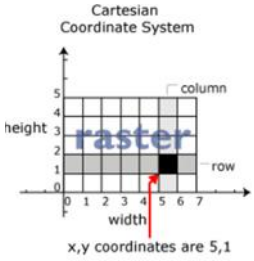
Tabla 4

Representación de información geográfica en los SIG

Representación	Características	Componentes	Ejemplo
Entidades	Objetos ubicados en la superficie terrestre Límites y extensión espacial se hallan relativamente definidos	*Puntos* Definidos en función de su ubicación geográfica (coordenadas)	Coordenadas GPS, ubicaciones de pozos, etc.
		Líneas Ubicaciones estrechas que simbolizan longitud de superficies continuas	Carreteras, calles principales, límites administrativos, etc.
		Polígonos Áreas descritas mediante una forma cerrada	Delimitación de predio, tipos de suelo, etc.
Atributos	Información descrita mediante simbología, colores y etiquetas organizada mediante tablas que permiten visualizar, consultar y analizar datos.	Constituidos por: a) filas (registros) b) columnas (campos), almacenando un tipo de datos (número, fecha, texto)	 Fuente: ESF

Hydrants.bit Events

ID	XLocation	YLocation	Shape *
16	508878.27	681064.07	Point
18	508543.31	680447.1	Point
19	508877.87	680449.16	Point
20	508958.72	680539.22	Point
21	506758.02	680243.98	Point
22	508587.21	680724.5	Point
23	506783.24	680577.17	Point
24	506419.53	680773.29	Point
25	506430.93	680978.39	Point

Imágenes	Las imágenes en los SIG se administran de tipo ráster (matriz de celdas organizadas en filas y columnas, expresado en un sistema de coordenadas cartesianas)	Los valores de cada celda son la representación numérica de un parámetro físico	

Nota. Adaptado de ESRI, Environmental Systems Researchs Institute, Inc. www.desktop.argis.com

1.5.2.6.2. ArcGis

Cada versión de Arc Gis incluye algunas aplicaciones o módulos (Tabla 5), que se abren desde el menú inicio de Windows.

Tabla 5

Módulos de Arc Gis

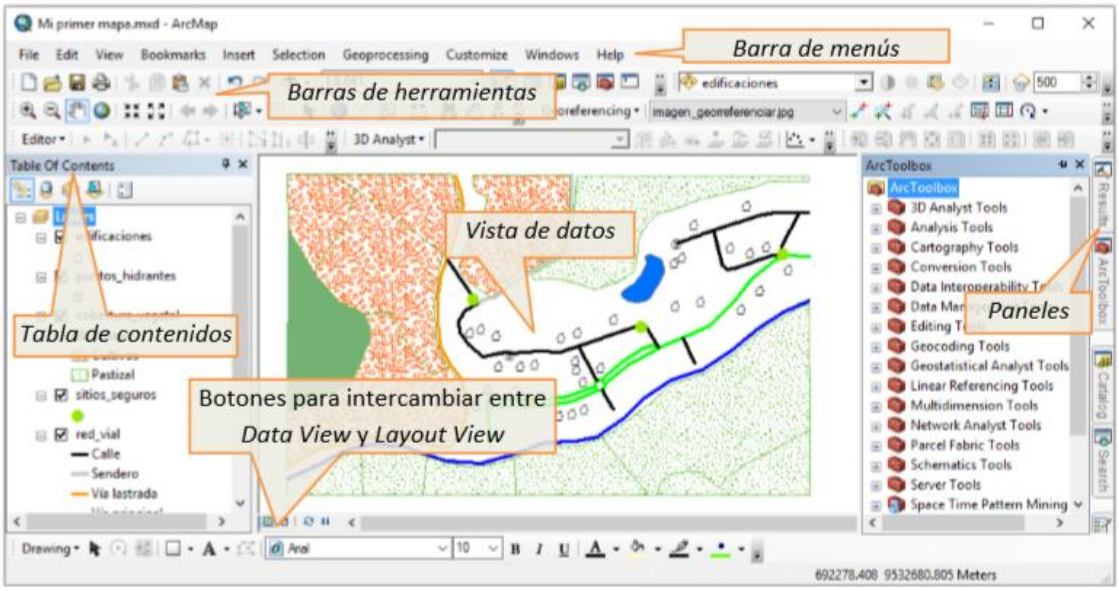
Módulo	Funciones
ArcMap	Aplicación central de ArcGis. Permite la visualización y manipulación de datos
ArcCatalog	Realiza conexiones con bases de datos externas
ArcToolBox	Realiza operaciones de procesamiento de información geográfica (análisis de datos, conversión de formatos, creación de herramientas personalizadas
ArcScene	Permite la visualización de datos en 3D

Nota. Adaptado de (UAM, 2011, pág. 5)

ArcMap. En la siguiente imagen se representa la ventana principal de ArcMap, módulo principal de ArcGis (véase Figura 3).

Figura 3

Vista de la ventana principal de ArcMap.



Nota. Tomado de (Franz Pucha, 2017)

Contenido:

- Barra de menús
- Barra de herramientas (puede personalizarse desde el menú *Customize*)
- En la tabla de contenido se encuentran los nombres de las capas de información geográfica presentadas en el mapa junto con su simbología.
- *Data View* (Vista de datos) y *Layout View* (vista de composición del mapa).
- Del lado derecho se localizan los paneles

2. CAPÍTULO II: IMPORTANCIA DE LA LÍNEA BASE EN TORNO AL DESARROLLO SOSTENIBLE

2.1. Marco conceptual

Como ya se ha descrito anteriormente, a partir de la conferencia de las Naciones sobre el Medio Ambiente de 1972, se denotó la preocupación internacional sobre problemas del medio ambiente y del desarrollo.

Es entonces que el término de desarrollo sostenible surge años más tarde en 1987, como consecuencia del informe de la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo bajo la dirección de la Dra. Gro Harlem Brundtland, y titulado *"Nuestro Futuro Común"* también conocido como el "*Informe Brundtland"*, de forma conceptual se cita que "el concepto de desarrollo sostenible implica limitaciones impuestas sobre los recursos ambientales y sobre la capacidad de la biosfera de absorber los efectos de las actividades humanas". Su estudio, se impulsó desde el foro de la Cumbre de la Tierra, en dónde se plantearon acuerdos y convenciones a futuro para minimizar problemas como el cambio climático.

Es evidente que el desarrollo industrial brinda una mejor calidad de vida gracias a la activación de la economía mundial. Sin embargo, su impacto directo sobre la naturaleza se produce por la ocupación del espacio, el empleo de los recursos naturales y la generación de residuos.

2.2. Dimensión ambiental

Retomando el concepto de desarrollo sostenible, conviene considerar la definición de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente (1972): *"El medio ambiente es el conjunto de componentes físicos, químicos, biológicos y sociales capaces de causar efectos directos o indirectos, en un plazo corto o largo, sobre los seres vivos y las actividades humanas".*

Para efectos de este apartado debemos comprender que el término medio ambiente incluye todos los factores inorgánicos (abióticos) y orgánicos (abióticos), de los cuales dependen el desarrollo de los seres vivos. Existe una

sinergia entre el desarrollo, la vida humana y la naturaleza cuyo objetivo debería ser el mejoramiento de la calidad de vida mediante la eficiencia productiva en función de la preservación de los recursos naturales (Ávila, 2018).

Está demostrado que la calidad del medio ambiente es parte indispensable para la salud humana y el desarrollo sostenible. La definición, alcanza una dimensión concreta en el establecer un equilibrio entre el bienestar humano, el bienestar ecológico y sus interacciones tal como lo presenta la Agenda 21: “los seres humanos constituyen el centro de las preocupaciones para un desarrollo sostenible, tienen derecho a una vida saludable y productiva, en armonía con la naturaleza”. La actividad humana ha afectado cada rincón del planeta, la población mundial ha crecido de manera exponencial por lo que su consumo ha aumentado considerablemente. En países desarrollados la población ha crecido lentamente, sin embargo, los niveles de consumo per cápita han aumentado de tal manera que generan presión sobre el medio ambiente. El crecimiento poblacional tiene lugar en los países en vía de desarrollo, su consumo también ha ido en aumento a razón del mejoramiento en su nivel de vida. Las condiciones en las que se encuentra el medio ambiente son un indicador de la calidad de los ecosistemas, la biodiversidad y la salud humana. Es por ello que el desarrollo económico y social debe tener su enfoque hacia la *sostenibilidad* para lograr satisfacer las necesidades básicas de la humanidad.

2.3. Indicadores ambientales

A finales de 1980, se inicia el desarrollo tanto de los indicadores ambientales como de desarrollo sostenible, en Canadá y algunos países de Europa. Luego con la Cumbre de la Tierra (Agenda 21) estipuló la necesidad de contar con información ambiental e indicadores de desarrollo sostenible para monitorear el avance en el desarrollo sostenible. Por su parte, la Conferencia de Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y el Desarrollo pronunciada en Río de Janeiro, creó la Comisión de Desarrollo Sostenible (CDS), organismo encargado del avance de las actividades encaminadas hacia el desarrollo sostenible. A partir de los compromisos que asumen los gobiernos en la Agenda 21, comienza a cobrar más espacio en las políticas públicas y en la agenda de los ministerios

de medio ambiente y organismos estadísticos en los países. De manera conceptual, la AEMA *(Agencia Europea del Medio Ambiente)* define a un indicador como un valor observado representativo de un fenómeno dado que simplifica la información y la facilitación de datos. Por su parte, el Ministerio del Ambiente de Canadá describe a un *indicador ambiental* como un parámetro que, monitoreado a través del tiempo, proporciona información de la tendencia o las condiciones del estado del ambiente, la sustentabilidad de los recursos naturales y la relación con las actividades humanas (Environmental Canadá, 1996).

Figura 4

Principales objetivos y características de los indicadores ambientales

INDICADORES AMBIENTALES	
OBJETIVOS	**CARACTERÍSTICAS**
1 Evaluar el progreso ambiental. 2. Integrar mejor las preocupaciones ambientales en las políticas sectoriales. 3. Integrar mejor las preocupaciones ambientales en la política económica.	1. Deben ser fáciles de interpretar 2. Ofrecer una visión de las condiciones ambientales 3. Relacionarse con sistemas de información, modelos económicos y/o desarrollo

Nota. Adaptado el 02 de enero del 2021 de: https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/indicadores_2011/conjuntob/00_conjunto/marco_conceptual.html

Algunos ejemplos de indicadores ambientales que nos permiten valorar el impacto ambiental de una empresa:

- Biodiversidad y número de especies en peligro
- Densidad de población
- Disminución del suministro de agua en una región específica
- Cantidad de agua utilizada por día

2.3.1. Construcción de indicadores

La utilización de indicadores ambientales dispone de información confiable en las tres dimensiones integrantes del desarrollo Sostenible (Medio ambiente, Dimensión Social y Económica) tal que contribuyen a interpretar las condiciones y tendencias de la sociedad con su entorno natural que, se construyen de acuerdo al contexto en el cual son formulados.

La utilización de indicadores es una forma en la que se miden los impactos ambientales. La construcción de la línea base depende de la información obtenida en los ámbitos, social, económico y ambiental (específica de cada región) sintetizándose en indicadores, permitiendo interpretar un proceso en particular de una forma más sencilla y sistemática.

El contenido de la siguiente tabla (*véase tabla 6*), representa algunos indicadores generales, que por definición son descritos a continuación:

Tabla 6

Principales indicadores de la calidad del agua

Tema	Indicador ambiental	Descripción del indicador
Calidad del agua	DBO_5	Indica la demanda de oxígeno requerido por las bacterias para degradar la materia orgánica en un período de 5 días (20ºC, pH neutro). DBO > 5 ppm (mayor contaminación orgánica)
	DQO	Mide la cantidad de materia susceptible de oxidación química, utilizando un agente oxidante químico (dicromato potásico o permanganato potásico) en un medio ácido.
	SST (Sólidos Suspendidos Totales)	Mide la cantidad de sólidos sedimentables, sólidos y materia orgánica en suspensión.
	Coliformes fecales	Su presencia nos indica contaminación del agua por residuos fecales. Se utiliza el método del NMP (Número Más Probable) a 44.5 $\pm$ 0.2ºC (24-48 hrs.) capaz de fermentar la lactosa con formación de gas, turbiedad y ácido en medio de cultivo que

	contenga sales biliares.

Nota. Elaboración propia

A pesar de que no existe un procedimiento estandarizado para la construcción de indicadores ambientales, los países e iniciativas ordenan sus indicadores de acuerdo a sus necesidades y prioridades en un esquema simple de tema y subtemas lugar. En primer lugar, se opta por definir los objetivos y los alcances del sistema de indicadores, luego se estructuran y seleccionan los temas. Posteriormente se revisan las experiencias a nivel internacional y nacional para después desarrollar la propuesta de los indicadores, que finalmente es revisada y probada.

2.3.2. Experiencia de indicadores ambientales en México y el Modelo Presión-Estado-Respuesta (PER)

La experiencia de México en cuanto a indicadores ambientales se refiere, comienza en 1993 con la participación del Instituto Nacional de Ecología en el taller Norteamericano de Información Ambiental, en conjunto con la Agencia de Protección Ambiental de Canadá y la EPA. El estudio "*An Approach towards Environmental Indicators for Mexico 1994"* resultado de la reunión, estableció el principio hacia el desarrollo de indicadores ambientales en México, junto con la creación en 1994 de la SEMARNAP, ahora SEMARNAT (Martínez, 2007).

Existen varios modelos para la formulación de indicadores, en México el esquema *Presión-Estado-Respuesta* es uno de los más utilizados. Se define como una herramienta analítica que emplea la información sobre el medio ambiente y los recursos naturales basándose en el conjunto de interrelaciones causa-efecto (OCDE, 2001). En este modelo se identifican las condiciones en las que se encuentran los recursos naturales, las acciones antropogénicas que ejerce el hombre sobre estos recursos mediante el cambio de la calidad y cantidad de los mismos (tabla 7) y las respuestas que proporciona el gobierno para atender la problemática mediante políticas ambientales, económicas y sectoriales. La SEMARNAT, en colaboración con el INEGI y otras dependencias han llevado a cabo un trabajo de investigación en relación a indicadores ambientales, los temas más discutidos han sido: agua, atmósfera, biodiversidad y residuos.

1. **Indicadores de Presión.** Describen las acciones (presiones) económicas, sociales, demográficas, políticas y productivas que modifican el medio ambiente debido a las actividades humanas. Estas presiones pueden ser directas (inmediatas) e indirectas.
2. **Indicadores de Estado.** Mide las condiciones en las que se encuentra el medio ambiente en función de la calidad y la cantidad de los recursos naturales y su evolución a lo largo del tiempo.
3. **Indicadores de respuesta.** Reflejan las acciones de política (nacional, regional y local) de los niveles de gobierno para prevenir o revertir el daño ambiental incluyendo acciones para su preservación y conservación; por ejemplo, la declaración de ANP (Área Natural Protegida).

Tabla 7

Indicadores de presión y de estado propuestos para diversas temáticas

Tema	Indicador de presión (P)	Indicadores de estado (E)
Contaminación del aire	Emisión de contaminantes (CO_2, Hidrocarburos, COV`s, NO_x, SO_x, etc.)	Concentración de partículas y gases contaminantes en la atmósfera.
Contaminación del agua	Descargas de aguas residuales en cuerpos de agua	Concentración de metales pesados, N, F. DBO, DQO.
Contaminación del suelo	Uso excesivo de fertilizantes y plaguicidas, vertido incontrolado de desechos.	Degradación del suelo, acidificación.
Residuos	Generación de residuos peligrosos (municipales, industriales, etc.)	Degradación de la calidad del agua y el suelo.
Uso irracional de los recursos naturales	Industrialización, deforestación	Cambio climático, contaminación del agua, aire, suelo. Pérdida de la biodiversidad.

Nota. Elaboración propia

En términos generales, los indicadores ambientales son de gran utilidad en la planeación y toma de decisiones, constituyen parte de la línea base del proyecto, nos informan sobre el estado del medio ambiente, permitiéndonos medir su desempeño y pronosticar cambios en la calidad ambiental.

3. CAPÍTULO III: RESULTADOS

Metodología del estudio de Línea Base Ambiental

3.1. Presentación

La línea base se entiende como la caracterización inicial de la zona de emplazamiento del proyecto, se basa en la descripción de las interacciones ecológicas vinculadas con los impactos directos e indirectos sobre su dimensión ambiental (población, flora, fauna, suelo, aire, agua, ruido, etc.).

Este estudio comprende la descripción del estado del lugar y de sus condiciones ambientales antes de la realización de obras y/o actividades, así como la identificación, cuantificación, delimitación y descripción cartográfica del territorio afectado por el proyecto, tomando en cuenta las actividades ya preexistentes.

El objetivo de esta guía es proporcionar una metodología para la caracterización de los factores ambientales que, de acuerdo a la naturaleza del proyecto se definen en extensión y alcance. La guía es el resultado de la revisión e investigación de fuentes bibliográficas disponibles públicamente, aplicable a todos los sectores productivos en conjunto con su normatividad vigente. Brinda información sobre los lineamientos que, de forma general, permiten contextualizar los posibles impactos sobre el medio ambiente, facilitando el proceso de la toma de decisiones al promovente del estudio.

El marco conceptual en que se desarrolla esta guía, pretende proporcionar una visión global de los elementos del medio ambiente susceptibles a ser impactados sobre el área de estudio. La planificación y desarrollo de las actividades del proyecto requiere de una amplia investigación previo a su instalación, por lo que en el proceso se desarrollará un análisis global sobre su medio físico con la utilización de los Sistemas de Información Geográfica (SIG), ofrecidas por la herramienta ArcGIS 10.5.

3.2. Lista de acrónimos y siglas

CENAPRED: Centro Nacional de Prevención de Desastres

CITES: Convención sobre Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestre

CLICOM: Climate Computing Project. Sistema de software de manejo de datos climatológicos desarrollado por las Naciones Unidas.

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

CONACYT: Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología

CONAFOR: Comisión Nacional Forestal

CONAGUA: Comisión Nacional del Agua

GPS: Global Positioning System (Sistema de Posicionamiento Global, por sus siglas en inglés)

INECC: Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático

INEGI: Instituto Nacional de Estadística y Geografía

INIFAP: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias

IUCN: International Union for the Conservation of Nature

SADER: Secretaría de Agricultura y desarrollo Rural (antes SAGARPA)

SEDATU: Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano

SEMARNAT: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales

SGM: Servicio Geológico Mexicano

SMN: Servicio Meteorológico Nacional

SNIARN: Sistema Nacional de Información Ambiental y Recursos Naturales

UNAM: Universidad Autónoma de México

WGS84: World Geodetic System 1984, por sus siglas en inglés.

3.3. Glosario

Arborescente: Que llega a tener el aspecto o tamaño de un árbol.

Batimetría: Medición de las profundidades marinas.

Biodiversidad: Variedad de formas en las que se presenta la vida. Comprende cuatro niveles: los genes, las poblaciones, las especies y los ecosistemas

BTEX: Abreviatura de los hidrocarburos aromáticos: benceno, tolueno y xileno

Componente ambiental: Aspectos que constituyen un medio (abiótico, biótico o socioeconómico) por ejemplo, hidrología, fauna, etc.

Diversidad alfa: Expresa el número total de especies en una localidad en particular

Diversidad beta: Grado de cambio o reemplazo en la composición de especies entre diferentes comunidades en un paisaje. Se calculan a partir de datos cualitativos (presencia/ausencia de especies) o de cuantitativos (índices).

Diversidad gamma: Riqueza total de especies existente en un área mayor.

Ecosistema: Es la suma de los elementos bióticos y abióticos de una región particular en el planeta.

Escala: Propiedad cuantitativa de los datos que otorga precisión topográfica, se calcula comparando la distancia sobre el mapa y la distancia sobre el terreno (denominador de la escala).

Factores ambientales: Conjunto de elementos del medio ambiente susceptibles de ser modificados por el hombre, por ejemplo, calidad del aire.

Fitoplancton: Algas microscópicas que viven suspendidas en la columna de agua.

Forcípula: Instrumento para la medición del diámetro del tronco de los árboles, graduada en mm, cm, y m.

Geodatabase: Modelo de almacenamiento geográfico de datos.

Medio: División general que se realiza del ambiente para su análisis. Corresponde al abiótico, biótico y socioeconómico

Trabajo de campo: Actividades realizadas para la recolección de datos en función con los requerimientos técnicos del proyecto.

3.4. Aspectos metodológicos generales

En este capítulo se desarrolla la estructura de la guía para la caracterización general de una línea base ambiental, partiendo de la definición y delimitación del área de estudio y posterior desarrollo de los componentes del medio.

Cabe aclarar, que esta guía está diseñada con el fin de indicar como se recopila la información y la manera de presentarla. En función del tipo de proyecto, obra o actividad se debe tomar los requerimientos establecidos en esta metodología. En el caso de emplear métodos más específicos, se requiere de la revisión de procedimientos, técnicas, normatividad, entre otras fuentes de consulta.

3.4.1. Objetivos

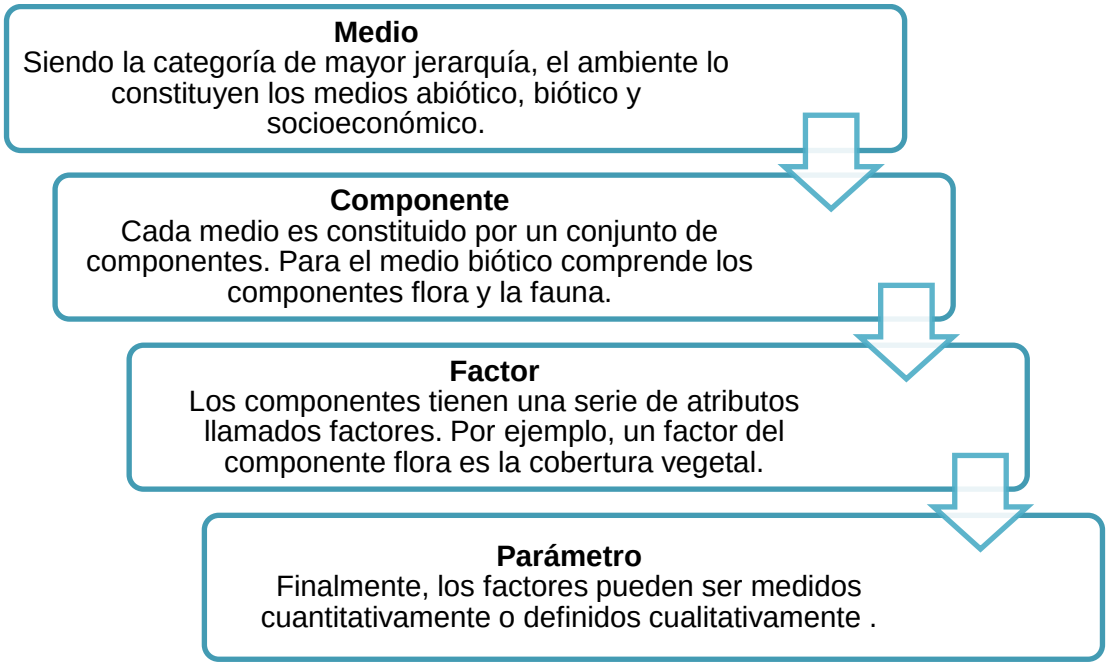
En el desarrollo de un trabajo de línea base se deberá especificar los objetivos, las principales obras y/o actividades que comprende, área y/o región donde se ubica, así como los principales impactos ambientales (considerando los medios biótico, abiótico y socioeconómico) en el área de influencia del proyecto.

3.4.2. Categorías de caracterización del medio ambiente

Con el propósito de brindar una mejor calidad en la descripción del medio ambiente de la mejor forma posible y de facilitar la elaboración, presentación y análisis del estudio de línea base ambiental, se debe realizar la caracterización utilizando la siguiente jerarquía (Figura 5):

Figura 5

Jerarquía de caracterización de los elementos del medio ambiente



Nota. Adaptado de: (MINAMBIENTE, 2018)

3.4.3. Área de estudio

Corresponde a la zona geográfica en dónde se desarrolla el levantamiento de la información del estudio de línea base ambiental.

Para su desarrollo se deberá contar con una descripción conceptual del proyecto y de manera general, del área donde se emplazaría.

3.4.3.1. Contexto regional

Para la caracterización de la LBA se requiere de una investigación bibliográfica, generalmente de fuentes secundarias de información (censos, estadísticas oficiales, estudios previos, etc.), cuando no existen dichas fuentes se recurre a fuentes primarias. A partir de la información disponible en medios de consulta pública, se consideran las siguientes fuentes principales:

- Registros del INEGI
- Datos de la CONABIO
- SEMARNAT
- Secretaría de Marina
- CONAFOR

- Secretaría de Comunicaciones y Transporte (SCT)
- CONAGUA
- CONAMP (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas)
- Agencia de Protección Ambiental (EPA, por sus siglas en inglés)
- Instituciones educativas de investigación, como la UNAM
- Información local, regional y nacional.
- Sistema Nacional de Información Ambiental y Naturales Recursos

3.4.3.2. Contexto local

A partir de la información consultada en el contexto regional, se realiza una revisión bibliográfica a nivel local de cuyos datos constituirán los antecedentes del estudio.

3.4.3.2.1. Compilación de datos en el área de estudio

A través del reconocimiento del área y de recorridos previos en campo se identifican puntos de interés para el diseño de los sitios de muestreo. La información deberá ser representativa del área a caracterizar.

a) Delimitación geográfica del polígono o polígonos de estudio
b) Información geográfica y física del territorio (estacionalidad climática, vegetación, hidrografía, relieve, etc.)
c) Ubicación geográfica de las estaciones de muestreo definidas.
d) Imágenes de satélite (escala 1:5000 hasta 1:125 000), fotografías aéreas.
e) Principales actividades económicas de la región.
f) Servicios disponibles e infraestructura existente.

3.4.4. Planificación del trabajo de campo

Se realiza definiendo y priorizando todas las actividades propuestas por el equipo de trabajo, que dependerá del tipo de proyecto, los parámetros a medir, el equipo y metodología a utilizar, la facilidad de acceso al sitio, etc.

Lo cual implica ciertos aspectos como:

a) Precisar las actividades generales y específicas, asignando las responsabilidades a los miembros del equipo al programar las actividades.

b) En el plan operacional se define los puntos de muestreo a medir, la supervisión del trabajo de campo y la logística (transporte, equipos, planes de emergencia en caso de accidentes y la comunicación; (FAO, 2017).

3.4.5. Sobre el diseño del programa de muestreo

Para un buen desarrollo en el muestreo se considera la consulta de estudios, Normas Oficiales Mexicanas (NOM), Normas Mexicanas (NMX), métodos, etc.

Definición de las características del muestreo.

1) Se debe especificar las técnicas y métodos que se utilizarán en las investigaciones tanto en la literatura como en campo, así como los sitios de muestreo, la frecuencia, duración, procedimiento, requisitos analíticos de preservación de la muestra (cuando aplique).
2) Revisión de información sobre la existencia de estudios previos en la zona.
3) Contar con planos o mapas para ubicar espacialmente las áreas de toma de muestras.

Criterios de selección de puntos de muestreo.

a) **Identificación**: corresponde al registro de los puntos de toma de muestra bajo el sistema geográfico de referencia WGS84 (Sistema Geodésico Mundial del año 1984) para ser representados en un mapa.
b) **Accesibilidad:** la ubicación del punto o puntos de muestreo deben ser de fácil acceso proporcionando seguridad al personal.
c) **Representatividad:** en todos los casos, la obtención de muestras y las buenas prácticas son parte crucial de un programa de muestreo (MINAM, 2018).

3.4.6. Etapa de campo

Al conjunto de actividades que se realizan con el objetivo de recolectar datos se le llama trabajo de campo.

En esta etapa se realiza el reconocimiento mediante recorridos definidos, estableciendo puntos de interés para el muestreo y de acuerdo con los requerimientos técnicos del proyecto, se lleva a cabo el levantamiento de la información para cada medio.

Entre las principales acciones llevadas a cabo en campo, se encuentran:

1. La recolección de información primaria mediante:
   a) Toma de muestras (agua, suelo, flora)
   b) Mediciones (aforo, pH, salinidad de aguas)
   c) Observaciones directas (mapeo de la cobertura vegetal, de uso de suelo, geomorfológico, geológico, de fauna)
2. La recolección de información socioeconómica primaria sobre las actividades económicas e infraestructura social y productiva, por medio de encuestas y entrevistas (IMA, 2002).

3.4.7. Etapa de gabinete

Posteriormente al registro de datos en campo, se requiere del procesamiento de los datos obtenidos, a esa fase se le denomina como “gabinete”. Contar con información actualizada y confiable es una necesidad de gran importancia para la elaboración de la línea base ambiental.

3.4.8. Base de datos geográfica

La utilización de los Sistemas de Información Geográfica permite trabajar con la representación de elementos geográficos (datos que poseen un componente espacial) con información descriptiva. En este aspecto resulta fundamental seleccionar, adquirir y convertir esos datos a un formato digital compatible con el programa, en este caso ArcGis.

3.4.9. Cartografía básica y temática

“El objeto de la cartografía consiste en reunir y analizar datos y medidas de las diversas regiones de la tierra y representarlos gráficamente en una escala reducida, pero de tal modo que todos los elementos y detalles sean claramente visibles” (Raisz, 1985).

La línea base ambiental permite establecer las especificaciones técnicas para la caracterización de los medios biótico, abiótico y socioeconómico en los que se hace necesaria la elaboración de la cartografía. La ubicación y representación de los componentes ambientales ofrece la posibilidad de entender su origen, distribución y las relaciones existentes entre ellos.

La utilización de los Sistemas de Información Geográfica integra la digitalización de información geográfica representada en la cartografía básica, siendo almacenada en diferentes capas o “layers” para la elaboración de nuevas cartografías temáticas.

La información básica empleada para la preparación de la cartografía va a depender de la escala. A gran escala, mediante observaciones directas en campo. A menor escala, el uso de fotografías aéreas, imágenes satelitales, entre otros métodos de teledetección, pueden ser suficientes. En todo caso, esta información deberá complementarse con bibliografía y cartografía ya existente.

Para la verificación de las capas temáticas se requiere del acompañamiento del profesional especializado en la ciencia al generar la información en formato shp, posteriormente el encargado SIG inspecciona la calidad de la información recibida para la implementación de la Geodatabase.

Tabla 8

Listado de fuentes de información cartográfica

Tipo	Fuente principal	Observaciones
Cartografía básica	INEGI	Para la construcción de la cartografía básica y temática se trabaja por medio de imágenes de satélite, ortofotos, imágenes radar, etc.
Cartografía temática	INEGI, CONABIO, SEMARNAT, INECC, CONAGUA, SEDATU, SGM, CONAFOR, UNAM, CENAPRED, SADER SNIARN	Para su elaboración, se toma en cuenta las especificaciones y procedimientos del INEGI como organismo principal de producción de información geográfica y cartográfica en México. Las capas temáticas se desarrollan a partir de la información secundaria disponible, entregadas en formato shp.

Nota. Elaboración propia

3.4.9.1. Recopilación de información secundaria

Existen diversas fuentes de consulta a las que se puede recurrir para obtener datos de información geográfica en México. A continuación, se muestran algunas instituciones en las que se pueden consultar o descargar datos de manera gratuita *(véase Tabla No.9).*

Tabla 9

Fuentes de consulta de datos geográficos en México

Institución	Nombre del portal	Enlace
CONABIO	Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad (SNIB)	http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/
SEMARNAT	ESDIG (Espacio Digital Geográfico)	https://gisviewer.semarnat.gob.mx/geointegrador2Beta/index.html
INECC	Propio de la dependencia	https://datos.gob.mx/busca/organization/inecc
CONAGUA	Sistema Nacional de Información del Agua	http://sina.conagua.gob.mx/sina/
SEDATU	Sistema de Información Geoespacial del Catastro Rural	https://sig.ran.gob.mx/acceso.php

SGM	GeoInfoMex	https://www.sgm.gob.mx/GeoInfoMexGobMx/
INEGI	Propio de la dependencia	https://www.inegi.org.mx/
CONAFOR	Propio de la dependencia	https://www.gob.mx/conafor
UNAM	Atlas climático digital de México	http://uniatmos.atmosfera.unam.mx:8080/ACDM/servmapas
CENAPRED	Propio de la dependencia	http://www.atlasnacionalderiesgos.gob.mx/
SADER	Datos abiertos de México	https://datos.gob.mx/busca/dataset/mapa-base-de-los-cader-ddr-y-delegaciones-de-la-sader-a-nivel-nacional-serie-vii

Nota. Elaboración propia

3.4.9.2. Especificaciones para la elaboración de la cartografía

Para desarrollar una correcta representación de la cartografía básica y temática mediante algún elemento geométrico (punto, línea o polígono) se debe estructurar mediante los siguientes lineamientos:

- Datum: desde 2010 a la fecha, el marco de referencia terrestre ITRF2008 ha sido empleado en México, no obstante, los dispositivos GPS trabajan con el Sistema WGS84.

Tabla 2

Datum de México compatibles con los SIG.

Datum	Elipsoide geodésico de referencia (asociado al Datum)
WGS84 Sistema Geodésico Mundial de 1984	WGS84 Sistema Geodésico Mundial de 1984
ITRF2008 Marco de referencia terrestre internacional del 2008	GRS80 Sistema Geodésico de referencia de 1980

Nota. Adaptado de (INEGI, 2016).

- Sistemas de coordenadas geográficas: latitud, longitud y altura.
- Precisión
- Escala de trabajo y almacenamiento de la información de acuerdo a los términos de referencia de cada sector y tipo de proyecto.

3.4.10. Medio abiótico

Tabla 11

Fuentes de información del medio abiótico

Componente	Fuente principal	Otras fuentes
Clima y meteorología	INEGI, SMN, CONAGUA, SEMARNAT	CLICOM, INIFAP, Estudios existentes en el área del proyecto, estaciones climáticas, fuentes de internet, centros de investigación.
Calidad del aire	SEMARNAT, INECC	Estudios existentes en el área del proyecto, inventario de emisiones, legislación vigente.
Ruido	NOM-081-SEMARNAT-1994	Legislación vigente.
Geología y geomorfología	SGM, INEGI	Centros de investigación (universidades, institutos)
Suelos	INEGI, SEMARNAT, CONAFOR	Metodologías de muestreo de suelos (cuando aplique)
Hidrología superficial Hidrología subterránea	INEGI, CONAGUA	Centros de investigación, fuentes de internet.
Calidad del agua	SEMARNAT, CONAGUA,	Metodologías de parámetros fisicoquímicos y biológicos, centros de investigación.
Hidrodinámica y batimetría	SEMAR (A través de DIGAOHM, estaciones e institutos oceanográficos y mareográficas), GEOMAR.	Fuentes de internet.

Nota. Elaboración propia

3.4.10.1. Clima y meteorología

El clima y la meteorología son el complemento para poder interpretar otras variables ambientales (agua, aire, suelo y ruido). Por medio de la Comisión Nacional del Agua, a través del Servicio Meteorológico Nacional (SMN) se hace la recopilación de datos proporcionados por las estaciones meteorológicas cercanas y/o dentro del área de estudio. En todos los casos, estos datos deben corresponder a series anuales, incluyendo el período más reciente disponible.

I. Tipo de clima de acuerdo a la clasificación de Köppen (área de influencia y área del proyecto)
II. Descripción de la temperatura (promedio anual, mensual, máxima), el mes más frío y el mes más cálido.
III. Indicar el promedio mensual y anual de precipitación, así como su comportamiento en el mes o los meses más o menos lluviosos, dicha información es consultada mediante fuentes oficiales.
IV. Humedad relativa
V. Descripción de evaporación anual, indicando el promedio anual de evaporación, su comportamiento a lo largo del año, el mes o los meses con mayor y menor evaporación.
VI. Nubosidad promedio anual
VII. Descripción de eventos meteorológicos (huracanes, tormentas, depresiones tropicales, etc.)
VIII. Vientos dominantes
IX. Descripción de la velocidad del viento (valores medios mensuales y anuales); dirección del viento (frecuencias máximas y anuales).
X. Presión atmosférica

Anexar mapas o representación espacial

3.4.10.2. Calidad del aire

Identificar fuentes de emisiones atmosféricas (gases y material particulado) existentes en el área de estudio, realizar los modelos de dispersión de

contaminantes (cuando aplique). Presentar el inventario de emisiones contaminantes, tales como:

- Dióxido de azufre (SO_2)
- Óxido nitroso (NO)
- Dióxido de nitrógeno (NO_2)
- Óxidos de nitrógeno (NO_x)
- Ozono (O_3)
- Hidrocarburos Totales de Petróleo (HTP)
- Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP)
- Monóxido de carbono (CO)
- Dióxido de carbono (CO_2)
- PM_{10}
- $PM_{2.5}$

3.4.10.3. Ruido

Identificar las fuentes de generación de ruido existentes (naturales y artificiales) en la zona de estudio e indicar si estas emisiones han sido monitoreadas en concordancia con la normatividad aplicable vigente.

3.4.10.4. Geología y geomorfología

El manejo de información geológica permite obtener información que conduzca a la localización de mantos de agua subterránea, yacimientos de petróleo, concentraciones de minerales de importancia económica, etc. INEGI elabora cartas geológicas en las escalas: 1:50 000 (tipos de rocas, variaciones presentes y estructuras de formaciones rocosas), 1:250 000 (tipos de rocas y edades geológicas de unidades cartografiadas) y 1:000 000 (diversidad de rocas: tipo y edad, principales estructuras geológicas, sitios de explotación de yacimientos).

Para el estudio de la geomorfología:

- Identificación de las unidades geomorfológicas existentes y su representación cartográfica, mediante el estudio de la pendiente, topográfico general, formas topográficas, fisiografía.

Para el estudio geológico:

- Características litológicas en el área de estudio
- Identificación de fallas
- Características geomorfológicas más importantes
- Panorama general respecto a susceptibilidad de la zona (sismicidad, deslizamientos, derrumbes, inundaciones, actividad volcánica)

Anexar mapas a una escala adecuada

3.4.10.5. Suelos

- Presentar la caracterización de los tipos de suelo en el área de estudio, acorde a la clasificación de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) y a la del INEGI.
- Incluir un plano edafológico que muestre las diferentes unidades de suelo identificadas en el predio (escala 1:125 000 hasta 1:5000).
- Identificar conflictos de uso de suelo en el área de estudio mediante la consulta de información del INEGI
- Describir las metodologías a emplear en los procesos de degradación de suelos (erosión, salinización y desertificación).

3.4.10.6. Hidrología superficial

- Identificación y descripción de los embalses y cuerpos de agua (presas, ríos, arroyos, lagos, lagunas) existentes en el área de estudio y georreferenciarlos adecuadamente en la cartografía. Especificar su localización y extensión, temporalidad, usos, junto con su cercanía al predio. Apoyarse de mapas topográficos oficiales, fotografías aéreas y salidas a campo para corroborar la información correspondiente.

3.4.10.7. Hidrología subterránea

- Realizar el inventario de captaciones de agua subterránea (pozo, manantial, norias, galerías filtrantes), su localización, profundidad, dirección de flujo, principales usos, etc.

- Caracterización de todos los acuíferos presentes, incluyendo: espesor del acuífero, litología, parámetros hidráulicos (transmisividad, coeficiente de almacenamiento, gasto específico, nivel freático).
- Determinación de la recarga y descarga de acuíferos (m^3 por hectárea/año) utilizando la metodología más apropiada de acuerdo con la información existente para el área de influencia del proyecto.
- Determinar la vulnerabilidad intrínseca (natural) de los acuíferos a la contaminación, dada sus características geológicas, hidrogeológicas, climáticas, biológicas, utilizando alguna de las metodologías ampliamente conocidas como GOD, DRASTIC, SINTACS y EPIK).

Método GOD. Comprende tres parámetros a los que se le asignan valores entre 0 y 1:
G (ground water occurence), corresponde al tipo de acuífero o modo de confinamiento u ocurrencia del agua subterránea
O (overall quifer class) litología de los niveles situados sobre el acuífero;
D (depht) profundidad del nivel de agua o del acuífero.
La vulnerabilidad se calcula como el producto de los valores asignados a cada parámetro:

$$\text{Índice de vulnerabilidad} = G \times O \times D \qquad (2)$$

Método DRASTIC. Desarrollado por las EPA y la *Nacional Waterl Well Association.* Acrónimo de las iniciales de los 7 parámetros considerados, definiendo rangos para los mismos y asignando un valor en función de su importancia (Tabla 12).

Tabla 12

Parámetros de integración del método DRASTIC

	Parámetros	Índice de ponderación
D	*Depth (Profundidad del agua subterránea*	5

R	*Recharge (Recarga)*	4
A	*Aquifer media (Naturaleza del acuífero*	3
S	*Soil media (Naturaleza del suelo)*	2
T	*Topography, slope (Topografía, pendiente)*	1
I	*Impacto on vadose zone (Impacto de la zona no saturada)*	5
C	*Conductivity of aquifer (Conductividad hidráulica del acuífero)*	3

Nota. Tomado de *(Chiner, 2009)*

El índice DRASTIC se calcula de la siguiente forma:

$$D_r D_w + R_r R_w + A_r A_w + S_r S_w + T_r T_w + I_r I_w + C_r C_w = Contaminación\ potencial \quad (3)$$

$$r = factor\ de\ clasficación\ ; w = factor\ de\ ponderación$$

A cada parámetro se les asignan índices que van desde 1.0 (mínima vulnerabilidad) hasta 10.0 (máxima vulnerabilidad) de acuerdo a sus características y comportamiento.

Método SINTACS Comprende siete parámetros:

S *(profundidad del agua subterránea),* ***I*** *(infiltración),* ***N*** *(Efecto de autodepuración de la zona no saturada),* ***T*** *(tipo de suelo),* ***A*** *(litología del acuífero),* ***C*** *(conductividad hidráulica),* ***S*** *(pendiente de la superficie topográfica).*

$$Índice\ de\ vulnerabilidad = \sum_{J=1}^{7} P_J W_J \quad (4)$$

$$P_J = pesos\ para\ cada\ parámetro$$

$$W_J = pesos\ de\ los\ intervalos\ de\ variación\ del\ j - ésimo\ parámetro\ dado\ el\ escenario\ hidrogeológico\ *$$

*Impacto normal, impacto severo, filtración, carsticidad y fracturamiento

Método EPIK Desarrollado para acuíferos kársticos. Emplea cuatro parámetros: *E (zona de intensa karstificación), P (cobertura de protección), I (Infiltración), K (red kárstica)* a los que se le asignan

valores dependiendo de los rasgos que presenten. El índice de vulnerabilidad se calcula como:

$$F = (\alpha \times E_i) + (\beta \times P_i) + (\gamma \times I_i) + (\delta \times K_i) \quad (5)$$

$$E_i, P_i. I_i, K_i = valores\ relativos\ de\ los\ parámetros$$

$$\alpha, \beta, \gamma, \delta = factores\ de\ ponderación$$

Se presenta la información mediante mapas a escala representativa de acuerdo a la magnitud del proyecto y a la cantidad de información presentada, como mapas geológicos (local, superficial y basamento), sobre el inventario de captaciones de agua subterránea, mapas hidrogeológicos, sobre los niveles de agua subterránea y direcciones de flujo, etc.

3.4.10.8. Calidad del agua

3.4.10.8.1. Calidad del agua superficial

En función de las actividades, se determinan los parámetros a analizar y otros que puedan ayudar a complementar el estudio. Aplicable a ecosistemas costero y marino. Se analizarán los siguientes parámetros físicos, químicos y biológicos.

- pH
- Color
- Turbidez (NTU)
- Grasas y aceites
- SST
- HTP
- HAP
- Conductividad eléctrica
- Dureza total
- Nitritos, nitratos y fosfatos
- Cloruros
- OD
- DBO_5
- DQO
- Carbono Orgánico Total (COT)
- Coliformes totales y fecales
- Salinidad
- Detergentes (sustancias activas al azul de metileno)

3.4.10.8.2. Calidad del agua subterránea

Caracterización hidrogeoquímica de las aguas. Para la determinación de la calidad del agua subterránea se recolectan las muestras correspondientes en base a los puntos de muestreo representativos de las unidades hidrogeológicas identificadas. Las determinaciones incluyen los siguientes parámetros:

- pH
- Temperatura
- Conductividad eléctrica
- Sólidos disueltos totales
- Dureza total
- Cationes ($Ca^{+2}, Mg^{+2}, Na^{+}, K^{+}, NH_4^{+}$)
- Aniones ($HCO_3^{-}, SO_4^{-2}, Cl^{-}, NO_3^{-}, CO_3^{-2}$)
- Coliformes (totales y fecales)
- Otros parámetros químicos que se establezcan de acuerdo a las actividades existentes y a desarrollar en el área de influencia.

Resultados analíticos. Pueden ser presentados mediante diagramas de Piper, Schoeller, Stiff o Durov.

- ***Diagrama de Piper.*** Consiste de dos triángulos equiláteros que representan los aniones y cationes mayoritarios respectivamente. La información es proyectada hacia el rombo mediante la intersección de ambos triángulos. Establece los posibles orígenes del agua subterránea, tipos y visualización de la evolución hidrogeoquímica del agua.
- ***Diagrama de Schoeller o Schoeller-Berkaloff.*** Utiliza una escala semilogarítmica para representar las concentraciones de aniones, cationes o suma de ellos, uniéndolos (meq/L) mediante una secuencia de líneas. Identifica cambios en las fases químicas (intercambio iónico, procesos de óxido reducción, y mezcla de diferentes tipos de agua en un mismo punto). Útil para representar aguas de baja y alta salinidad
- ***Diagrama de Stiff.*** Compuesto por cuatro líneas paralelas divididas en medio por una línea perpendicular. A la izquierda se presentan las concentraciones de masas reactivas de cationes y a la derecha la de

aniones. Permite comparar cualitativamente las concentraciones, variaciones y relaciones entre aniones y cationes.

- ***Diagrama de Durov.*** Basado en el porcentaje miliequivalentes de iones principales, trazados en dos gráficos triangulares separados cuyos puntos de datos se proyectan en una cuadrícula en la base de cada triángulo. Es alternativo al diagrama de Piper.

Representación espacial. Se presentan los mapas de ubicación de puntos de muestreo a escala adecuada, en coordenadas UTM y en el sistema WGS84, donde se visualicen los componentes del proyecto, los puntos de muestreo, así como su ubicación con respecto a las poblaciones cercanas.

3.4.10.9. Hidrodinámica y batimetría

Aplicable a los proyectos colindantes a zonas costeras o que puedan generar impactos al ambiente marino-costero.

3.4.10.9.1. Mareas

A partir de datos estadísticos correspondientes a estaciones mareográficas se realiza la caracterización del área de estudio describiendo el tipo de mareas en el sector, niveles promedios de las aguas (mensuales y anuales), niveles promedios de las amplitudes máximas (mensuales y anuales), altura de las pleamares y bajamares.

3.4.10.9.2. Oleaje

Algunas fuentes a consultar para este apartado están contenidas a continuación (véase tabla 13).

- Estudio de climatología del oleaje: altura, periodo, dirección

Tabla 13

Fuentes de información en el estudio del oleaje

Fuente de información	Datos que proporciona
Ocean Waves Statistics and Sea and Swell Charts	Altura, período, direcciones del oleaje y número de observaciones en forma mensual.

Atlas de Oleaje Oceánico de México (ATLOOM)	Pronósticos de oleaje
Red Nacional de Estaciones Oceanográficas y Meteorológicas (RENEOM)	Mediciones directas de oleaje, mareas, variables meteorológicas y tsunamis

Nota. Tomado de: (Montoya, 2020).

- Estudio de refracción y difracción del oleaje

3.4.10.9.3. Corrientes marinas

Patrón de corrientes costeras, estimación de las velocidades medias de las corrientes.

3.4.10.9.4. Batimetría

Perfil batimétrico, plano iso batimétrico

3.4.10.9.5. Parámetros fisicoquímicos

- pH, salinidad, Temperatura, oxígeno disuelto, nitritos, fosfatos y amonio

3.4.10.9.6. Sedimento marino

Se define previamente el tipo de actividad antropogénica, para que en función de su diagnóstico se determinen los parámetros a analizar. Se realiza la recogida y preparación de las muestras de sedimento (anexar plano de localización de los puntos de muestreo) en los siguientes parámetros:

- Granulometría del sedimento
- Textura
- pH
- Densidad
- Contenido de Materia Orgánica (MO)
- DBO_5 y DQO_5
- Grasas y aceites
- Determinación de metales (mediante ICP-MS): Arsénico (As), Hierro (Fe), Zinc Total (Zn), Cadmio (Cd), Plomo (Pb), Cobre (Cu), Cromo Total

(Cr), Mercurio (Hg), Níquel (Ni), Cobalto (Co), Plata (Ag), Vanadio (V), Bario (Ba), Manganeso (Mn), Molibdeno (Mb), Selenio (Se), Estaño (Sn), Aluminio (Al).

- Determinación de hidrocarburos (Hidrocarburos Totales del Petróleo, Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos, BTEX)
- Determinación de plaguicidas organoclorados (mediante cromatografía de gases)
- Contenido de Na (mediante Espectrometría de Absorción Atómica)
- Análisis mineralógico (mediante Difracción de Rayos X)
- Contenido total de C, N, S
- La composición isotópica del ^{13}C y ^{15}N. Reflejo de los cambios en la reserva global de C y N en el reservorio atmosférico, terrestre y oceánico.
- Descripción del origen u orígenes del sedimento
- Patrón de transporte, dispersión y destino de los sedimentos
- Perfil del sedimento

3.4.11. Medio biótico

Algunas consideraciones a tomar en cuenta para la caracterización de sus componentes se enlistan a continuación:

1) Definición de los objetivos y alcances del inventario que determinan, el nivel de organización, la escala e intensidad del muestreo.
2) Requerimiento de información
3) Definición de la escala de trabajo
4) Recopilación de información secundaria
5) Métodos de muestreo (costos, materiales, duración)
6) Georreferenciación de datos de campo
7) El Procesamiento y análisis de los datos

Para la caracterización de los componentes del medio biótico se requiere de la consulta de fuentes de información que contemplen al área de estudio en su contexto regional y local (véase Tabla 14).

Tabla 14

Fuentes de información del medio biótico

Componente	Fuente principal	Otras fuentes
Flora Fauna	Información primaria, CONABIO, SEMARNAT, INEGI, autoridades ambientales (regionales y locales), publicaciones científicas circunscritas al área de estudio del proyecto, NOM-059-SEMARNAT-2010.	Centros de investigación (INECOL, UNAM), estudios existentes en el área del proyecto, fuentes de internet.
Ecosistemas marinos	Información primaria, SEMAR.	UNAM (Instituto de Ciencias del Mar y Limnología). Estudios existentes en el área del proyecto

Nota. Elaboración propia

3.4.11.1. Flora

Es necesario partir de la revisión de información existente sobre la flora en el área de estudio. Para la caracterización de este componente se requiere:

- Describir la metodología empleada para el registro de especies terrestres en el que sea descrita la consulta de fuentes de información, delimitación del área y puntos de interés, conformación de brigadas, materiales para la colecta de especies, temporada de muestreo, etc.
- Seleccionar el tipo de muestreo, entre los más comunes se encuentran:
    a) *Muestreo aleatorio:* las unidades de muestreo se eligen de tal manera que todas tienen la misma probabilidad de ser elegidas.
    b) *Muestreo sistemático:* se elige de manera aleatorio el primer elemento para la muestra y posteriormente se seleccionan los elementos posteriores empleando intervalos fijos hasta llegar al tamaño de la muestra deseado.
    c) *Muestreo estratificado:* se divide el área de estudio en estratos geográficos donde cada uno se muestrea de acuerdo a algún parámetro.

- Describir las técnicas de muestreo empleadas para el estudio de flora (transectos, parcelas, punto cuadrado, cuadrantes, etc.)
- Descripción estructural de la vegetación en donde se desarrollan los muestreos: Para ello se considera la caracterización de los estratos (tabla 15) de la vegetación (número, altura y cobertura)

Tabla 15

Información sobre el desarrollo de la vegetación

Tipo de estrato	Altura	Cobertura	Información complementaria
Arbóreo alto	>30 m		• Áreas sin vegetación aparente
Arbóreo mediano	Entre 15 y 30 m	Cerrada: > 40% Abierta: 10 a 40%	
Arbóreo bajo	4 a 14 m	Sin cobertura: menor a 10%	• Áreas desprovistas de vegetación
Arbustivo	< 4 m		
Herbáceo	< 2 m		

Nota. Adaptado de: *(INEGI, 2014)*

- Inventario de especies en el área de estudio en el que se identifique su ubicación, distribución, diversidad (alfa, beta, gama) y densidad (incluir imágenes satelitales a escala 1:125000 hasta 1:5000) priorizando aquellas especies de importancia ecológica o que pertenezcan a alguna categoría de riesgo nacional (NOM-059-SEMARNAT-2010) e internacional (CITES, IUCN) para su manejo y conservación.
- Para dar cumplimiento al punto anterior se realiza la estimación de las siguientes variables y parámetros:
  - Variables

  1. Registro de especies. Identificadas taxonómicamente por profesionales en botánica o dendrología.

  2. Medición de la altura. Aplicable a árboles, palmeras, arbustos, herbáceas, suculentas y cañas. En árboles más altos, su altura es estimada mediante instrumentos de medición como clinómetros e hipsómetros.

3. Diámetro a la altura del pecho (DAP): altura en que se toma la medida del diámetro del tronco a una altura de 1.3 m desde la superficie del suelo mediante una cinta diamétrica o una forcípula (para troncos con diámetro de hasta 80 cm). En el caso de árboles bajos y ramificados desde la base, la medición se realiza desde el inicio de su ramificación. (Wabo, 2002)
4. Área basal. Área de la sección transversal a 1.3 m, asociada con el volumen del tallo o tronco del árbol, incluye especies vegetales arborescentes. Se calcula como:

$$AB = \frac{\pi}{4}(DAP)^2 = 0.7854\ (DAP)^2 \qquad (6)$$

<u>Análisis de la diversidad de la vegetación</u>

Con la información obtenida en campo se realiza un análisis mediante la obtención de una serie de índices de diversidad biológica. Para medir la diversidad a nivel local se sugieren los siguientes índices y parámetros.

- Parámetros

1. ***Densidad.*** Está dada por el número de individuos de una especie por unidad de área
   - Densidad relativa. Expresa la proporción del número total de individuos de todas las especies. Permite definir la abundancia de cierta especie vegetal.

$$Densidad\ relativa\ = \frac{no.\ de\ individuos\ de\ una\ especie}{total\ de\ individuos\ \ de\ la\ población} \times 100 \qquad (7)$$

2. ***Dominancia relativa.*** La *dominancia* tiene como base el conocimiento de la cobertura, es decir el espacio ocupado por las especies. Por lo tanto, la dominancia relativa se calcula como el porcentaje de biomasa (área basal o superficie horizontal) que aporta una determinada especie.

$$Dominancia\ relativa = \frac{AB\ de\ cada\ especie}{AB\ del\ total\ de\ especies} \times 100 \qquad (8)$$

3. ***Frecuencia.*** Es la probabilidad de encontrar un individuo de una especie en una unidad muestral

$$F_r = \frac{no.de\ unidades\ muestrales\ donde\ se\ encontró\ la\ especie}{no.total\ de\ unidades\ muestrales} \times 100 \qquad (9)$$

4. ***Índice de valor de importancia.*** Define cuáles de las especies contribuyen con el carácter y estructura de un ecosistema

$$IVI = Frecuencia\ \% + Densidad\ \% + Dominancia\% \qquad (10)$$

Como resultado, se obtiene un valor porcentual que nos indica de mayor a menor la importancia ecológica de las especies.

5. ***Índices de diversidad y equidad***

a) <u>Índice de dominancia de Simpson</u> Considera la probabilidad de que dos individuos de la población seleccionados al azar sean de la misma especie. Su fórmula es:

$$D = \sum {P_i}^2 \qquad (11)$$

$$P_i = proporción\ de\ las\ especies\ i\ en\ la\ comunidad = \left(\frac{n_i}{N}\right)$$

$$n_i = no.de\ individuos\ de\ la\ especie\ i$$

$$N = no.total\ de\ individuos$$

b) <u>Índice de Shannon-Wiener</u> Toma en cuenta el número de especies presentes (riqueza) y su abundancia relativa.

$$H' = -\sum_{i=1}^{S} P_i \ln P_i \qquad (12)$$

$$P_i = proporción\ de\ las\ especies\ i\ en\ la\ comunidad = \left(\frac{n_i}{N}\right)$$

$$n_i = no.de\ individuos\ de\ la\ especie\ i$$

$$N = no.total\ de\ individuos$$

$$S = no.de\ especies\ presentes$$

c) Índice de equidad de Pilou Relaciona la diversidad observada y el máximo valor de diversidad posible.

$$J' = \frac{H'}{H'_{max}} \tag{13}$$

$$H' = valor\ del\ índice\ de\ Shannon - Wiener$$

$$H'_{max} = \ln(S)$$

Los valores varían entre 0 y 1, cercanos a 1 pueden indicar que las especies son igualmente abundantes.

6. Índices de similaridad

d) Índice de Jaccard Utilizado para datos cualitativos, mide la presencia o ausencia de especies y se calcula como:

$$I_J = \frac{c}{a+b-c} \tag{14}$$

$$I_J = coeficiente\ de\ similitud$$

$$a = no.\ de\ especies\ presentes\ en\ el\ sitio\ A$$

$$b = no.\ de\ especies\ presentes\ en\ el\ sitio\ B$$

$$c = no.\ de\ especies\ presentes\ en\ ambos\ sitios\ A, B$$

El rango va desde 0 (cuando no hay especies compartidas) hasta 1, cuando ambos sitios comparten las mismas especies.

e) Índice de Morisita-Horn Basado en la abundancia de especies, se calcula como:

$$I_{M-H} = \frac{2\sum(an_i \times bn_j)}{(da+db)aN \times bN} \tag{15}$$

Dónde:

$$an_i = número\ de\ individuos\ de\ la\ i - ésima\ especie\ en\ el\ sitio\ A$$

$$bn_j = \ número\ de\ individuos\ de\ la\ j - ésima\ especie\ en\ el\ sitio\ B$$

$$Na = número\ de\ individuos\ en\ el\ sitio\ A$$

$$Nb = número\ de\ individuos\ en\ el\ sitio\ B$$

$$da = \frac{\sum an_i^2}{aN^2} \; para\ el\ sitio\ A$$

$$db = \frac{\sum bn_i^2}{bN^2} \; para\ el\ sitio\ B$$

El índice varía entre 0 y 1; 0 no hay similitud y 1 hay similitud.

f) <u>Índice de Sørensen modificado</u> Relaciona el número de especies compartidas con la media aritmética de las especies de ambos sitios

$$S_s = \frac{2a}{2a+b+c} \qquad (16)$$

Dónde:

$$a = no.\,de\ especies\ en\ ambas\ sitios$$

$$b = no.\,de\ especies\ en\ la\ comunidad\ A$$

$$c = no.\,de\ especies\ en\ la\ comunidad\ B$$

7. Riqueza de especies

g) <u>Índice de Margalef</u>

$$D_{Mg} = \frac{S-1}{\ln(N)};\ S = no.\,de\ especies, N = no.\,total\ de\ individuos \qquad (17)$$

h) <u>Índice de Menhinick</u>

$$D_{Mn} = \frac{S}{\sqrt{N}};\ S = no.\,de\ especies, N = no\ total\ de\ individuos \qquad (18)$$

- Se construye la <u>*curva de acumulación de especies*</u> para cada estrato, con el objetivo de cuantificar el esfuerzo de muestreo.

Nota: se pueden considerar otros parámetros/índices que se consideren necesarios.

Se deberán incluir las interpretaciones de los valores obtenidos en los índices, así como la base de datos en una hoja de cálculo del proceso de obtención de los resultados (véase tabla 16 y tabla 17).

Tabla 16

Ejemplo de presentación de los datos para el cálculo de IVI

ESTRATO								
ID	Especie	Nombre común	n	Abundancia relativa (%)	Frecuencia relativa (%)	Cobertura (%)	Dominancia relativa	IVI
1								
…								
n								

Nota. Elaboración propia

Tabla 17

Ejemplo de presentación de los datos sobre índice de diversidad

ESTRATO						
ID	Especie	Nombre común	n	P(i) =n/N	In P(i)	P(i) In Pi
1						
2						
3						
Total						
						Índice de Shannon
		H'max.				
		Equidad H/H'max.				

Nota. Elaboración propia

3.4.11.2. Fauna

Antes de iniciar el estudio es necesario contar con la mayor cantidad de información posible sobre la fauna (anfibios, reptiles, aves, mamíferos) en el área de estudio.

3.4.11.2.1. Anfibios y reptiles

- Consideraciones generales:

1. Es indispensable contar con información acerca del hábitat donde se encuentran. Conocimiento del clima, el suelo, la vegetación, cuerpos de agua, estructura de la vegetación que afectan la distribución y uso del hábitat de la herpetofauna y le proporcionan calidad al estudio.
2. La selección de los métodos de muestreo determinará la cantidad de información disponible para la determinación de parámetros.
3. La estacionalidad influye sobre la facilidad de detección, por la actividad de las especies.
4. La temperatura y radiación son factores determinantes en la actividad de reptiles y anfibios.
5. El tipo, profundidad y textura del suelo son muy importantes en la determinación de su densidad y distribución.

- Métodos para el inventario de anfibios y reptiles (véase tabla 18)

Tabla 18

Método de inventario para anfibios y reptiles

Método	Características	Tipo de registro	Parámetros que obtiene	Observaciones
Búsqueda por encuentro visual (VES)	Búsqueda sistemática y constante de ejemplares	Visual, auditivo	Riqueza, composición, abundancia relativa	Limitada por unidad de tiempo Muestreo diurno y nocturno.
Parcelas o cuadrantes	Búsqueda aleatoria (diurna) de especies que viven sobre hojarasca, musgo, raíces, etc.	Visual, captura	Densidad, riqueza, abundancia relativa	Nombre común: parcelas de hojarasca Tamaño: 5x5 m o 10x10 m
Transectos de banda estrecha (2m) o fija (longitud y ancho a criterio del observador)	Conteo de anfibios mediante recorridos a lo largo de una línea a velocidad constante	Visual, auditivo	Monitoreo de cambios en un área a lo largo del tiempo	Transectos muestreados en secuencia aleatoria. Índice: se expresa como no. de individuos

				registrados durante 1 km de recorrido
Transectos de banda auditivas	Conteo de vocalizaciones de los anfibios machos adultos (época reproductiva) a lo largo de transectos (1 km, ancho variable por la detección del canto)	Visual, auditivo	Abundancia relativa, nivel de actividad, composición de especies, distribución de especies, microhábitat utilizado, fenología reproductiva.	Apto para ecosistemas complejos
Cercas de conducción en línea recta y trampas de foso	Barreras que los conducen a una trampa de caída (mediante recipientes, vol. de 3-20 L)	Visual, captura	Riqueza, registro de especies	Para individuos con escasa habilidad trepadora. Cerca (0.8-1m de altura, ≥10m de longitud)

Nota. Modificado de (MINAM, 2015)

- Datos de registro y colecta en campo.
  a) Datos de posicionamiento de individuos observados y colectados, así como de los transectos: coordenadas geográficas (UTM WGS84) y altitud (msnm). Presentar mapa a escala adecuada que muestre la ubicación de los transectos o puntos de colecta de especies.
  b) Número de individuos registrados
  c) Fecha de colecta
  d) Actividad de la especie: activo/inactivo
  e) Tipo de registro (visual, auditivo, captura)
  f) Sitio de captura
  g) Registros fotográficos de las especies

- Etapa de análisis:

1. Determinar el listado de especies de herpetofauna de acuerdo a su clasificación taxonómica, nombres comunes, avistamientos, coordenadas geográficas, etc. Para la nomenclatura se consideran las

siguientes bases de datos para anfibios (*Amphibian Species of the World*) y reptiles *(The reptile database).*

2. Clasificar a las especies en alguna categoría de riesgo según la NOM-059-SEMARNAT-2010 (véase tabla 19), así como de listas internacionales vigentes (IUCN, CITES).

Tabla 19

Categorías de riesgo en base a la NOM-059-SEMARNAT 2010

NOM-059-SEMARNAT-2010
Probablemente extinta en el medio silvestre (E)
En peligro de extinción (P)
Amenazadas (A)
Sujetas a protección especial (Pr)

3. Describir su tendencia poblacional acorde a la IUCN (creciente, decreciente, estable, desconocido)
4. Análisis de diversidad (alfa, beta y gamma), véase tabla 20.

Tabla 20

Métodos para estimar la diversidad

Diversidad	Método/Índice	Obtención
Alfa	1. Riqueza específica a) Curva de acumulación de especies	Mediante datos del muestreo (abundancia, presencia/ausencia de especies) en el programa *EstimateS*, en su versión más reciente.
	2. Frecuencia relativa	Relación de registros y/o capturas de una especie y total de registros en la localidad, expresada en porcentaje.
	3. Índice de diversidad de Margalef	$D_{Mg} = \frac{S-1}{In(N)}$ (19) $S = no. de\ especies$ $N = no. total\ de\ individuos$
	4. Índice de Shannon-Wiener	$H' = -\sum_{i=1}^{S} P_i \ln P_i \qquad P_i = \frac{n_i}{N}$ (20)

	5. Índice de Simpson modificado por Pielou	$D = \sum\left(\frac{(n_i{}^2 - n_i)}{(N^2 - N)}\right)$ (21) $n_i = no. de\ inviduos\ de\ la\ i - esima\ especie$ $N = no. total\ de\ individuos\ en\ la\ muestra$
Beta	1. Coeficiente de similitud 2. de Jaccard	$I_J = \frac{c}{a+b-c}$ (22)
	3. Índice de Morisita-Horn	$I_{M-H} = \frac{2\sum(an_i \times bn_j)}{(da+db)aN \times bN}$ (23)
Gamma	1. Índice Gamma	*Gamma = diversidad alfa promedio x diversidad beta x dimensión de la muestra* Diversidad alfa promedio = no. promedio de especies en una comunidad Diversidad beta = 1 / no. promedio de comunidades ocupadas por una especie Dimensión de la muestra = no. total de comunidades

Nota. Modificado de (Héctor Villareal, 2004)

5. Información complementaria de especies de mayor importancia incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 encontradas en el área de estudio: detallar la taxonomía, nombre común, categoría de amenaza, características, alimentación, reproducción, hábitat, distribución (incluir mapa de la CONABIO).

3.4.11.2.2. Aves

- Consideraciones generales:

1. La mayoría de las aves son diurnas y muy activas, se comunican mediante cantos y llamados (únicos en cada especie) que pueden ser detectados a varios metros de distancia.
2. Existen ilustraciones de gran parte de las especies e información disponible sobre su ecología y distribución geográfica, lo que facilita la identificación de este grupo en campo.

3. La mayor actividad de las aves ocurre desde el amanecer a las 10 a.m. aproximadamente.
4. El conteo o captura de aves NO deben realizarse bajo condiciones de vientos fuertes, lluvia, neblina densa o exceso de calor.
5. Las aves son sensibles a la perturbaciones del hábitat

- Métodos para el inventario de aves (véase tabla 21)

Tabla 21

Métodos de inventario para aves

Método	Características	Tipo de registro	Parámetros que obtiene	Observaciones
Transectos lineales	Caminata en línea recta a velocidad constante. Longitud: 1000 m continuos o subdivididos en unidades de muestreo cada 100 o 250 m (distancia entre transectos de 150-200m en lugares densos y 250-500 en lugares abiertos) Ancho: determinado por las observaciones[1]	Visual, auditivo	Abundancia	Variables del transecto (Figura 6): de línea sin estimación de distancia, de distancia variable, transecto de franja. Registro: no. de aves observadas y distancia perpendicular a la línea del transecto, hora, tipo de registro y altura (suelo, estrato bajo, medio, dosel de vegetación o en vuelo).
Puntos de conteo	El observador permanece en un punto (radio ilimitado, variable, fijo)	Visual, auditivo	Abundancia	Útil en todos los tipos de hábitats. Método más eficiente. Puntos: azar o

[1] (Colin J. Bibby, 1992)

	observando a un área circular todas las direcciones[2]			sistemáticamente. Registro: no. de punto, coordenadas, fecha, hora del día, especies en orden de detección.
Playback	Reproducción de sonidos pregrabados[3] para la detección de especies sigilosas o nocturnas (como búhos).	Visual, auditivo, captura	Composición de especies, abundancia relativa de comunidades de aves	Identifica especies que responden al llamado (señuelo). Se ha desarrollado software para el reconocimiento automático de cantos y llamados[4]
Redes de niebla	Captura en redes de fibras delgadas y resistentes (nylon, poliéster o algodón). Véase Figura 7. Red estándar: 12 m de largo por 2.5 m de alto Para aves difíciles de percibir por conteos visuales o auditivos.	Visual, captura	Abundancia, composición, riqueza, biología de las especies, morfología.	Efectivas en áreas sin viento. Evitar su uso en climas extremos. Vigilancia constante en áreas con depredadores Equipo de medición: vernier, dinamómetro, regla metálica, cuerda, guías de campo.

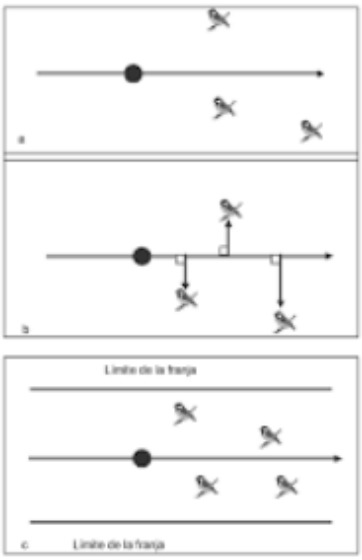
[2] (García, 2011)

[3] Recursos de internet: Xeno-Canto (http://www.xeno-canto.org/), Biblioteca de sonidos Macaulay desarrollado por el laboratorio de Ornitología de Cornell (http://macaulaylibrary.org/), http://www1.inecol.edu.mx/sonidos/menu.htm ¸ https://www.ecosur.mx/aves/

4 Raven (https://ravensoundsoftware.com/): análisis de sonidos de la Universidad Cornell, App *Merlin Bird ID de Cornell Lab,* Avisoft (http://www.avisoft.com/) análisis, edición y clasificación de sonidos, SoundID (http://www.soundid.net/): detección y reconocimiento de sonidos.

Figura 6

Método de transecto



Nota. Tomado de: (García, 2011)

Figura 7

Red de niebla

Nota**.** Tomado de: (Francisco Chávez Escobar, 2012)

- Datos de las observaciones en campo.

a) Posicionamiento de individuos observados y colectados en puntos de conteo, así como de los transectos: coordenadas geográficas (UTM WGS84) y altitud (msnm). Presentar mapa a escala adecuada que muestre la ubicación de los transectos o puntos de conteo establecidos para la avifauna.
b) Número de individuos registrados
c) Fecha (formato DD/MM/AAAA) y hora (formato de 24 horas) de registro
d) Actividad de la especie
e) Tipo de registro (visual, auditivo, captura)
f) Hábitat donde fue detectado un individuo
g) Estrato de la vegetación donde se detectó el individuo (aéreo, dosel, subdosel, medio, sotobosque, herbáceo-suelo, árboles emergentes).
h) Tipo de alimento de consumo (semillas, frutas, insectos pequeños, insectos grandes, vertebrados pequeños, vertebrados grandes, carroña, néctar).
i) Comportamiento general del ave durante su detección
j) Registros fotográficos de las especies.

- Etapa de análisis:

1. Determinar el listado de especies de avifauna de acuerdo a su clasificación taxonómica, nombres comunes, coordenadas geográficas, dieta, etc. Se considera a *American Ornithologists' Union* como fuente de consulta para la nomenclatura taxonómica.
2. Consultar las listas actualizadas de especies de la NOM-059-SEMARNAT-2010, IUCN, CITES, respecto a las categorías de riesgo, endemismo, residencia y sus tendencias poblacionales (véase tabla 22).

Tabla 22

Ejemplo de presentación de los datos

ID	Estrato	Orden	Familia	Nombre científico	Nombre común	Dieta	Estatus NOM-059-SEMARNAT	Tendencia poblacional	Estatus residencia	Endemismo	n
1											
…											

Nota. Elaboración propia

3. Listado de especies de aves en relación a su altura de vuelo (mínima y máxima) y actividad (diurna o crepuscular) en el área de estudio.
4. Diversidad
   a) Estimación estadística de la riqueza específica (curva de acumulación de especies)
   b) Abundancia relativa, cálculo de índices (Shannon-Wiener, de Simpson modificado por Pielou, de Margalef, similitud de Jaccard, Morisita-Horn o Sørensen)
5. Información complementaria de especies de mayor importancia incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 encontradas en el área de estudio: detallar la taxonomía, nombre común, categoría de amenaza, características, alimentación, reproducción, hábitat, distribución (incluir mapa de la CONABIO).

3.4.11.2.3. Mamíferos

- Consideraciones generales:

1. Los mamíferos pueden ser estudiados por técnicas de observación directa o indirecta, como en el caso de las aves.
2. Los mamíferos pueden reconocerse por medio de huellas, excretas, pelos, dientes, o madrigueras.
3. Se aplican técnicas diferentes para la estimación de mamíferos marinos.

- Métodos para el inventario de mamíferos. Para la recolección de datos se dividieron en tres categorías: *mamíferos voladores, mamíferos terrestres pequeños y, mamíferos medianos y grandes* (véase tabla 23).

Tabla 23

Métodos de inventario para mamíferos

Método	Características	Tipo de registro	Parámetros que obtiene	Observaciones
Conteo por transecto	Recorrido mediante búsqueda minuciosa hacia ambos lados del transecto (de ancho fijo o variable)	Visual	Riqueza, abundancia, presencia de especies, registros indirectos[5]	Aplicable a mamíferos medianos y grandes. Ofrece datos sobre preferencias de hábitats, dieta o comportamiento.
Trampas tipo Sherman	Cajas rectangulares con entradas en ambos extremos, una se cierra por medio de una plataforma en el piso que se activa con el peso del animal.	Visual, captura	Riqueza, abundancia, datos morfométricos y reproductivos	Se utilizan cebos. Se disponen en cuadrículas o transectos. Distancia entre cada trampa:10-20 m. Para mamíferos t. pequeños (roedores, marsupiales, lagomorfos)
Trampas Tomahaw	De mecanismo similar a las tipo	Visual, captura		Se disponen en cuadrículas o

[5] Heces, huellas, pelos, madrigueras, vocalizaciones, etc.

k	Sherman. Construidas en alambre grueso. Se utilizan cebos.			transectos a mayor distancia que la tipo Sherman. Para especies pequeñas y medianas
Trampas cámara	Registro mediante cámaras con sensores infrarrojos de movimiento programadas a cierto no. de horas y días.	Visual	Monitoreo de la abundancia relativa de una especie, patrones de actividad	Facilita la detección de especies crípticas de difícil captura. El análisis de los registros se hace por medio de software como CAPTURE[6]
Redes de niebla	Malla fina colocada mediante dos tubos de metal.	Visual, captura	Riqueza, abundancia, datos morfométricos y reproductivos.	Aplicable a mamíferos voladores (murciélagos), también se utilizan las trampas tipo arpa.
Atracción olfativa	Atraer animales a estaciones de muestreo con atrayente olfativo para evidenciar rastro de huellas	Visual, huellas	Presencia de especies	Útil para especies de carnívoros (cánidos, félidos, mustélidos).

Nota. Modificado de Ídem 2011

- Datos de las observaciones en campo

a) Datos de posicionamiento de individuos observados y colectados en los transectos: coordenadas geográficas (UTM WGS84) y altitud (msnm). Mapa a escala adecuada que muestre la ubicación de los transectos o puntos de conteo establecidos para la avifauna.

[6] Utiliza modelos para generar estimaciones de la abundancia basándose en el número de individuos registrados y la proporción de repeticiones del mismo individuo.

b) Número de individuos registrados
c) Tipo de registro
d) Fecha y hora del avistamiento
e) Tipo de hábitat en el que fue registrada cada especie
f) Medidas morfométricos (cuando aplique)

- Etapa de análisis:

1. Determinar el listado de especies de mastofauna de acuerdo a su clasificación taxonómica, nombres comunes, coordenadas geográficas, dieta, etc. Se considera a *Mammal Species of the world* como fuente de consulta para la nomenclatura taxonómica.
2. Consultar las listas actualizadas de especies de la NOM-059-SEMARNAT-2010, IUCN, CITES, respecto a las categorías de riesgo, endemismo y sus tendencias poblacionales.
3. Diversidad: Estimación estadística de la riqueza específica (curva de acumulación de especies); abundancia relativa, cálculo de índices (Shannon-Wiener, de Simpson modificado por Pielou, de Margalef, similitud de Jaccard, Morisita-Horn o Sørensen)
4. Información complementaria de especies de mayor importancia incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 encontradas en el área de estudio: detallar taxonomía, nombre común, categoría de amenaza, características, alimentación, reproducción, hábitat, distribución (incluir mapa de la CONABIO).

3.4.11.3. Ecosistemas marinos[7]

3.4.11.3.1. Comunidad planctónica (fitoplancton, zooplancton e ictioplancton)

- Consideraciones generales

a) La colecta se recomienda en dos temporadas al año, que coincidan con las épocas de lluvia y seca.

[7] Incluir la representación espacial. en donde se indique la ubicación, distribución y abundancia de las especies registradas a escala 1:125000 hasta 1:5000.

b) Previo a la colecta de muestras se deben medir parámetros fisicoquímicos como temperatura, conductividad eléctrica, pH, transparencia, oxígeno disuelto, que inciden sobre la estructura y funcionamiento de esta comunidad. De igual forma se determina la profundidad Secchi y de muestreo (mediante disco Secchi), se anotan datos de la hora, estado de marea e información meteorológica, localización de las estaciones de muestreo (coordenadas GPS, profundidad del disco Secchi, datos fisicoquímicos), descripción del lago (ancho, largo, tipo de orilla, etc.). Se usan guías para la identificación de especies.

- Métodos de muestreo para fitoplancton (tabla 24). Se incluyen métodos cualitativos y cuantitativos.

Tabla 24

Método de muestreo para fitoplancton

Método	Tipo de análisis	Características	Parámetros que obtiene	Observaciones
Filtrado mediante redes	Cualitativo	Mediante arrastre horizontal o vertical desde una embarcación hasta conseguir una muestra concentrada	Densidad	Método superficial. Se atrapan organismos >20 nm. La colecta requiere réplicas (3-6)
Toma de muestras	Cuantitativo	Mediante botellas hidrográficas[8]	Volumen colectado	Puede realizarse a diferentes profundidades

Nota. Modificado de (Marcos, 2014)

Las técnicas de muestreo para el zooplancton son similares al fitoplancton. Se pueden usar botellas hidrográficas, redes o bombas de succión (no apta para la colecta a estratos más profundos). Para la preservación de las muestras se utiliza una solución de formol al 4%, etanol al 70% y glicerina.

[8] Van Dorm, Niskin, Kemmerer

El ictioplancton, porción del zooplancton que corresponde a la primera parte del ciclo de vida de los peces (huevo y larvas). Para el muestreo se usan bombas de succión, redes de arrastre, botellas o trampas de luz. Se determina su composición y densidad.

- Análisis de las muestras de fitoplancton.

a) *Cualitativo.* Observaciones directas al microscopio (lugol, azul de metileno, tinta china)

b) *Cuantitativo.* Mediante cámara de Sedgwick-Rafter[9] o cámaras del método Utermöhl. Este último, basado en sedimentar una alícuota de agua del sitio de muestreo en cámaras tubulares[10] de diferente altura y volumen (2, 10, 25, 50 ml) a determinado tiempo, luego realizar el recuento mediante observación directa en un microscopio invertido.

- Análisis de las muestras del zooplancton.

a) Calcular el volumen filtrado por la red (datos de flujómetro)

b) Se realiza el conteo: fraccionando la muestra en el aparato de Folsom y por medio de alícuotas en placa Bogorov usando estereoscopio y/o microscopio.

- Etapa de análisis

1. Determinación de la riqueza específica, abundancia, diversidad específica (índice de Shannon-Wiener), equidad de Pielou y productividad.

3.4.11.3.2. Comunidades de flora[11] (pastos marinos, algas, fanerógamas)

Para la determinación de la abundancia se sugiere utilizar el método del transecto en línea (cuando existan cambios en la vegetación) por medio de estacas fijas en línea recta perpendicular a la costa atadas a un cordel, realizando recolecciones cada decímetro, metro o cada 10m, dependiendo la vegetación presente. También se utiliza el método de cuadrante para

---

[9] largo = 5 cm, ancho = 2 cm, altura = 1 mm. Capacidad para 1 ml de muestra.
[10] Cuanta más rica es la muestra, más pequeña será la cámara.
[11] De acuerdo a su forma de vida, las comunidades de plantas se clasifican en hidrófitas enraizadas emergentes, hidrófitas enraizadas sumergidas e hidrófitas libremente flotadoras.

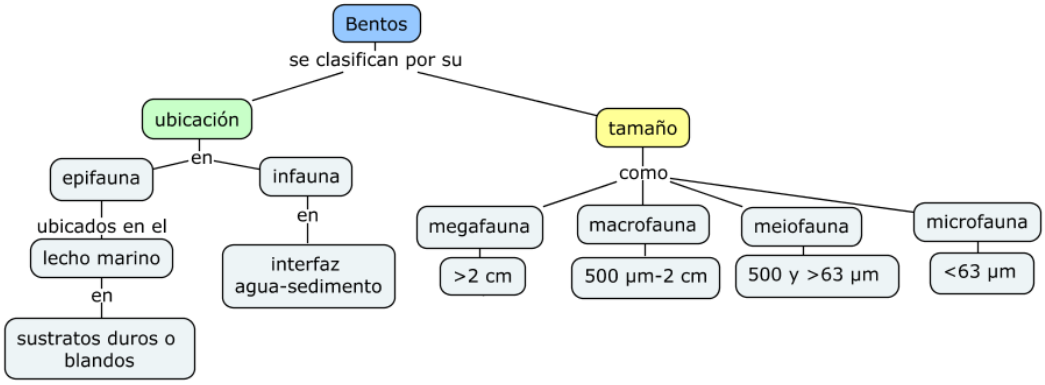
estimaciones porcentuales de cobertura, frecuencia y de abundancia de las especies. Detallar la hora de registro, datos de posicionamiento, área de muestreo, formas de vida, tipo de sustrato (blando y duro), técnicas y profundidad del muestreo, etc. Para la identificación de especies se recurre a bibliografía general y especializada.

3.4.11.3.3. Comunidad bentónica[12]

Conjunto de organismos que viven asociados al sedimento, en donde se acumula material orgánico particulado y/o tóxico. Varían en composición y estructura en relación con el tipo de sedimento en que se encuentren (Figura 8).

Figura 8

Clasificación de organismos bentónicos



Nota. Adaptado de: (Vides, 2019)

El muestreo se puede realizar mediante buceo por cuadrantes o por medio de equipos que permiten la colecta desde una embarcación, como en el caso de las dragas (de arrastre o de punto fijo[13]) o nucleadores. De igual forma se utilizan las redes manuales (por ejemplo, el tipo D-net) para aguas poco profundas y profundas (hasta 1 m). Posteriormente, las muestras se conservan

[12] Organismos heterótrofos que viven en la región del fondo de un lago o mar que dependen de la materia orgánica que desciende hacia el fondo.
[13] Van Veen, Ekman, Ponar, Petersen.

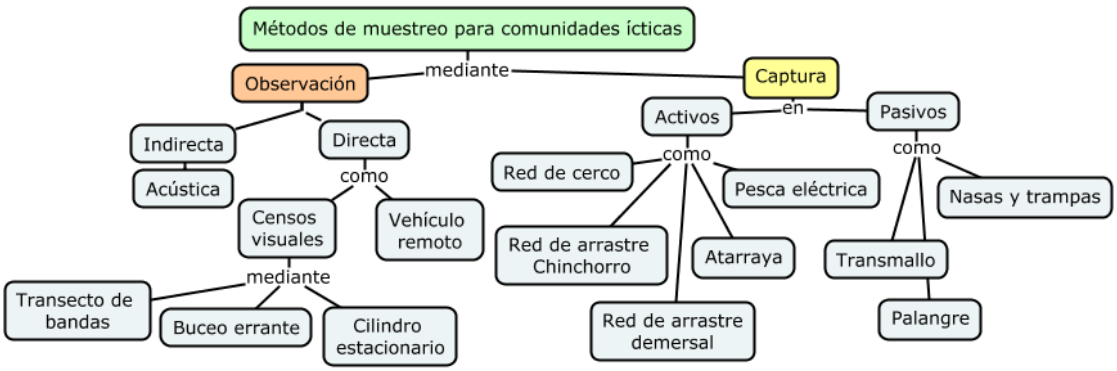
en alcohol etílico al 70% o con formalina[14] hasta su análisis en laboratorio. Se reportan los datos de campo: latitud y longitud del muestreo, datos de profundidad, punto (s) de referencia, parámetros (temperatura ambiente, temperatura del agua, pH, salinidad, turbidez), método de colecta, reactivos de fijación y preservación, así como otros datos que se consideren importantes. Finalmente se recurre a las guías de identificación taxonómica.

3.4.11.3.4. Necton (peces)

La colecta de peces se puede realizar a través de varios métodos (véase figura 9)

Figura 9

Métodos de muestreo para el componente necton



Nota. Adaptado de (INVEMAR, 2013)

Luego de la selección y ejecución del método de muestreo, se colecta la información de campo. Se detalla datos geográficos, fecha y duración de la colecta, tipo de cuerpo de agua, pH, Oxígeno Disuelto, Temperatura (del agua y ambiental), velocidad y dirección del viento, parámetros ambientales (calidad del agua, profundidad de captura, velocidad de la corriente, tipo de sustrato y vegetación, tipo de hábitat) estado general de los organismos, datos de captura (métodos, nombre de los colectores, etc.). Revisar la literatura sobre especies endémicas, raras, o listadas en alguna categoría de riesgo (IUCN, NOM-059-SEMARNAT, etc.). Se determina la densidad, abundancia relativa, riqueza y

[14] Eficiente en concentraciones bajas (5%). Manéjese en condiciones ventiladas (carcinogénico)

abundancia de las especies, índices (Margalef, equitatividad, diversidad de Shannon-Wiener y dominancia)

3.4.11.3.5. Mamíferos, tortugas y aves marinas

De forma general, la colecta de información se realiza mediante observaciones directas en buques de investigación, utilizando los métodos de transectos lineales (avistamientos) y conteo directo. Se registran datos sobre la identificación de especies observadas, número de individuos, comportamiento, hora y coordenadas geográficas de los avistamientos. Precisar la identificación, distribución, diversidad y abundancia, así como el listado de especies de mamíferos, tortugas y aves marinas, incluyendo a aquellas de interés ecológico (NOM-059-SEMARNAT, CITES, UICN) o de importancia económica. Incluir el análisis de las áreas sensibles para las especies como zonas de reproducción, crianza, refugio y/o rutas migratorias.

3.4.12. Paisaje

La expresión del paisaje se realiza a través de los aspectos bióticos en función del tiempo y la escala de observación con enfoques estético[15], espacial, ambiental, social y territorial a tomar en cuenta para el estudio de la visibilidad, calidad y fragilidad visual.

1. Análisis de la visibilidad[16].Comienza con la delimitación de la cuenca visual, entendida como la superficie visible desde un punto o conjunto de ellos. La herramienta ArcGis nos permite realizar un análisis de visibilidad (en formato ráster) mediante la extensión *Spatial Analyst* y la orden *Viewshed*. Para ello, se requiere el modelo digital del terreno[17] y los puntos del territorio para los que se desea calcular la cuenca visual.
2. Calidad visual del paisaje. El paisaje se identifica mediante el conjunto de interrelaciones derivadas de la interacción entre la geomorfología, el clima, la vegetación, fauna, agua y modificaciones antropogénicas. Por

[15] Combinación armoniosa de formas y colores
[16] Base para la determinación de la calidad y fragilidad visual del paisaje.
[17] Obtenido de INEGI

ello, para estudiarlo se deben inquirir sus elementos constituyentes. Para tal fin, se utiliza el método indirecto BLM (Bureau of Land Management) basado en la evaluación de las características visuales de los componentes del paisaje: *morfología, vegetación, agua, color, fondo escénico, rareza y actuación humana* al asignar un puntaje a cada componente según criterios de valoración y la suma total de los puntajes parciales determina la clase de calidad visual comparada con una escala de referencia. Se deberá incluir la distribución espacial de las categorías de calidad visual.

3. La fragilidad visual es la capacidad de respuesta del paisaje ante la actuación humana. Depende del tipo de actividad que se pretenda realizar. Comprende *factores biofísicos* como la vegetación (densidad, diversidad de estratos, altura, estacionalidad, contraste cromático dentro de la vegetación y contraste cromático de la vegetación y el sustrato superficial) y la topografía (pendiente y orientación-luminosidad), *factores histórico-culturales* (cercanía a elementos singulares, cercanía a vías de comunicación y núcleos poblacionales, y accesibilidad visual) y *factores de visualización* (tamaño, forma y compacidad de la cuenca visual, y altura relativa del punto con respecto a su cuenca visual).

3.4.13. Medio Socioeconómico y cultural

Para llevar a cabo la caracterización, se parte de la búsqueda y consulta de información disponible[18], principalmente de INEGI (censos de población y vivienda, proyecciones estadísticas de la población, educación, etc.). En primer lugar, se describe la extensión del área de estudio, los municipios donde se pretende instalar el proyecto, junto con sus colindancias. En la demografía implica saber cómo evoluciona la población de los municipios afectados (estructura por edad y sexo, natalidad, mortalidad, distribución entre las áreas rural y urbana y su densidad, proyecciones de crecimiento demográfico). Con respecto a las unidades territoriales, el acceso a servicios públicos

[18] Información complementaria puede ser obtenida de fuentes bibliográficas, consultas a ayuntamientos, representantes de distintos grupos sociales, ciudadanos, etc.

(alcantarillado, fuentes de abastecimiento de agua potable, sistemas de recolección y disposición de residuos sólidos, servicio de energía eléctrica, etc.) y sociales (vivienda, infraestructura educativa, de salud, recreativa, deportiva, de transporte). Analizar el sistema económico para las principales actividades productivas de los sectores primario[19], secundario[20] y terciario[21] en número y extensión, características del mercado laboral en cuanto al tipo de mano de obra y condiciones laborales, población económicamente activa, tendencias del empleo en el corto y mediano plazo, etc. Detallar y/o georreferenciar el sistema sociocultural como aquel derivado creencias, valores o tradiciones que identifican a la población, por ejemplo: monumentos históricos, restos arqueológicos, fiestas, danzas, etc.

3.5. Redacción del informe

Analizando la información contenida en el estudio, se procede a la redacción del informe final, último paso en la elaboración del estudio de línea base ambiental. Éste deberá ser escrito de manera sencilla y clara, describiendo los hallazgos encontrados en el ámbito de estudio. Aunque la estructura del informe final es variable, se enlistan a continuación algunos apartados en su contenido.

1. Título
2. Resumen ejecutivo
3. Introducción
4. Alcance
5. Objetivos
6. Descripción del ámbito de estudio
7. Situación inicial del área de influencia del proyecto
8. Aspectos metodológicos
9. Resultados
10. Referencias

---

[19] Agricultura, ganadería, silvicultura, caza, pesca, minería.
[20] Industria, construcción, producción energética,
[21] Servicios, comercio, transporte, hostelería, administración.

11. Apéndices
12. Listado de tablas y figuras

3. CONCLUSIONES

Un estudio de línea base ambiental contempla una descripción integral del estado del medio ambiente. Aporta un punto de orientación y justificación para guiar a los profesionales en la toma de decisiones al detectar cambios y tendencias a largo plazo. Ayudan a determinar los mecanismos y limitaciones que pudiesen encontrarse en el aseguramiento sostenible del medio ambiente. Proporcionan el contexto para la planificación y el diseño de nuevos proyectos, pueden utilizarse para implementar políticas de desarrollo a mediano y largo plazo.

En este sentido, es necesario que todo proyecto cuente con un inventario ambiental, donde se describa su ubicación geográfica, extensión territorial, las relaciones con su medio físico, biótico (flora y fauna) y socioeconómico-cultural, para mostrar el estado de conservación o deterioro de los recursos naturales presentes en el área de estudio, considerando (en su análisis) la cartografía, estudios preexistentes, muestreos, análisis de laboratorio, etc. Siendo el punto de partida para que, luego de la ejecución del proyecto, se puedan evaluar los impactos (positivos o negativos) y posteriormente ofrecer soluciones a los requerimientos que las empresas deben de cumplir ante las autoridades competentes.

Considerando la relevancia que tienen los estudios de línea base ambiental, se requiere que la elaboración del inventario debe ser realizada por profesionales especializados en su realización, para garantizar un buen nivel de colecta e interpretación de los resultados.

Es conveniente mencionar que un estudio de LBA se detalla de manera exhaustiva en cuanto a las variables que permitan la predicción y seguimiento de los impactos ambientales y de sus tendencias a futuro.

Cabe recordar, que la profundidad y amplitud del estudio dependerá de la complejidad del proyecto, obra o actividad que se planea, los datos disponibles, la experiencia de los investigadores, etc. Poniendo en evidencia, la existencia de áreas de importancia ecológica para ejercer un adecuado manejo y conservación de sus componentes ambientales, con el creciente aumento de las actividades antropogénicas. En conjunto con los Sistemas de Información Geográfica, permiten visualizar la distribución, la calidad y cantidad de los recursos disponibles para gestionar las actividades humanas y lograr el desarrollo sostenible, por ello deben realizarse de manera objetiva, concreta y con la mejor información disponible.

De acuerdo con las metodologías y técnicas de levantamiento de información ambiental empleadas en este trabajo se puede lograr el seguimiento a las actividades de los diferentes sectores productivos de una manera efectiva para el desarrollo de los proyectos, contribuir al desarrollo sostenible y dar cumplimiento ante las instancias correspondientes.

4. FUENTE

DGIRA. (s.f.). Recuperado el 01 de Febrero de 2020

A, G. (2005). Concepto de impacto ambiental. En A. Garmendia, *Evaluación de impacto ambiental* (págs. 17-18). Madrid, España: Pearson Education.

Albert Botella Plana, A. M. (2011). *Introducción a los sistemas de información geográfica y geotelemática.* Barcelona: UOC.

Albert, L. A. (1995). Contaminación ambiental. Origen, clases, fuentes y efectos. En J. Flores, *La contaminación y sus efectos en la salud y el ambiente* (págs. 40-41). Veracruz.

Apuntes de cartografía. (2010). Obtenido de https://docplayer.es/81241193-Catedra-de-sensores-remotos-apuntes-de-cartografia.html

Ávila, P. Z. (2018). La sustentabilidad o sostenibilidad: un concepto poderoso para la humanidad. *Tabula Rasa*(28), 409-423.

Barrenetxea, C. O. (2003). Introducción. En C. O. María Nieves González Delgado, *Contaminación ambiental: una visión desde la química* (págs. 19-20). Madrid: Paraninfo.

Brown, F. (2008). Apertura y respuesta ambiental: la industria textil mexicana. En R. O. Jenkins, *Ambiente e industria en México: Tendencias, regulación y comportamiento empresarial* (págs. 139-141). México: El Colegio de México.

Calderón, J. P. (2010). La política Ambiental en México. *El Cotidiano*, 91-97. Recuperado el 28 de Enero de 2020, de https://www.redalyc.org/pdf/325/32513882011.pdf

Carson, R. L. (1962). Silent Sprint. En R. L. Carson, *Silent Sprint.* USA: Mariner Books.

Centro de investigaciones en Geografía Ambiental. (2011). Técnicas de muestreo para manejadores de recursos naturales. México.

CEQ. (2007). *Guía para el ciudadano sobre NEPA (versión en español).* Recuperado el 22 de Enero de 2020, de https://ceq.doe.gov/docs/get-involved/citizens-guide-spanish.pdf

Chiner, M. J. (2009). El agua: estudios interdisciplinarios. Barcelona. Obtenido de https://books.google.com.mx/books?id=QrVpl5P94xMC&pg=PA142&dq=drastic&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwigr-_xx-T3AhWaD0QIHXPgDRMQ6AF6BAgEEAI#v=onepage&q=drastic&f=false

Colin J. Bibby, N. D. (1992). *Bird Census Techniques.* Londres: Academic Press.

CONABIO. (2013). Módulo geográfico. México.

Dale A. Quattrochi, M. F. (1997). *Scale in Remote Sensing and GIS.* Estados Unidos : CRC Press Inc.

Declaración de Estocolmo sobre el Medio Ambiente Humano. (1972). Estocolmo.

Domínguez-Villalobos, L., & Brown-Grossman, F. (2007). El gasto ambiental: diagnósticos y reflexiones de política. En J. L. Calva, *Sustentabilidad y desarrollo ambiental* (Vol. 14, págs. 43-45). México: Porrúa.

Eleanor Albert, B. X. (18 de Enero de 2016). China's Environmental Crisis. Obtenido de https://www.cfr.org/backgrounder/chinas-environmental-crisis

Elisa Maritza Linares Guerra, S. D. (2021). Metodología para el diagnóstico ambiental comunitario con fines investigativos desde el posgrado académico. *Universidad y Sociedad*, 309-319.

Environmental Canadá. (1996). *Canada's National Environmental Indicators Series*. Obtenido de http:// www1.sid.ncr.doe.ca/~ind/dfault.htm

Espinoza, G. (2001). Contenidos de los estudios de Impacto Ambiental. En G. Espinoza, *Fundamentos de Evaluación de Impacto Ambiental* (pág. 82). Santiago, Chile.

FAO. (Diciembre de 2005). *Formulación y análisis detallado de proyectos*. Obtenido de http://www.fao.org/3/a0323s/a0323s05.htm

FAO. (2012). Recuperado el 07 de Enero de 2020, de http://www.fao.org/3/a-i2802s.pdf

FAO. (2017). Directrices voluntarias sobre monitoreo forestal nacional. Roma.

Francisco Chávez Escobar, J. C. (2012). Manual para Evaluación de Línea Base Componente Fauna Silvestre. Chile.

Franz Pucha, A. F. (2017). *Fundamentos de SIG.* Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/318447525_Fundamentos_de_SIG

García, F. G. (2011). Método para contar aves terrestres. En INECC, *Manual de técnicas para el estudio de la fauna* (pág. 377).

Gutiérrez, J. F. (1990). *Guía General del Archivo Histórico de la Secretaría de salud.* México. Recuperado el 28 de Enero de 2020, de http://pliopencms05.salud.gob.mx:8080/archivo/guiasdelosfondos/GuiaGeneralArchivoHistorico.pdf

Héctor Villareal, M. Á. (2004). Métodos para el análisis de datos:una aplicación para resultados provenientes de caracterizaciones de biodiversidad. Programa de inventarios de biodiversidad. Instituto de Investigación en Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. (C. M. G., Ed.) Colombia.

Hernández, M. Q. (2011). *Tecnologías de la Información Geográfica (TIG), cartografía, fotointerpretación, teledetección y SIG.* Salamanca, España: Universidad de Salamanca.

IMA. (Julio de 2002). La experiencia de aplicación de metodologías y técnicas en el levantamiento de información ambiental.

INECC. (2018). *Presentación de los Resultados del Inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero.* Recuperado el 27 de Enero de 2020, de https://www.gob.mx/inecc/articulos/presentacion-de-los-resultados-del-inventario-nacional-de-emisiones-de-gases-y-compuestos-de-efecto-invernadero-152782?idiom=es

INEGI. (2014). Uso del suelo y vegetación escala 1:250 000. En *Guía para la interpretación de cartografía* (pág. 195). México.

INEGI. (2016). Nota informativa, sistemas de referencia geodésicos en Mëxico. México.

Instituto Geológico y Minero de España. (2004). En *Manual de restauración de terrenos y evaluación de impactos ambientales en minería* (págs. 219-220). Madrid.

INVEMAR. (2013). Manuel de métodos de ecosistemas marinos y costeros con miras a establecer impactos ambientales. Colombia.

LGEEPA. (2018). Capítulo I: Normas preliminares. México, México, México.

López, T. (2015). Diccionario de Geografía aplicada y profesional. Terminología de análisis, planificación y gestión del territorio.

Marcos, U. N. (2014). Métodos de colecta identificación y análisis de comunidades biológicas plancton, perifiton, bentos (macroinvertebrados) y necton (peces) en aguas continentales del Perú. Perú.

Martínez, R. Q. (Diciembre de 2007). Indicadores ambientales y de desarrollo sostenible: avances y perspectivas para América Latina y el Caribe . Santiago de Chile.

MINAM. (2015). Guía de inventario de la fauna silvestre. Lima, Perú. Obtenido de https://www.minam.gob.pe/patrimonio-natural/wp-content/uploads/sites/6/2013/10/GU%C3%83-A-DE-FAUNA-SILVESTRE.compressed.pdf

MINAM. (2018). Guía Metodológica de Peritaje Ambiental. Herramienta para la reparación integral de daños ambientales. (1a.). Quito, Ecuador.

MINAM. (2018). Guía para la elaboración de la línea base en el marco del sistema nacional de evaluación del impacto ambiental. San Isidro, Lima, Perù.

MINAMBIENTE. (2018). Metodología general para la elaboración y presentación de estudios ambientales. Colombia.

Montoya, J. M. (2020). *Publicación bimestral de divulgación externa.* IMT. Obtenido de https://imt.mx/resumen-boletines.html?IdArticulo=506&IdBoletin=184

OCDE. (2001). Environmental Indicators. Towards Sustainable Development. París.

ONU. (1992). Conferencia de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente y el Desarrollo (CNUMAD). *Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo.* Río de Janeiro.

ONU. (3 al 14 de junio de 1992). *Informe de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Humano.* Estocolmo. Obtenido de https://www.un.org/spanish/esa/sustdev/documents/declaracionrio.htm

Orea, D. G. (2013a). En D. G. Orea, *Evaluación de impacto ambiental* (pág. 23). Madrid: Mundi-Prensa.

Orea, D. G. (2013b). Medio ambiente. En D. G. Orea, *Evaluación de impacto ambiental* (pág. 39). Madrid: Mundi-Prensa.

Pari, V. (2019). Guía de evaluación de impactos ambientales. Perú.

PNUMA. (2000). Convención de Viena y el Protocolo de Montreal. Obtenido de http://www.paot.org.mx/centro/ine-semarnat/informe02/estadisticas_2000/compendio_2000/04dim_institucional/04_10_Cooperacion_internacional/data_cooperacion/RecuadroIV.10.2_a.htm

Presidencia de la República. (31 de Octubre de 2014). LGEEPA, en materia de Evaluación del Impacto Ambiental. México: Diario Oficial de la Federación.

Quiroga, R. (2001). *Indicadore de sostenibilidad ambiental y de desarrollo sostenible: estado del arte y perspectivas.* Obtenido de https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/5570/S0110817_es.pdf

Raisz, E. (1985). *Cartografía* (7ma. ed.). Barcelona: Omega.

SEMARNAT. (Septiembre de 2000). *Gestión ambiental hacia la industria.* México. Recuperado el 20 de Enero de 2020, de http://cambioclimatico.gob.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/publicaciones/140/256_2000_Gestion_ambiental_industria.pdf?sequence=1&isAllowed=y

SEMARNAT. (2019). Obtenido de https://www.gob.mx/semarnat/que-hacemos

UAM. (Diciembre de 2011). *Tutorial básico para la elaboración de mapas con ArcGIS.* Obtenido de http://biblioteca.uam.es/cartoteca

Valdés, T. V., Castillo, J. A., Lilo, J. C., & Santana, Z. C. (2005). Normatividad ambiental e instituciones ambientales. En T. V. Valdés, *Ecología y medio ambiente* (págs. 187-188). México: Pearson Educación.

Vargas, M. C. (2003). Legislación internacional. En M. C. Vargas, *Historias y políticas nacionales de conservación* (págs. 151-153). Costa Rica: EUNED.

Vides, M. P. (Diciembre de 2019). Estudios de línea base ambiental marina. Documento de orientación para la industria del petróleo y el gas. 37. Colombia.

Wabo, E. (2002). Curso de biometría forestal. Buenos Aires.

Wright, B. J. (1999). En B. J. Wright, *Ciencias ambientales: ecologia y desarrollo sostenible* (págs. 6-7). Pearson-Prentice Hall.