



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y
AMBIENTALES**

CARRERA DE INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES

**EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES DE LAS ACTIVIDADES
ANTRÓPICAS EN LA MICROCUCNCA DEL LAGO YAHUARCOCHA**

AUTORAS:

QUINTANA TEANGA EVELYN GRACIELA

TINGO REVELO LEILA MICAELA

DIRECTOR:

ING. LAYANA BAJAÑA ELEONORA MELISSA, MSc

IBARRA, 2023

DATOS GENERALES

TÍTULO DEL TRABAJO DE GRADO: EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES DE LAS ACTIVIDADES ANTRÓPICAS EN LA MICROCUENCA DEL LAGO YAHUARCOCHA.

FACULTAD: INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

CARRERA: INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES

TIPO DE TRABAJO DE GRADO:

- INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: CALIDAD AMBIENTAL

LUGAR DONDE SE REALIZARÁ: YAHUARCOCHA, IBARRA.

FECHA DE INICIO: MARZO 2021

AUTOR/ES: QUINTANA TEANGA EVELYN GRACIELA

TINGO REVELO LEILA MICAELA

DIRECTOR/A SUGERIDO/A: ING. LAYANA BAJAÑA ELEONORA MELISSA, MSc.

SUPERVISOR EXTERNO: ING. JORGE CASTRO. DEPARTAMENTO DE GESTIÓN AMBIENTAL EN EL GOBIERNO PROVINCIAL DE IMBABURA.

ASESORES SUGERIDOS: BIOL. JORGE RENATO OQUENDO ANDINO MSc.

ING. SANTIAGO SALAZAR TORRES MSc.



CERTIFICACIÓN TRIBUNAL TUTOR TRABAJO DE TITULACIÓN

Ibarra, 25 de mayo 2023.

Para los fines consiguientes, una vez revisado el documento en formato digital el trabajo de titulación: **“EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES DE LAS ACTIVIDADES ANTRÓPICAS EN LA MICROCUENCA DEL LAGO YAHUARCOCHA”**, de autoría del señor /itas Quintana Teanga Evelyn Graciela y Tingo Revelo Leila Micaela estudiantes de la Carrera de **INGENIERÍA RECURSOS NATURALES RENOVABLES** el tribunal tutor **CERTIFICAMOS** que el/la autor/a o autores ha procedido a incorporar en su trabajo de titulación las observaciones y sugerencia realizadas por este tribunal.

Atentamente,

TRIBUNAL TUTOR

FIRMA

ING. LAYANA ELEONORA MELISSA, MSc.
DIRECTOR TRABAJO TITULACIÓN

BIOL. JORGE RENATO OQUENDO ANDINO MSc.
MIEMBRO TRIBUNAL TUTOR TRABAJO DE TITULACIÓN

ING. SANTIAGO SALAZAR TORRES MSc.
MIEMBRO TRIBUNAL TUTOR TRABAJO DE TITULACIÓN



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	1004137046		
APELLIDOS Y NOMBRES:	QUINTANA TEANGA EVELYN GRACIELA		
DIRECCIÓN:	Pugacho Bajo, Ejido de Caranqui		
EMAIL:	egquintanat@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO:	2631230	TELÉFONO MÓVIL:	0997847055

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES DE LAS ACTIVIDADES ANTRÓPICAS EN LA MICROCUENCA DEL LAGO YAHUARCOCHA
AUTOR (ES):	- QUINTANA TEANGA EVELYN GRACIELA - TINGO REVELO LEILA MICAELA
FECHA: DD/MM/AAAA	06/06/2023
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	<input type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniera en Recursos Naturales Renovables
ASESOR /DIRECTOR:	ING. LAYANA BAJAÑA ELEONORA MELISSA, MSc

2. CONSTANCIAS

El autor (es) manifiesta (n) que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es original y que es (son) el (los) titular (es) de los derechos patrimoniales, por lo que asume (n) la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá (n) en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 06 días del mes de Junio de 2023

EL AUTOR:

.....
QUINTANA TEANGA EVELYN GRACIELA



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	1725650863		
APELLIDOS Y NOMBRES:	TINGO REVELO LEILA MICAELA		
DIRECCIÓN:	Ejido de Caranquí, Urbanización Forjando Amigos		
EMAIL:	lmtingor@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO:	-	TELÉFONO MÓVIL:	0986486928

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES DE LAS ACTIVIDADES ANTRÓPICAS EN LA MICROCUENCA DEL LAGO YAHUARCOCHA
AUTOR (ES):	- QUINTANA TEANGA EVELYN GRACIELA -TINGO REVELO LEILA MICAELA
FECHA: DD/MM/AAAA	06/06/2023
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	<input type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniera en Recursos Naturales Renovables
ASESOR /DIRECTOR:	ING. LAYANA BAJAÑA ELEONORA MELISSA, MSc

2. CONSTANCIAS

El autor (es) manifiesta (n) que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es original y que es (son) el (los) titular (es) de los derechos patrimoniales, por lo que asume (n) la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá (n) en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 06 días del mes de Junio de 2023

EL AUTOR:

TINGO REVELO LEILA MICAELA

Dedicatoria

El presente trabajo está dedicado a todos aquellos que han sido una parte integral en mi camino académico y personal, quienes me dedicaron su tiempo y apoyo incondicional a todo momento.

A mis padres Galo Quintana y Esthela Teanga por todos los sacrificios realizados y por todo su apoyo, a pesar de que hemos pasado momentos difíciles siempre han estado conmigo brindándome todo su amor incondicional y por creer en mí desde el primer día, ustedes han sido la clave de mi éxito.

Evelyn Quintana Teanga

Dedicatoria

Llena de regocijo, de amor y esperanza dedico este trabajo a mis padres Silvia Revelo y Rene Tingo, quienes son los principales promotores para haber llegado a culminar esta etapa muy importante de mi vida.

De igual manera al pilar fundamental de mi vida, mis niños Militan Rene, Sammy Anthonella quienes son y serán siempre mi motivo de superación diaria y a mi compañero de vida Bryan Córdova, este logro alcanzado no es solo mío sino es nuestro.

A mis hermanas Skarly y Belén que son y serán siempre mi ejemplo por seguir.

Leila Micaela Tingo Revelo

Agradecimientos

Agradezco a Dios, por estar conmigo en todo momento, por siempre guiar e iluminar mi camino, por toda la fuerza y valentía que me dio para asumir y solucionar los momentos más difíciles de mi vida y porque nunca dejo que me diera por vencida.

A Itamar Ferney Urbina gracias por haberme apoyado en todo momento incondicionalmente día a día a lo largo de mi vida y de mi carrera con mucho esfuerzo, dedicación y amor, gracias por los consejos, por el tiempo, por la paciencia y gracias de todo corazón por siempre estar conmigo para que culmine esta grandiosa etapa de mi vida y por alcanzar este logro académico, que es nuestro.

A mi amiga Alisson Navarrete, gracias por las risas y el estudio, por las conversaciones motivacionales que necesitaba cuando sentía que no podía más o que dejaba todo, y los momentos que compartimos juntas.

A todos los docentes de la Universidad Técnica del Norte, que me brindaron todos los conocimientos y habilidades para crecer durante mi vida estudiantil.

Evelyn Quintana Teanga

Agradecimientos

Agradezco eternamente a Dios, por ser siempre mi mejor maestro y llenarme de sabiduría en lo largo de esta carrera; de igual manera a mi ángel en el cielo que siempre estará presente en mi vida mi abuelita Marujita.

A mi madrecita querida Silvita Revelo, a mi papito Rene Tingo y a mis hermanas Skarly y Belén, Dios le pague por todo su esfuerzo, dedicación y apoyo incondicional, porque nunca nos dejaron solos a mi hijo y a mí en esta larga travesía.

A Militan Córdova, gracias hijito mío porque contigo inicie esta etapa, porque nunca fuiste un impedimento sino fuiste esa chispita de energía que siempre estaba cuando ya declinaba.

A mi amiga incondicional Anita Cárdenas, gracias por ser siempre mi confidente, mi apoyo y mi consejera, gracias por todas esas vivencias y experiencias que siempre quedaran guardadas en mi corazón.

Finalmente, un agradecimiento especial a mi Ing. Melissa Layan por ser parte fundamental de la culminación de este proyecto; de igual manera a los docentes de la Universidad Técnica del Norte por haberme brindado sus conocimientos con sus experiencias e ilustraciones.

Leila Micaela Tingo Revelo

Contenido	Páginas
RESUMEN.....	XV
ABSTRACT	XVI
CAPÍTULO I.....	1
INTRODUCCIÓN	1
1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Problema de Investigación	6
1.3 Objetivos	9
<i>1.3.1 Objetivo general.....</i>	<i>9</i>
<i>1.3.2 Objetivos específicos.....</i>	<i>9</i>
1.5 Preguntas Directrices de la Investigación.....	10
CAPÍTULO II	11
REVISIÓN DE LITERATURA.....	11
2.1 Marco teórico referencial	11
<i>2.1.1 Ecosistemas lacustres</i>	<i>11</i>
<i>2.1.2 Turismo y ambiente.....</i>	<i>12</i>
<i>2.1.3 Contaminación de los ecosistemas lacustres.....</i>	<i>15</i>
<i>2.1.4 Impacto ambiental</i>	<i>19</i>
<i>2.1.5 Evaluación de impacto ambiental.....</i>	<i>20</i>
<i>2.1.6 Aceites y grasas.....</i>	<i>21</i>
<i>2.1.7 Cloro.....</i>	<i>21</i>
<i>2.1.8 Nitratos.....</i>	<i>22</i>
<i>2.1.9 Tensoactivos.....</i>	<i>24</i>
<i>2.1.10 Balance de masas.....</i>	<i>25</i>
2.2. Marco legal	26
<i>2.2.1 Constitución de la República del Ecuador</i>	<i>26</i>
<i>2.2.2 Convenios Internacionales.....</i>	<i>27</i>
<i>2.2.3 Código Orgánico del Ambiente</i>	<i>27</i>
<i>2.2.5 Acuerdo Ministerial 142.....</i>	<i>28</i>
<i>2.2.6 Plan de Creación de Oportunidades 2021 - 2025</i>	<i>28</i>
CAPÍTULO III.....	30
METODOLOGÍA.....	30

3.1 Descripción del área de estudio	30
3.2 Métodos.....	34
3.2.1 <i>Línea Base.....</i>	36
3.2.2 <i>Determinación de contaminantes presentes en los efluentes.....</i>	40
3.2.3 <i>Estrategias de Manejo Ambiental.....</i>	45
3.3 Materiales y Equipos	46
CAPÍTULO IV	48
RESULTADOS	48
4.1 Identificación de los impactos ambientales generados a partir de las actividades antrópicas en la microcuenca del lago Yahuarcocha.....	48
4.1.1 <i>Impactos ambientales relacionados al desarrollo de la actividad agrícola y pecuaria.....</i>	56
4.1.2 <i>Impactos ambientales relacionados a la urbanización</i>	58
4.1.3 <i>Impactos ambientales relacionados al desarrollo del turismo en la microcuenca del lago Yahuarcocha.....</i>	60
4.1.4 <i>Valoración de los impactos ambientales identificados en la microcuenca del lago Yahuarcocha.....</i>	64
4.2 Determinación de la carga contaminante presente en los efluentes generados por actividades antrópicas en la microcuenca del lago Yahuarcocha	68
4.3. Estrategias de mitigación de impactos ambientales en la microcuenca del lago Yahuarcocha.....	78
4.3.1 <i>Plan de gestión y regulación ambiental para restaurantes y/o locales gastronómicos de Yahuarcocha generadores de desechos a partir del eviscerado de pescado.....</i>	79
4.3.2 <i>Programa de manejo de desechos orgánicos generados a partir del eviscerado de pescado</i>	85
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	88
5.1 Conclusiones	88
5.2 Recomendaciones	89
REFERENCIAS.....	91
ANEXOS.....	105

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Pilares del Desarrollo Sostenible	14
Tabla 2. Coordenadas del Lago Yahuarcocha, proyección UTM, Datum WGS 84, zona 17S	32
Tabla 3. Valoración de factores para la evaluación de aspectos ambientales	38
Tabla 4. Carácter de los aspectos ambientales	39
Tabla 5. Descripción de contaminantes	41
Tabla 6. Criterios para la toma de muestras de agua	42
Tabla 7. Esquema para valores de carga contaminante	43
Tabla 8. Listado de materiales y equipos	46
Tabla 9. Aspectos e impactos ambientales relacionados con las actividades agrícolas y pecuaria	57
Tabla 10. Población de la microcuenca del lago Yahuarcocha.....	58
Tabla 11. Aspectos e impactos ambientales relacionados con las actividades de urbanización	59
Tabla 12. Aspectos e impactos ambientales relacionados con las actividades recreativas y de turismo	62
Tabla 13. Valoración de los problemas ambientales identificados en la microcuenca del lago Yahuarcocha – Matriz Vester	65
Tabla 14. Puntos de muestreo de agua en la zona baja de la microcuenca del lago Yahuarcocha	68
Tabla 15. Parámetros analizados por cada muestra de agua de efluente	69
Tabla 16. Carga contaminante por cada efluente muestreado	71
Tabla 17. Marco ordenador presión - estado - respuesta y actividades para el programa de manejo de residuos orgánicos del eviscerado de pescado	87
Tabla 18. Marco ordenador presión - estado - respuesta y actividades para el programa de manejo de descargas de aguas residuales domésticas.....	82

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	<i>Localización de la Microcuenca del Lago Yahuarcocha, Imbabura, Ecuador</i>	31
Figura 2	<i>Esquema metodológico para el desarrollo de los objetivos de la investigación</i>	35
Figura 3	<i>Esquema del Modelo Presión – Estado – Respuesta</i>	46
Figura 4	<i>Principales problemas ambientales</i>	48
Figura 5	<i>Modificación del paisaje por el desarrollo de las actividades antrópicas.</i>	49
Figura 6	<i>Cambios que ha presentado el paisaje por el desarrollo de las actividades humanas</i>	50
Figura 7	<i>Actividades que causan un mayor impacto en el ambiente</i>	51
Figura 8	<i>Actividades que causan un mayor impacto en el ambiente</i>	51
Figura 9	<i>Actividades económicas que se desarrollan en la comunidad</i>	52
Figura 10	<i>Componentes afectados por las actividades humanas.</i>	53
Figura 11	<i>Afectaciones por la baja calidad del aire, agua o suelo.</i>	54
Figura 12	<i>Importancia del cuidado y protección de los espacios naturales.</i>	54
Figura 13	<i>Soluciones viables para reducir los impactos ambientales.</i>	55
Figura 14	<i>Contribución de los pobladores en la conservación del ecosistema de la microcuenca del lago Yahuarcocha.</i>	56
Figura 15	<i>Identificación de problemas críticos, activos, pasivos e indiferentes en la microcuenca del lago Yahuarcocha.</i>	66
Figura 16	<i>Correlación de Pearson entre los valores de DBO y DQO.</i>	71
Figura 17.	<i>Relación de biodegradabilidad entre DBO y DQO</i>	73

ÍNDICE DE ECUACIONES

Probabilidad de impactos ambientales (1)	43
Severidad de impactos ambientales (2).....	44
Carga contaminante en efluentes (3).....	434

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y
AMBIENTALES
CARRERA DE INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES
RENOVABLES

EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES DE LAS ACTIVIDADES
ANTRÓPICAS EN LA MICROCUENCA DEL LAGO YAHUARCOCHA

Autoras: Quintana Teanga Evelyn Graciela
Tingo Revelo Leila Micaela

RESUMEN

El marcado deterioro de los cuerpos de agua superficiales es prioritario realizar una evaluación que permita su adecuada gestión, incluyendo acciones de control y mitigación del nivel de contaminación y el riesgo sanitario asociado. Cada curso de agua posee características y problemáticas naturales y ambientales específicas, la microcuenca del lago Yahuarcocha se encuentra en estado de eutrofización, debido a los vertidos diarios con cargas altas de contaminantes generadas de las distintas actividades antrópicas. El propósito de este estudio fue—determinar los impactos ambientales generados por las actividades antrópicas que se desarrollan en la microcuenca del lago Yahuarcocha, analizar la carga contaminante y proponer estrategias que permitan mitigar y regular estas actividades, los resultados evidenciaron que los impactos ambientales que afectan a la microcuenca se encuentran ligados a las actividades agrícolas, pecuarias, eviscerado del pescado, descargas de efluentes, urbanización, gastronomía y el turismo; lo que a su vez genera una alta carga contaminante en diferentes parámetros donde los valores encontrados para DQO, aceites y grasas, cloro residual y turbiedad, superan el límite permisible respecto a los criterios de calidad de agua establecidos en la normativa legal vigente para de zonas de protección y conservación de entornos naturales acuáticos y áreas de recreación. En base a estos resultados se plantearon estrategias mediante la metodología PER, con la finalidad de reducir los contaminantes del lago hasta alcanzar los valores máximos permisibles de acuerdo con la norma y estándar legal.

Palabras clave: Antrópico, contaminantes, eviscerado, parámetros, cloro residual, protección.

ABSTRACT

The marked deterioration of surface water bodies makes it a priority to conduct an assessment that allows for their proper management, including actions to control and mitigate pollution levels and associated health risks. Each watercourse has specific natural and environmental characteristics and issues. The Yahuarcocha Lake micro-basin is experiencing eutrophication due to daily discharges of high pollutant loads from various human activities. The purpose of this study was to determine the environmental impacts generated by human activities in the Yahuarcocha Lake micro-basin, analyze the pollutant load, and propose strategies to mitigate and regulate these activities. The results revealed that the environmental impacts affecting the micro-basin are linked to agricultural and livestock activities, fish processing, effluent discharge, urbanization, gastronomy, and tourism. These activities contribute to a high pollutant load across various parameters, where the values for DQO, oil and grease, residual chlorine, and turbidity exceed the permissible limits established by the current legal regulations for protected areas and conservation of aquatic environments and recreational areas. Based on these results, strategies were proposed using the PER methodology to reduce lake pollutants to meet the maximum allowable values according to the regulations and legal standards.

Keywords: Anthropogenic, pollutants, evisceration, parameters, residual chlorine, protection.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

En el presente capítulo se presenta el problema de investigación relacionado con la evaluación de los impactos ambientales generados a partir de las actividades antrópicas en el lago Yahuarcocha, a su vez se detalla la justificación e importancia de estudio, además se plantea los objetivos a ser desarrollados para este estudio.

1.1 Antecedentes

En la actualidad es evidente la degradación del medio natural, producto del intenso desarrollo de actividades antropogénicas a lo largo del tiempo, relacionadas directamente con la explotación y aprovechamiento de los recursos naturales, resultando en diversos problemas ambientales en la calidad del aire, la contaminación de cuerpos de agua, la erosión de suelos y la degradación de la cubierta vegetal (Pérez, et al., 2009; Bambi, 2021).

En este sentido, la emisión de gases tóxicos, generados por la actividad industrial y los vehículos automotores, ha causado el deterioro de la capa de ozono y el aumento de problemas como el calentamiento global, de igual manera, el vertido incorrecto de las aguas residuales de las empresas y los hogares ha modificado las condiciones de los cuerpos de agua como lagunas, presas, ríos y zonas litorales (Food and Agriculture Organization [FAO], 2009).

Factores como el crecimiento urbano, industrial y de servicios, la inadecuada disposición final de los residuos sólidos generados ha precipitado la contaminación, erosión y deterioro de la capacidad productiva de los suelos, e incluso la pérdida de la diversidad biológica (Chávez y Franco, 2003; Gumicio y Zúñiga, 2021). Ante esta crisis ambiental reflejada en todo el planeta, ha surgido un interés generalizado de la humanidad por preservar

espacios naturales que aseguren su desarrollo, frente a la propia dinámica de deterioro que generan las actividades antropogénicas (Chan-Cob, 2005).

Desde esta perspectiva, determinadas actividades humanas han propiciado la comercialización espontánea de los espacios naturales, con eventuales repercusiones para el entorno (Barandiarán, 2016). Es así como las prácticas recreativas y el turismo intensivo en el medio natural han permitido el aprovechamiento irracional de los recursos, con el supuesto de la sustentabilidad y la generación de menores impactos ambientales sobre las condiciones físicas y sociales de las regiones (Pérez, Zizumbo y González, 2009).

A su vez, el desarrollo del turismo en áreas naturales ha intensificado la fragilidad de los ecosistemas, la sobre estimación de la capacidad de carga del suelo, la extracción de flora y fauna de su hábitat natural, así como la contaminación del suelo y los cuerpos de agua, debido al inadecuado manejo de los residuos provocando diversos impactos negativos en el ambiente (Bringas y Ojeda, 2000; Brow y Therivel, 2012). Sin embargo, la actividad turística puede propiciar también impactos ambientales de carácter positivo, considerados como beneficios a partir del fortalecimiento de una conciencia para el adecuado aprovechamiento de los recursos naturales (Pérez, 2017).

En este contexto, el turismo enmarca diversas actividades entre ellas las gastronómicas desarrolladas por hoteles, restaurantes y pequeños emprendimientos informales, en la operación de estos sectores uno de los recursos más afectados es el agua, debido a que se generan residuos líquidos con distintos contaminantes que de no ser tratados adecuadamente afectan la calidad del agua de los medios receptores como quebradas, ríos, lagos, entre otros (Jacobo, 2018; Burns, 2016).

Estas actividades generan aguas residuales provenientes del lavado de los alimentos y utensilios, al descongelado de alimentos, así como a la limpieza de las instalaciones y el funcionamiento de los baños, por lo tanto, se puede encontrar que estos efluentes presentan altas concentraciones de materia orgánica, grasas y aceites, material sólido suspendido o disuelto, agentes tensoactivos y otros productos utilizados en limpieza (Cárdenas, 2019; Cutaia, 2016).

Bajo esta problemática, en el Ecuador actualmente, la actividad turística se ha incrementado y es promovida ampliamente en las áreas naturales, como un factor importante para el desarrollo, generando grandes ingresos económicos, de igual manera se plantea como una importante estrategia para el aprovechamiento de los recursos naturales, sustentada en el argumento del limitado impacto ambiental generado en el entorno natural (Santamaría y López, 2019).

No obstante, la excesiva acumulación del número de visitantes en determinadas temporadas al año, así como la realización de actividades recreativas sin control alguno en determinados espacios naturales, ha propiciado la generación de impactos ambientales (Environmental Law Alliance Worldwide, 2010). En el caso de la microcuenca del lago Yahuarcocha, aproximadamente un 40% de la superficie total ha experimentado un cambio en el uso del suelo respecto a la cobertura vegetal original.

Factores tales como el avance o expansión de la frontera agrícola y urbana, el constante incremento de las actividades turísticas en la zona media y baja de la microcuenca, actividades que generan aguas servidas mismas que llegan al lago a través de las descargas del sistema de alcantarillado hacia drenajes menores que confluyen en el cuerpo lacustre (Paredes, et al., 2019; Reascos et al., 2019).

La microcuenca del lago Yahuarcocha, se encuentra en la Cordillera de los Andes en la zona norte del Ecuador en la provincia de Imbabura a 2 200 m s.n.m. con una temperatura promedio de 15.9 °C y comprende una superficie de 293.7 ha; es importante destacar que en este lago desde hace muchos años se ha contemplado el desarrollo de las actividades turísticas como eje del aprovechamiento de los recursos, sin tomar en cuenta medidas enfocadas a la reducción de las implicaciones generadas (Jácome, et al., 2018).

El lago Yahuarcocha es un área natural que presenta un alto potencial turístico, inmerso dentro una zona altoandina provista de vegetación xerofítica, siendo un paisaje único en esta parte del territorio ecuatoriano; desde hace aproximadamente 60 años este ecosistema ha sido aprovechado como un atractivo turístico e idóneo para el desarrollo de diferentes actividades relacionadas al turismo, recreación y esparcimiento, principalmente sujeto a las necesidades de la demanda de los habitantes de la ciudad de Ibarra (Paredes, et al., 2019).

Según los registros de la Compañía de Economía Mixta Yahuarcocha CEMY (2015), el lago Yahuarcocha se ha convertido en una alternativa como destino turístico tanto para la población local y turistas nacionales y extranjeros, debido a la variada gama de servicios como: gastronomía, hotelería, deportes y esparcimiento, donde las actividades ligadas a estos servicios generan desechos e impactos ambientales considerables.

De acuerdo con Yépez (2016), la laguna de Yahuarcocha y sus alrededores reciben aproximadamente 70,000 visitantes al mes, con variaciones según el día de la semana. Se observa una clara tendencia a visitar la zona durante días festivos y fines de semana (el 97% de las visitas). Es importante destacar que esta afluencia de visitantes se mantiene a pesar de las condiciones de bioseguridad y restricciones impuestas por la pandemia del COVID-19.

Adicionalmente, en la Actualización del Plan de Manejo Integral de la Cuenca Hidrográfica de la Laguna de Yahuarcocha (2020), se menciona que el segmento turístico predominante es el turismo cultural, especialmente aquellos que llegan atraídos por la oferta gastronómica del poblado de San Miguel de Yahuarcocha, centrada en el consumo de pescado. En la zona existe un número estimado de 29 restaurantes formales registrados en la Dirección de Rentas de la Alcaldía (2018), además de otros pequeños comerciantes, mucho de ellos informales, que expenden pescados, frutas y otros productos destinados a cubrir la demanda de ese flujo turístico.

En el estudio realizado por Lugo-Morín y Torres-Cuapa (2015), destacan que el 85.7% de quienes laboran en estas actividades son mujeres, resaltando la importancia que tiene esta actividad en el sostenimiento de los hogares del sector. Esta actividad tiene más de 30 años de desarrollo en la zona, y aunque en sus inicios las tilapias eran extraídas de la laguna, la creciente demanda llevó a los expendedores a comprarlas a distribuidores que proporcionan el pescado para luego ser refrigerado hasta el momento que llega al consumidor (Valenzuela, 2011).

Actualmente la situación ambiental de la zona baja de la microcuenca del lago Yahuarcocha es alarmante, debido al deterioro de las condiciones ambientales y ecológicas, debido a que el lago se ha convertido en el cuerpo receptor de todos los drenajes de la microcuenca, por tal razón se evidencia un alto grado de eutrofización con una tendencia hacia niveles hipertróficos con elevadas concentraciones de nutrientes y materia orgánica, principalmente nitrógeno y fósforo (Portilla, 2015).

El problema de eutrofización del lago Yahuarcocha se origina en las constantes entradas de aguas servidas hacia el cuerpo lacustre, mismas que corresponden a las aguas servidas

provenientes de las actividades antrópicas desarrolladas en sus alrededores (Paredes, et al., 2019).

1.2 Problema de Investigación

El lago Yahuarcocha es considerado un lugar legendario y uno de los principales atractivos turísticos de la provincia de Imbabura. Sin embargo, a lo largo del tiempo se ha observado un rápido proceso de contaminación y deterioro ambiental causado por diversas actividades humanas, lo que resulta en la generación de desechos sólidos y líquidos, especialmente en la zona gastronómica del lugar, y ha tenido impactos negativos en el medio ambiente (Echeverría, 2007; Acevedo et al., 2013).

Según Roldán y Ramírez (2008), los sistemas acuáticos de alta montaña son de gran importancia para los países ubicados en la cordillera debido a su valor ecológico y social, ya que proveen bienes y servicios como energía, alimentos, captación de carbono y servicios recreativos. La calidad y disponibilidad de estos servicios dependen de la sustentabilidad del ecosistema.

La microcuenca del lago Yahuarcocha está afectada por la creciente actividad humana. Estudios realizados por López y Blanco (2004) señalan que el ecosistema lacustre enfrenta una fuerte presión antropogénica debido a la agricultura, la expansión urbana y la introducción de especies vegetales exóticas. Además, Pabón (2015) agrega que existe un alto nivel de contaminación en la microcuenca del lago debido al uso excesivo de agroquímicos, la descarga de aguas residuales en los afluentes del lago y la generación constante de basura como resultado de la actividad turística.

En de la microcuenca del lago Yahuarcocha se encuentran localizados los poblados de Yuracruz, Yuracucito, Bellaurco (zona alta), Aloburo, Olivo Alto (zona media), Priorato y San Miguel de Yahuarcocha, siendo este último el que genera mayor presión sobre los recursos naturales debido a su cercanía con el lago (GAD Ibarra, 2018; INEC, 2010).

Actualmente el problema más evidente dentro de la zona baja de la microcuenca del lago Yahuarcocha es el proceso de eutrofización que sufre este cuerpo de agua, debido a las descargas o vertidos diarios con cargas altas de contaminantes generadas de las distintas actividades antrópicas, estas descargas provocan reacciones químicas y estas a su vez interaccionan con los organismos vivos de este importante ecosistema, generando una progresiva acumulación de contaminantes y sedimentos (Paredes, et al., 2019).

De acuerdo con la Actualización del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Ibarra (2015 – 2023), se menciona que la microcuenca del lago Yahuarcocha ha sufrido cambios respecto a su uso de suelo a consecuencia de la actividad antrópica, donde un porcentaje del 41.43% de la superficie de la microcuenca corresponde al suelo subutilizado, mientras que el uso adecuado del suelo es solo de 9.17% (INEC, 2010).

Adicionalmente al proceso de eutrofización del lago, el cual es un proceso natural pero que se ha convertido en un problema ambiental grave para zona baja de la microcuenca, la pérdida de la cobertura vegetal, especialmente la vegetación nativa se ve afectada en la zona media – alta de la microcuenca debido a la actividad agrícola, actividad que se desarrolló en muchos de los casos en pendientes fuertes, esto ligado a malas prácticas de uso del suelo agravan los procesos erosivos, y a su vez la escasa precipitación no contribuye a la regeneración de la cobertura vegetal (GAD Ibarra, 2018; Rainforest Alliance, 2008).

Las comunidades ubicadas en la zona media y alta de la microcuenca tienen como actividades principales la ganadería y agricultura, destacando de esta última los monocultivos de papa (*Solanum sp.*). De acuerdo con el GAD de Ibarra esta zona presenta problemas de erosión, pérdida de cobertura vegetal, introducción de especies tales como eucalipto (*Eucaliptus globulus*) y pino (*Pinus patula*), el avance de la frontera agrícola y la presión sobre las áreas de páramo, factores que causan un fuerte impacto en la reserva hídrica del sector de La Carbonería (GAD Ibarra, 2019).

En este contexto, se busca que las actividades antrópicas sean una práctica sustentable a través de un conjunto de buenas prácticas ambientales para garantizar el desarrollo y el futuro de los moradores del sector de Yahuarcocha, mediante la colaboración con la comunidad local, incentivar la educación ambiental y promover la gestión de la energía, el agua y los residuos en toda la cadena alimentaria, de la producción, manipulación y distribución, son ejemplos de esas prácticas (Pozo, 2008).

En la presente investigación se evaluaron los impactos ambientales de las actividades antrópicas que se desarrollan en la microcuenca del lago Yahuarcocha, que permita orientar y regular estas actividades, para que se cumpla con la legislación ambiental vigente y no se originen afectaciones en el funcionamiento de dichas actividades, ni al desarrollo económico de la localidad, para ello es necesario diseñar estrategias enfocadas en la regulación, prevención, mitigación y compensar cada uno de los impactos generados por las actividades antrópicas, y de esta forma garantizar los derechos de la naturaleza para las actuales y futuras generaciones.

Tanto la calidad ambiental, como los derechos de la naturaleza, deben ser prioridades para las grandes definiciones políticas, económicas y productivas, contribuyendo a la

disminución del cambio climático, además de garantizar la conservación y el mantenimiento del patrimonio natural (Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo, 2017).

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Evaluar los impactos ambientales de las actividades antrópicas en la microcuenca del Lago Yahuarcocha.

1.3.2 Objetivos específicos

- Determinar los impactos ambientales generados por las actividades antrópicas presentes en la microcuenca del lago Yahuarcocha.
- Analizar la carga contaminante presente en los efluentes generados por las actividades antrópicas en el área de estudio.
- Proponer estrategias de manejo ambiental que mitiguen los impactos ambientales de las actividades antrópicas en la microcuenca del lago Yahuarcocha.

1.4 Hipótesis

Ho: La calidad del agua de la microcuenca del lago Yahuarcocha cumple con los límites permisibles de acuerdo con la legislación vigente.

Ha: La calidad del agua de la microcuenca del lago Yahuarcocha no cumple con los límites permisibles de acuerdo con la legislación vigente.

1.5 Preguntas Directrices de la Investigación

¿Cuáles son los impactos ambientales generados por las actividades antrópicas presentes en la microcuenca del lago Yahuarcocha?

¿Qué estrategias se deben implementar para contrarrestar los impactos negativos generados por las actividades antrópicas en el área de estudio?

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

En el presente capítulo se presenta la revisión de los aspectos conceptuales más relevantes de la investigación, considerando los diferentes factores ligados a las actividades antrópicas y su incidencia en los ecosistemas lacustres. A su vez se detalla la normativa legal vigente en la cual se encuentra enmarcada la investigación realizada.

2.1 Marco teórico referencial

2.1.1 *Ecosistemas lacustres*

Los ecosistemas lacustres o lagos se definen como un cuerpo sin salida al mar, estos se forman en una cuenca o embalse y se convierten en trampas de sedimentos que con el tiempo se llenan (Borona, et al., 2012). Estos ecosistemas presentan una gran biodiversidad, y se ven influenciados por diferentes factores tales como: su ubicación geográfica, condiciones de clima a la que se encuentran expuestos y a las actividades desarrolladas por el ser humano ligadas a los impactos ambientales que pueden generar estas últimas (Urreta, 2013).

Ramírez y Roldan (2008) mencionan que los ecosistemas lacustres corresponden a la categoría de aguas quietas o lenticas, estos presentan una interacción constante con su entorno formando parte de un sistema o unidad mayor, la cual cuenta con una cuenca de drenaje y el intercambio atmosférico.

La importancia de estos ecosistemas radica en el papel fundamental que desempeñan en diferentes procesos tales como hidrológico, ecológico, geomorfológico, además de sus funciones e interacciones con el ambiente, los lagos poseen valores estéticos y de valiosas

nociones relacionadas al tipo de uso del suelo y más actividades relacionadas a la parte social (Mitsch y Gosselink, 2003). Los lagos además de ser principales reservas de biodiversidad en el planeta son una fuente primordial que proporciona servicios ecosistémicos para el ser humano, de modo que cubren sus necesidades de abastecimiento, regulación y atractivo cultural. (Millenium Ecosystem Assessment, 2005).

Los lagos o ecosistemas lacustres son muy sensibles frente a las variaciones del clima o cambio climático, debido a la baja velocidad de entrada de agua y la elevada evaporación en una cuenca cerrada, si bien muchos procesos que ocurren en el mar también se generan en los lagos, como por ejemplo la formación de los deltas de los ríos en las entradas de los lagos, la presencia de corrientes de densidad de flujo en el interior del agua y en la superficie las olas.

Sin embargo, existen claras diferencias con los ecosistemas marinos en términos de flora y fauna, a su vez la química de los ecosistemas lacustres varía de entre un lago y otro, esto debido a ciertas características o procesos físicos correspondientes a la temperatura, densidad y estratificación son únicos para cada uno de estos ecosistemas (Salinas, 2012).

2.1.2 Turismo y ambiente

Actualmente la tendencia del turismo está enfocada en el ambiente, diversos estudios indican que los nuevos productos turísticos se encuentran ligados a los espacios naturales o zonas del medio rural, donde se generan distintas formas de turismo asociadas a términos como: agroturismo, ecoturismo, turismo cultural entre otros (Blanco y Benayas 1998).

Al ser el ambiente o la naturaleza el principal escenario para el turismo, se generan preocupaciones debido a los impactos que esta actividad puede generar en el medio natural, así, en la Conferencia Mundial de Turismo Sostenible, llevada a cabo en Lanzarote en el año

1995, se reconoció un doble papel para el turismo, debido a que esta actividad genera ventajas para los ámbitos socioeconómico y cultural, pero a su vez desventajas que conllevan a la degradación ambiental (Tinoco, 2003).

En esta conferencia se propuso la implementación de un turismo sostenible, que tenga las características de aportar equitativamente a la parte social como ambiental, esto como una alternativa para procurar el desarrollo del turismo y de igual manera conservar los espacios naturales para las actividades turísticas a futuro (Castejón, 2010).

Considerando que las actividades turísticas al realizar un uso de los espacios naturales pueden generar una degradación de estos, se presenta un conflicto entre el desarrollo turístico y la preocupación por la conservación del ambiente, por lo tanto, varios autores mencionan que es necesario buscar un equilibrio entre estos dos aspectos, de manera que las actividades turísticas brinden sus servicios elevando los niveles de satisfacción de la población y a su vez se reduzca los impactos que estas actividades generan en el medio (Sogar, 2000).

2.1.2.1 Turismo sostenible

El turismo vinculado al ambiente genera una gran oportunidad para las comunidades locales y visitantes la oportunidad de contactar con el espacio natural, actuando como una forma de compensación de su estilo de vida habitual, principalmente de las personas que se encuentran en zonas urbanas con un entorno estresante y polucionado (Martínez, 2017).

El desarrollo y globalización han generado problemas y degradación del ambiente, eso se ve reflejado en los impactos negativos que se dan a causa de los modelos de turismo convencional, es por tanto que en el Informe de Bruntland desarrollado a finales de los años ochenta mencionaba el termino de sostenibilidad como el desarrollo que satisface las

necesidades de las generaciones presentes sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades” (Comisión Mundial del Medio Ambiente y del Desarrollo y Brundtland, 1989). (Tabla 1).

Tabla 1

Pilares del Desarrollo Sostenible

Pilar	Definición
Económico	Destreza para poder contribuir en el desarrollo económico mediante la creación de empresas de todo tamaño y todo nivel
Social	Representa el impacto social causado por la organización a todos aquellos actores con los que interactúa como lo son trabajadores, clientes, proveedores, la comunidad y la sociedad en general
Ambiental	La base de este pilar es el respeto y la conservación de los ecosistemas, flora, fauna y la biodiversidad. Representa la complementariedad entre la producción y explotación de recursos con el respeto por el medio ambiente.

Fuente: (Cardoso et al., 2014)

De esta manera el complemento entre el turismo y la sostenibilidad tiene como base el desarrollo económico de las comunidades en zonas donde sin las actividades de turismo y las pequeñas y medianas empresas establecidas, no podían acceder a una mejora en los estándares de su calidad de vida tanto para las presentes como futuras generaciones (Broche y Ramos, 2014).

Con el establecimiento de principios y pilares de sustentabilidad, el termino turismo sostenible se ha convertido en un término más común, el cual se define como la realización de

actividades turísticas que no generan impactos negativos a la naturaleza ni al sector social, este término cobró mayor fuerza a partir del año 2000, gracias al apoyo de la ONU, creando posteriormente la Organización Mundial del Turismo, encargada de establecer reglamentos para las prácticas de este tipo de actividad económica sostenible centrada en el turismo (Caro, et al, 2015).

Por tanto, se han diseñado diversas iniciativas a nivel global como una estrategia para la reducción de los impactos que generan la práctica inadecuada del turismo, con el objetivo de preservar las actividades turísticas sin que se vean afectado el desarrollo de los entornos con su flora y fauna (Gessa y Toledano, 2011).

2.1.3 Contaminación de los ecosistemas lacustres

Desde la década de 1990, la contaminación de los cuerpos de agua en las diferentes zonas del planeta se ha incrementado, esto debido a diferentes factores como el constante crecimiento de la población mundial, la urbanización e industrialización de las ciudades, sumado la mayor demanda de bienes y servicios por parte de la población.

Estos factores han provocado por ende mayor demanda por el recurso hídrico, el cual se encuentra en una constante presión en función de la demografía, desarrollo económico y los cambios de patrones de consumo, esta presión sobre el recurso se prevé se incrementará de manera significativa en las dos siguientes décadas (WWDR, 2018).

De acuerdo con predicciones para el año 2030 el planeta se enfrentará a un déficit del 40% de agua, esto a consecuencia de que, en los presentes años debido a los escenarios climáticos y a las actividades involucradas con el uso y aprovechamiento del recurso, se está superando los límites globales de sostenibilidad ecológica de agua disponible. Los escenarios

futuros que indican una escasez elevada de agua se sustentan en factores como el uso ineficiente, y la degradación de agua por la contaminación (UNESCO, 2015).

La contaminación de los cuerpos de agua se define como la incorporación de materiales perjudiciales para mantener su calidad y equilibrio entre la flora y fauna que en ellos habita, a nivel mundial el mayor desafío que enfrenta la calidad del agua se encuentra relacionado a la carga de nutrientes, que a menudo es asociado a la carga de patógenos (WWDR, 2018).

Los ecosistemas lacustres o lagos son la principal fuente de agua dulce de los continentes, ya que estos se encargan de proveer el recurso hídrico para el consumo humano, así como también suponen una gran importancia para el desarrollo de ciertas funciones en el ambiente (Ledesma, 2013).

La contaminación de los lagos se encuentra estrechamente ligada a la eutrofización de estos, este proceso se está convirtiendo en un problema ambiental cada vez más grave, debido a que en los últimos años varios ecosistemas de agua dulce se han degradado, provocando un aumento en la vulnerabilidad de los cuerpos de agua, y por tal razón el control del proceso de eutrofización en los lagos o ecosistemas lacustres se ha convertido en una tarea urgente de los gobiernos locales para el desarrollo de alternativas y planes de protección y gestión de los recursos (García y Miranda, 2008).

Los factores de carácter natural y antropogénico tienen influencia directa sobre las variables químicas y físicas de los lagos y en su biota acuática, principalmente en las comunidades de organismos microscópicos como son zooplancton, zoobentos, fitoplancton y fitobentonas, organismos ambientalmente sensibles (Pérez, 2013).

2.1.3.1 Eutrofización

El término eutrofización se define como el proceso de deterioro de la calidad del recurso hídrico, originado por el enriquecimiento de las aguas por la presencia de nutrientes, destacando el nitrógeno y el fósforo, lo que genera un condicionamiento en la utilización de estos elementos e impactos ecológicos, económicos y sanitarios a escala regional. A pesar de que la eutrofización es un proceso natural de los lagos, existen escenarios donde las actividades humanas, principalmente la descarga de vertientes y residuos provoca la aceleración de este proceso (Ledesma, et al., 2013).

La palabra eutrofización proviene de un vocablo griego el cual significa rico en nutrientes o bien nutrido, algunos autores definen a este proceso como la consecuencia de un desequilibrio en la proliferación de materia vegetal, principalmente algas microscópicas, que al descomponerse generan impactos como la reducción del oxígeno disuelto en el agua, un elemento vital para el desarrollo de la vida acuática (Barreto, 2013).

Otros autores como Ramírez y Roldán (2008) concuerdan que la principal consecuencia ecológica para que se genere el proceso de eutrofización radica en la desmedida multiplicación de macrófitas y algas, estas sobrepasan la demanda de los invertebrados y peces, y al morir ese exceso provocan la disminución de la cantidad de oxígeno en el agua.

Para la gestión de los lagos es importante conocer la disponibilidad y calidad de los recursos hídricos, de tal manera que se realice un control eficaz de los procesos de eutrofización, mismos que requieren de una evaluación para conocer los factores limitantes primarios; para esto es necesario llevar un monitoreo de forma sistemática, con el objetivo de evaluar la calidad del cuerpo de agua y determinar las tendencias de sus variaciones (Barreto, 2013).

2.1.3.2 Calidad del agua

Según Sierra (2011), los cuerpos de agua pueden ser caracterizados analizando tres de sus componentes, los cuales son su hidrología, las características fisicoquímicas y su parte biológica correspondiente a la flora y fauna, mediante el análisis de estos tres componentes se puede evaluar de forma completa la calidad del agua.

La calidad de agua se define como el límite fijado de cualquier variación o alteración del estado habitual del recurso, estos límites son evaluados por medio de datos científicos, para el cual no hay ningún tipo de efectos, habitualmente desfavorables, en su uso por el hombre o para los organismos que lo habiten (Tejero, et al., 2001).

Para la calidad de agua se encuentran establecidos tres parámetros correspondientes a: físicos, químicos y microbiológicos (Bartram, y Balance, 1996). En los laboratorios se han estandarizado los métodos y criterios para realizar los análisis de agua, mediante la compilación de metodologías establecidas por agencias internacionales encargadas de realizar análisis e investigaciones sobre la calidad de agua (Molina, et al., 2012).

Para realizar el análisis de la calidad de agua de un ecosistema acuático se debe tomar muestras de agua, recogidas con las debidas precauciones, siguiendo normas estándar y se cuantifica por medio de la concentración de cada componente analizado (Rodríguez, 2015). A pesar de que existen muchos análisis fisicoquímicos que pueden cuantificarse en los constituyentes y características del agua natural, sólo algunos de ellos pueden determinar la calidad del recurso (Sierra, 2011).

2.1.4 Impacto ambiental

De acuerdo con Rodríguez (2004), define al impacto ambiental como los efectos negativos o en ciertos casos positivos, que generan en el ambiente o ecosistemas como consecuencia de las actividades del ser humano.

Los ecosistemas lacustres pueden ser afectados por los impactos generados a través del turismo, ya que, así como se reconoce los beneficios que produce el turismo, también se debe tomar en cuenta cada uno de los perjuicios o impactos que esta actividad genera dentro de los entornos naturales, por tal motivo, el turismo y las actividades ligadas a este influyen de manera negativa sobre la biodiversidad, además de generar también impactos sociales y culturales adversos (CONAMA, 2004).

La degradación de los recursos naturales renovables y no renovables son la consecuencia de los impactos ambientales negativos, que están estrechamente relacionados a las actividades de turismo, donde los sitios preferidos para esta actividad corresponden a espacios cercanos a un cuerpo de agua, ya sea costas, ríos o lagos, estos representan ecosistemas frágiles, provistos de una gran variedad de especies de flora y fauna, donde la presión sobre estos puede generar daños irreversibles (Hickman, 2007).

Sogar (2000), menciona que los impactos por los visitantes en un espacio natural no son solamente físicos, sino que también tienen un componente social importante, esto tiene relación con la capacidad de carga de un espacio o entorno, ya que, a partir de un cierto nivel de masificación, la experiencia recreativa del usuario tiende a valorarse como negativa, independientemente de las virtudes escénicas o naturales del lugar visitado.

2.1.5 Evaluación de impacto ambiental

Para Casas (2002), la evaluación de impacto ambiental es un proceso que tiene como objetivo evaluar, predecir e informar sobre los efectos adversos o favorables que una determinada actividad, proyecto, obra o programa puede tener en el medio ambiente. Esta evaluación es fundamental para la toma de decisiones, y se lleva a cabo mediante el monitoreo y control en el área de interés.

De acuerdo con la Constitución del Ecuador la evaluación de impacto ambiental es un procedimiento administrativo de carácter técnico que se realiza de manera obligatoria y previa a la implementación de proyectos, obras o actividades tanto públicas como privadas. Este proceso consta de dos fases: el estudio de impacto ambiental y la declaratoria de impacto ambiental. Su aplicación abarca desde la etapa de prefactibilidad hasta el abandono o desmantelamiento del proyecto, obra o actividad, incluyendo las fases intermedias (Constitución de la República del Ecuador, 2008).

Autores como Rivas (2005), resulta crucial desarrollar y aplicar evaluaciones de impacto ambiental en las áreas rurales, ya que estas regiones poseen características que las hacen propicias para actividades turísticas. Sin embargo, estas actividades pueden verse afectadas por cambios e impactos negativos que pueden comprometer la sostenibilidad del destino turístico. Cuatro aspectos fundamentales en la sostenibilidad del destino turístico son mencionados: la calidad de la experiencia recreativa, la protección de los recursos turísticos, la competitividad de las empresas turísticas y las pautas de comportamiento de la comunidad local.

Un ejemplo ilustrativo es la situación de algunos ecosistemas lacustres que han perdido su aptitud para actividades deportivas como la natación y la pesca debido a la acumulación de

residuos líquidos y sólidos sin tratar. Además, presentan un paisaje poco agradable a la vista. Esta problemática es común en destinos turísticos que se encuentran en una fase de declinación (Buttler, 1980).

2.1.6 Aceites y grasas

Los aceites y grasas son tipos de materia prima, de origen animal o vegetal, que debido a su densidad no se disuelven o mezclan con el agua. Cuando el aceite tiene influencia por parte de una fuente de calor elevando su temperatura sufre un proceso conocido como polimerización, por lo cual sus moléculas incrementan su tamaño y se vuelven tóxicas (Tacias, et al., 2016).

El aceite utilizado para las actividades de cocina o gastronomía al ser evacuado a través de los conductos de tubería hasta el alcantarillado genera contaminación hacia el agua, correspondiente a ecosistemas tales como ríos y lagos, esta acción produce impactos negativos sobre la biodiversidad de estos hábitats al alterar su entorno natural (Tacias, et al., 2016).

2.1.7 Cloro

La evaluación del cloro es de gran importancia en actividades relacionadas con la acuicultura y otros sistemas que albergan vida acuática, ya que el cloro, la cloramina y sus derivados desempeñan un papel crucial en el mantenimiento de la vida de los organismos acuáticos. Sin embargo, es necesario tener en cuenta que el cloro es un agente oxidante fuerte que puede resultar altamente tóxico para los peces y otras especies acuáticas. Es común expresar su concentración en términos de cloro libre, cloro combinado y cloro total (HANNA, 2022).

El cloro libre consiste generalmente en ácido hipocloroso (HOCl) e iones hipoclorito (OCl⁻), el cloro combinado constituye la concentración que ha sido utilizado para desinfectar la fuente, mientras que el cloro total se refiere a la suma del cloro libre y el cloro combinado; el cloro es añadido a muchas fuentes de agua como una medida para controlar las bacterias y como desinfectante (HANNA, 2022).

2.1.7.1 El cloro en sistemas acuáticos

Por lo general, el agua potable suele contener un nivel de cloro relativo de 1.5 a 2.0 ppm. Sin embargo, en los sistemas acuáticos o lacustres, se considera que niveles de cloro entre 0.01 y 0.3 ppm pueden ser perjudiciales para la mayoría de los peces, por lo que se prefiere mantener niveles por debajo de 0.001 a 0.003 ppm para evitar problemas de salud en estos sistemas. El cloro es un potente desinfectante, lo que significa que su presencia puede eliminar muchas bacterias beneficiosas en el agua o en los sistemas de filtración biológica (HANNA, 2022).

Para eliminar el cloro del agua, existen varias opciones, como el uso de fuentes de aireación o carbón activado. También se puede lograr la eliminación del cloro exponiendo el agua al ambiente, ya que el cloro tiende a disiparse naturalmente después de 24-48 horas. Es recomendable el uso de tiosulfato de sodio, ya que neutraliza el cloro fácilmente. Sin embargo, la eliminación de cloraminas es más difícil (HANNA, 2022).

2.1.8 Nitratos

Los nitratos son compuestos inorgánicos formados por tres átomos de oxígeno y un átomo de nitrógeno, con carga negativa NO₃⁻. Son incoloros e inodoros y ocurren naturalmente en el suelo y el agua (Londoño y Gómez 2020). Los nutrientes como los nitratos se encuentran

naturalmente en el medio ambiente, se mueven entre lugares que no están fácilmente disponibles para los organismos llamados sumideros a largo plazo (rocas y sedimentos) y lugares en el ambiente donde son aprovechados por plantas y animales como en el agua o humus, siendo absorbidos por los organismos vivos (De Miguel y Vásquez, 2016). Sin embargo, los ciclos normales de los nitratos pueden verse afectados por el desarrollo de actividades antrópicas, tales como la producción agrícola, empleo de fertilizantes artificiales y el uso de estiércol animal rico en nitratos como fertilizante (Bolaños et al., 2017).

Aunque los nutrientes son esenciales para la vida, los cambios en sus niveles en el medio ambiente pueden tener importantes impactos negativos en los ecosistemas e incluso en la salud humana. El exceso de nitratos en el agua puede provocar una serie de problemas ambientales y afectar la biodiversidad en las áreas afectadas por esta contaminación. Además, el agua contaminada con altos niveles de nitratos se vuelve inutilizable para otros fines. Se considera un evento de contaminación importante cuando los niveles de nitratos superan los 25 mg/l, lo que genera la necesidad de tomar medidas y alertar sobre el posible problema (Londoño y Gómez, 2020).

En los casos en que el agua superficial está contaminada con nitratos, las consecuencias son trágicas, pero relativamente rápidas de detectar y corregir (Figuerelo y Dávila, 2014). Sin embargo, el problema de la contaminación de las aguas subterráneas es difícil de detectar y tratar, debido a que en la mayoría de los casos su detección ocurre de forma tardía, siendo por lo general una contaminación difusa y dispersa, y a su vez la remediación o recuperación de la contaminación en aguas subterráneas por nitratos supone un largo periodo de tiempo hasta volver al equilibrio normal de los acuíferos (Sánchez, 2017).

2.1.9 *Tensoactivos*

Los tensioactivos, también conocidos por el nombre de agentes de superficie, son una gran clase de compuestos químicos con numerosas aplicaciones debido a su solubilidad, detergencia, resistencia a la dureza del agua y propiedades emulsionantes, dispersantes y humectantes (Morillo et al., 2019). Estos compuestos son anfifílicos y constan de dos partes o grupos estructurales muy diferenciados, un grupo hidrofílico (grupo cabeza) y una cadena hidrocarbonada (cola hidrofóbica) (Cserhádi et al., 2012). La presencia de estos grupos en su molécula le confiere varias propiedades como la capacidad de disminuir la tensión superficial del agua, formar una monocapa difusora o absorbente en la interfase agua/aire, formar emulsiones y/o micro emulsiones, formar micelas, etc (Ríos, 2014).

Autores como Carvajal (2011), menciona los siguientes impactos ambientales que se generan por la presencia de tensioactivos en fuentes hídricas y ecosistemas acuáticos:

- a) Aumenta el pH del agua a un valor superior a 12 unidades. Esto supone un cambio en el ciclo de vida de las especies acuáticas, una reducción de la capacidad de asimilación de otras sustancias y un aumento de la alcalinidad de las aguas.
- b) Eutrofización de los cuerpos de agua provocando la proliferación de algas y el mal olor debido a la acción del fósforo (el principal agente quelante en las formulaciones de detergentes).
- c) Los iones pesados como el plomo, el cromo o el mercurio pueden disolverse, causando daños genéticos a las especies y alterando las cadenas tróficas debido a los procesos de bioacumulación y biomagnificación.
- d) Las concentraciones de cloro y compuestos organoclorados pueden aumentar, lo que representa una amenaza debido a su potencial cancerígeno y mutagénico.

- e) La degradación natural de los ingredientes de los detergentes requiere oxígeno del entorno, provocando su disminución y la muerte de especies animales y vegetales.
- f) Ciertos ingredientes de los detergentes resultan tóxicos para el metabolismo de varias especies acuáticas.
- g) La generación de espuma en el agua provoca cambios en el proceso de dilución de oxígeno y en el proceso termodinámico. Además, afecta la calidad estética del paisaje.

2.1.10 Balance de masas

El balance de masas se conoce como la comprobación cuantitativa que se da entre los productos o masas utilizadas en la entrada y los productos y /o residuos que se generan en la salida de un determinado proceso (Cortés et al., 2015).

En algunos procesos, sobre todo los que se realizan en el ámbito industrial, la recomendación que se toma es la evaluación o balance específico para el agua, esto tiene como objetivo determinar cuál será el efecto de la separación tanto de las descargas de efluentes, volúmenes y también la concentración de los contaminantes, este tipo de medidas de separación de descargas contribuye a disminuir el caudal del efluente y los costos en sus tratamientos (Wilis et al, 2010).

Establecer un balance de masas es un proceso beneficioso para las entidades que lo aplican, en razón de que se eliminan o reducen en gran medida los costos por pagos de los desechos o residuos generados en las descargas de aguas residuales al sistema de alcantarillado y tuberías, por otra parte se realiza el control de los vertidos de materiales pesados al sistema de drenaje, se contribuye a evitar la corrosión de las tuberías, escenario que se da en casos donde las aguas residuales presentan características o condiciones ácidas y por último se facilita la disposición final adecuada de los lodos generados (Wilis et al, 2010).

De acuerdo con la Agencia de Protección Ambiental (EPA) de los Estados Unidos las descargas de aguas residuales de procesos industriales y comerciales conviene controlarlas desde el lugar de origen (EPA, 2003), es así que diferentes organizaciones como la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI) o el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), ha desarrollado y publicado manuales y métodos para llevar a cabo los procesos de balance de masa.

2.2. Marco legal

2.2.1 Constitución de la República del Ecuador

El Este trabajo de investigación se enmarca dentro de la normativa ambiental, donde la Constitución de la República del Ecuador se considera la ley suprema. En el Título II, Capítulo segundo de la Constitución, específicamente en el artículo 14, se establece el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, garantizando la sostenibilidad y el concepto de "Sumak Kawsay" o buen vivir. Además, se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, así como la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados.

Asimismo, en el Capítulo séptimo de la Constitución, titulado "Derechos de la naturaleza", en los artículos 71, 72 y 73 se reconocen los derechos de la naturaleza o "Pachamama", incluyendo su protección, mantenimiento y restauración, así como la prohibición de actividades que sean contrarias a estos principios.

En el Título séptimo, Capítulo segundo de la Constitución, en la sección tercera referente al suelo, en los artículos 404 al 407 se destaca la importancia del patrimonio natural

del Ecuador, que abarca formaciones físicas, biológicas y geológicas de valor ambiental, científico, cultural o paisajístico, que requieren protección, conservación, recuperación y promoción. La gestión de este patrimonio se rige por los principios y garantías establecidos en la Constitución, y se lleva a cabo a través del ordenamiento territorial y una zonificación ecológica de acuerdo con la ley. La protección y conservación de este patrimonio natural es una obligación del Estado y del pueblo ecuatoriano (Constitución de la República del Ecuador, 2008).

2.2.2 *Convenios Internacionales*

La Convención de Ramsar, también conocida como la Convención sobre los Humedales, es un tratado internacional en el que el Ecuador participa. Este tratado establece los compromisos adquiridos por los países miembros para preservar las características ecológicas de los Humedales de Importancia Internacional y para planificar el uso racional o sostenible de todos los humedales ubicados en sus territorios (Ramsar, 2013).

La Convención de Ramsar es el único tratado global relativo al medio ambiente que se ocupa de un tipo de ecosistema en particular, y los países miembros de la Convención abarcan todas las regiones geográficas del planeta.

2.2.3 *Código Orgánico del Ambiente*

El Código Orgánico del Ambiente (2017), en su Título II, que aborda los Derechos, Deberes y Principios Ambientales, es relevante para este estudio e incluye los Artículos 5 y 6. El Artículo 5 se refiere al derecho de la población a vivir en un ambiente saludable, mientras que el Artículo 6 aborda los derechos de la naturaleza. Además, se respalda en la Ley de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental (2004), específicamente en el Título II

que trata sobre la Conservación y Contaminación de las Aguas, incluyendo los capítulos 6 y 7 (Código Orgánico del Ambiente, 2017).

2.2.4 Acuerdo ministerial 97-A

La presente investigación se encuentra contemplado en la normativa del acuerdo ministerial 97-a, la norma tiene como objeto la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental, en lo relativo al recurso agua y su objetivo principal es proteger la calidad del recurso agua para salvaguardar y preservar los usos asignados, la integridad de las personas, de los ecosistemas y sus interrelaciones y del ambiente en general (MAE, Acuerdo Ministerial 97-A, 2015).

2.2.5 Acuerdo Ministerial 142

Según lo establecido en el Acuerdo Ministerial 142, que se refiere al Listado Nacional de Sustancias Químicas Peligrosas y Desechos Peligrosos, se establecen disposiciones para categorizar los desechos peligrosos. Estas categorizaciones permiten realizar el tratamiento adecuado y la disposición final de acuerdo con los lineamientos técnicos y legales establecidos para este propósito.

Respecto a los aceites y grasas estos se encuentran enmarcados dentro del listado de Desechos Peligrosos correspondiente al Anexo B y también en el listado de Desechos Especiales del Anexo C (MAE, Acuerdo Ministerial 142, 2012).

2.2.6 Plan de Creación de Oportunidades 2021 - 2025

Según el Plan de Creación de Oportunidades 2021-2025, específicamente en los Objetivos del Eje de Transición Ecológica, se establece el objetivo 11 que se enfoca en la

conservación, restauración y gestión adecuada de los recursos naturales. El objetivo es lograr el equilibrio entre las actividades humanas y la transición ecológica, mediante la implementación de políticas y metas destinadas a la conservación del medio ambiente y una gestión eficiente de los recursos naturales.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

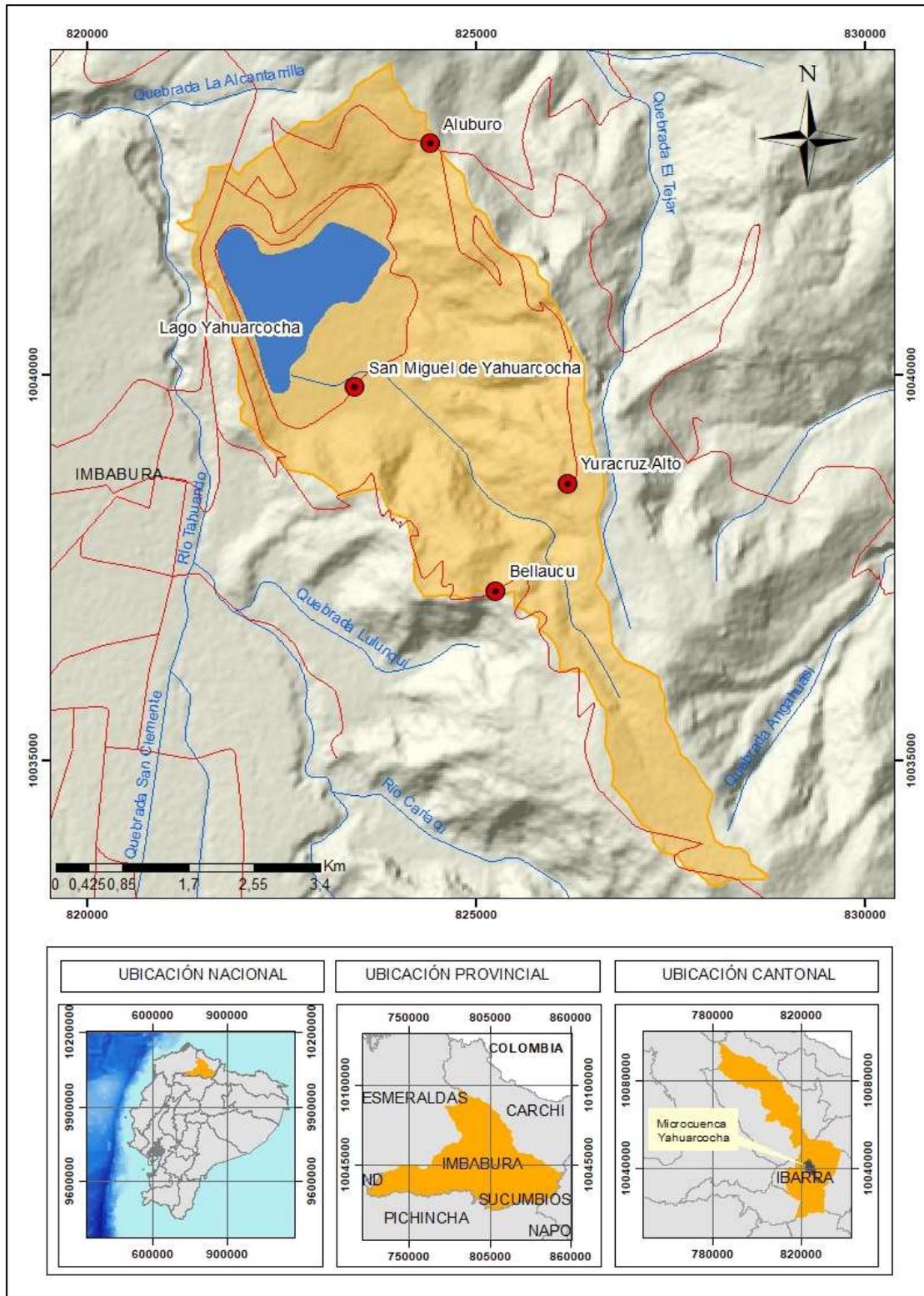
En el presente capítulo se detallaron las particularidades del área de investigación, así como los materiales y métodos utilizados en concordancia con los objetivos y preguntas fundamentales planteadas en este estudio.

3.1 Descripción del área de estudio

El presente trabajo de investigación se realizó en la microcuenca del lago Yahuarcocha, localizado en la Cordillera de los Andes en la zona norte del Ecuador, en la provincia de Imbabura, cantón Ibarra a 2 200 m s. n. m., comprende una superficie de 293.7 ha y se caracteriza por ser un lago urbano debido a la proximidad (3km) que tiene a la zona noreste de la ciudad (Jácome et al., 2018) (Figura 1 y Tabla 2).

Figura 1

Localización de la Microcuenca del Lago Yahuarcocha, Imbabura, Ecuador



La microcuenca del lago Yahuarcocha se encuentra dentro de la cuenca hidrográfica del Río Mira y abarca una extensión de 2.587,59 hectáreas. En esta área se encuentran ubicados los poblados de Priorato, Aloburo, Cachipamba, San Francisco Yuracruz, Yuracucito, Bellaurco, Olivo Alto y San Miguel de Yahuarcocha, según información proporcionada por el Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de San Miguel de Ibarra en 2020.

Tabla 2

Coordenadas del Lago Yahuarcocha, proyección UTM, Datum WGS 84, zona 17S.

PUNTO	COORDENADA X	COORDENADA Y	ALTITUD (m s. n. m.)
NORTE	822708	10042100	2 200
SUR	822475	10039800	2 300
ESTE	823800	10041200	2 300
OESTE	821641	10040900	2 200

Clima

El área de estudio se caracteriza por poseer diferentes niveles altitudinales en una distribución de espacio relativamente pequeño, en la cuenca alta a una altitud de 3 820 m s.n.m. se registra ecosistema de Bosque muy Húmedo Montano con una temperatura media de 5°C y en la cuenca baja a una altitud de 2 200 m s. n. m. donde se encuentra el lago se registra la presencia del ecosistema Bosque Seco Montano Bajo con una temperatura media de 25°C (Lara, 2015).

De acuerdo con el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología en 2014, Yahuarcocha experimenta dos estaciones distintas a lo largo del año. La época lluviosa se extiende desde enero hasta mayo y desde septiembre hasta diciembre, mientras que la época

seca abarca los meses de junio hasta agosto. Los principales afluentes de agua al lago son los arroyos Manzana Huayco y Chiquita, aunque su caudal es limitado. Por lo tanto, la principal fuente de agua proviene de corrientes subterráneas y corrientes intermitentes (Jácome, et al., 2018).

Flora y Fauna

La zona litoral del lago posee diversidad de plantas acuáticas y semiacuáticas, entre las más representativas la totora (*Schoenoplectus californicus*) que es aprovechada tradicionalmente para la elaboración y fabricación de esteras y artesanías (Pabón, 2015). También alberga varias especies de aves (*Larus serranus*, *Porphyryla martinica*) y varias especies de garcetas (*Ardea alba*, *Bubulcus ibis*, *Butorides striatus*) entre otras especies (Van Colen, et al., 2017).

Actividades socioeconómicas

Alrededor del lago Yahuarcocha se desarrollan varias actividades antrópicas, entre estas se destacan la producción agrícola y el turismo, debido a este último la población aledaña al lugar brinda servicios turísticos de hospedaje, alimentación y de recreación entre otros (Verdezoto, 2018). Además, se practican una serie de deportes en el lago como: el ciclismo, atletismo y automovilismo en la pista internacional de automóviles “José Tobar Tobar”. Estas actividades son de vital importancia para la economía de la zona, convirtiendo a Yahuarcocha en uno de los atractivos turísticos más visitados en la provincia registrando alrededor de 20 000 visitantes cada fin de semana (Cabrera, 2015).

En este contexto, a través de los años el Lago ha incrementado el carácter eutrófico debido principalmente a la introducción continua de nutrientes y otros factores producto de la

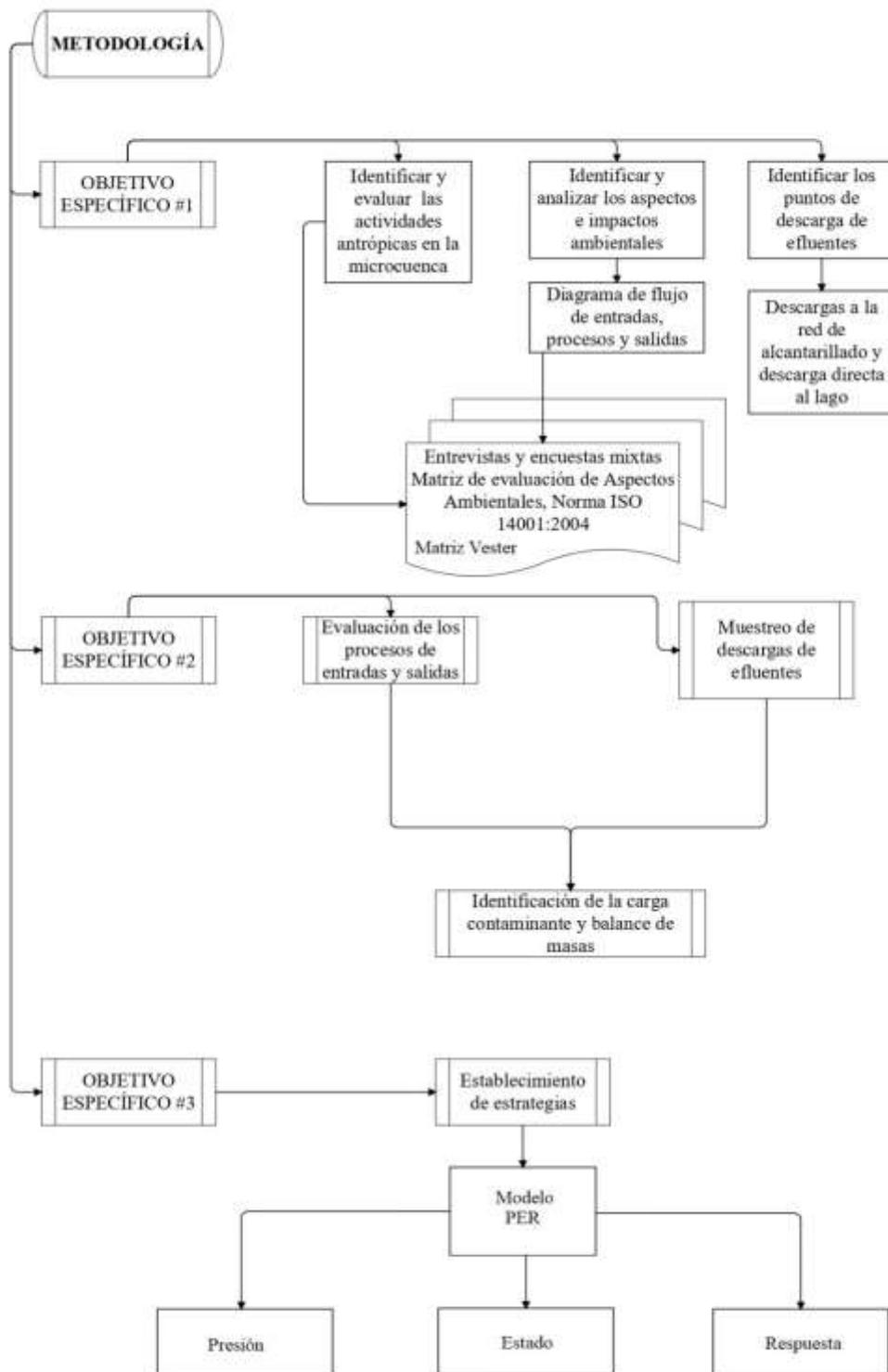
presión antrópica que se ejerce en la microcuenca, principalmente la industria del turismo y agricultura (Fonseca, 2016).

3.2 Métodos

La información necesaria y utilizada para llevar a cabo la investigación incluyó cartografía básica, entrevistas y encuestas a los actores principales del área de influencia directa, así como el desarrollo de matrices de análisis de impacto. Estos procesos, junto con otros realizados, se detallan en la Figura 2.

Figura 2

Esquema metodológico para el desarrollo de los objetivos de la investigación



3.2.1 Línea Base

Se realizó un levantamiento de información de línea base el cual se enfocó en diferentes aspectos correspondientes a:

- Identificación y georreferenciación de las actividades antrópicas en la microcuenca del lago Yahuarcocha.
- Evaluación in situ de las actividades antrópicas.
- Desarrollo y/o elaboración de los diagramas de flujo respecto a las actividades antrópicas.
- Aplicación de matriz de evaluación de impactos.

3.2.1.1 Evaluación de los impactos ambientales

Para la identificación de los impactos ambientales en la microcuenca del lago Yahuarcocha se realizó una observación directa in situ de modo que se evaluó y constató las entradas, salidas y subprocesos que se desarrollan dentro de la microcuenca mediante entrevistas semiestructuradas y fichas de observación.

Las entrevistas se llevaron a cabo a los pobladores de las zonas aledañas al lago Yahuarcocha, mediante un tipo de muestreo no probabilístico por conveniencia, con un total de 117 individuos entrevistados, donde la información obtenida por medio de esta investigación cualitativa posibilitó conocer la perspectiva de cada entrevistado sobre la problemática ambiental que presenta la zona del lago a través de sus opiniones y propias experiencias (Schettini y Cortazzo, 2016).

Las fichas de observación, también conocidas como fichas de registro, son herramientas predefinidas que señalan los aspectos a observar. Estas fichas se utilizaron para identificar las

actividades y aspectos ambientales relacionados con las actividades humanas en la microcuenca del lago Yahuarcocha.

Después de identificar las actividades antropogénicas en la microcuenca del lago Yahuarcocha, se evaluaron aquellas actividades que presentaban aspectos ambientales más significativos y que requerían una evaluación y mitigación prioritaria en cada zona del área de estudio. Para llevar a cabo esta evaluación se consideraron los siguientes criterios:

- Ecosistemas o áreas afectadas (aire, agua, suelo, flora, fauna)
- Actores principales involucrados (población local y/o visitantes extranjeros)
- Urgencia de mitigación y/o remediación del impacto.

Para la evaluación de los impactos ambientales identificados se aplicó la matriz de impactos ex post, para la cual se utilizó como guía los lineamientos correspondientes a la matriz Conesa, esta matriz toma en cuenta a un conjunto de componentes ambientales los cuales se encuentran agrupados según características, cualidades, elementos entorno, siendo concebidos como un todo (Conesa, 2010).

Tabla 3*Valoración de factores para la evaluación de impactos ambientales*

Parámetro	Descripción	Calificación	Valor
Signo o Carácter	Si la acción genera un cambio que puede considerarse benéfico o perjudicial.	Positivo (benéfico)	+
		Negativo (perjudicial)	-
Intensidad o magnitud (U)	Intensidad o grado de incidencia o de cambio que una acción produce sobre un factor ambiental considerado. Siempre está en función de la variación de las condiciones iniciales del área.	Acción minimizada	1
		Acción media	2
		Acción alta	4
		Acción muy alta	8
		Destrucción total	12
Extensión (o área de influencia) (EX)	Tiene en cuenta la superficie espacial afectada por una acción determinada. Se refiere al área de influencia teórica del efecto, en relación con el entorno del proyecto (% de área en que se manifiesta el efecto).	Puntual	1
		Parcial o local	2
		Extenso o regional	4
		Total	8
Momento (MO)	Busca establecer el tiempo que transcurre entre el inicio de la acción y el comienzo del efecto.	Inmediato o corto plazo	4
		Mediano plazo (1 a 5 años)	2
		Largo plazo (más de 5 años)	1
Persistencia (PE)	Califica el tiempo que permanece el efecto desde su aparición y a partir del cual, el efecto afectado retornaría a las condiciones iniciales, anteriores a la presencia de la acción que lo modifica.	Fugaz (< 1 año)	1
		Temporal (1 a 10 años)	2
		Permanente (> 10 años)	4
Reversibilidad (RV)	Determina la posibilidad, dificultad o imposibilidad que tiene el factor ambiental de retornar a la condición anterior, por la sola acción de mecanismos naturales.	Corto plazo	1
		Mediano plazo (1 a 5 años)	2
		Irreversible	4
Recuperabilidad (MC)	Se refiere a la posibilidad de reconstrucción parcial o total del factor afectado como consecuencia de la acción del proyecto considerada, mediante la introducción de medidas de manejo o correctoras.	Recuperable	1
		Prevención	2
		Mitigable	4
		Irrecuperable	8
Efecto (EF)	Podrá ser indirecto si la acción es directa sobre el entorno o indirecta si el efecto se presenta a partir de un efecto primario.	Indirecto	1
		Directo	4
Periodicidad (PR)	Se refiere a la regularidad con que se manifiesta el efecto.	Continuo	4
		Periódico	2
		Irregular	1
Importancia	La importancia del efecto es función del valor asignado a los símbolos considerados.	I= (+/-) (3U+2EX+MO+PE+RV+MC+EF+PR)	

Fuente: (Conesa et al., 2010)

Para determinar el grado de significancia del impacto ambiental respecto al valor que se obtenga a través de la tabla anterior (Tabla 4), se consideró lo siguiente:

Tabla 4

Valoración de los impactos ambientales

Calificación	Rango / Valor	Significado
	<25	Impacto bajo o irrelevante
	25 – 50	Impacto moderado
	50 – 75	Impacto de tipo severo
	>75	Impacto crítico

Fuente: (Conesa et al., 2010)

3.2.1.2 Matriz Vester

Adicionalmente con la identificación de los problemas ambientales presentes en el lago Yahuarcocha, respecto a su nivel de significancia se estableció la matriz de Vester, la cual consiste en un arreglo de filas y columnas, donde en cada fila y columna se presentan los impactos importantes definidos para el proyecto (PIOM, 2001).

La matriz Vester se construye a través de la ponderación de los impactos establecidos, donde: si el impacto de la columna es más importante que el de la fila se pondera con un valor de 3, si el impacto de la columna es menor al de la fila la valoración es de 1 en la celda y si el impacto de la columna es igual al de la fila se pondera con 2 en la celda; mientras que cuando no existe relación entre los impactos el valor será 0; es así como el peso ponderado se estima

al dividir la sumatoria de la fila por la sumatoria de la columna por impacto (Restrepo y Cuadros, 2013).

3.2.2 Determinación de contaminantes presentes en los efluentes

3.2.2.1 Evaluación de los procesos entradas y salidas

Se realizó una evaluación de la cantidad de materia generada en cada uno de los procesos relacionados con las actividades humanas más significativas de cada zona de estudio. Para ello, se utilizó la información detallada sobre los subprocesos, las entradas y las salidas de las actividades antropogénicas. Esta identificación proporcionó información que permitió determinar los procesos que tienen un mayor impacto en la contaminación.

Esta evaluación se la realizó tomando las siguientes consideraciones:

- Elaborar el diagrama de flujo de los procesos ligados a las actividades antrópicas más significativas.
- Determinar la concentración de contaminantes de los efluentes.

3.2.2.2 Toma de muestras

Una vez analizado los procesos, entradas y salidas correspondientes a las actividades antrópicas se realizó la toma de muestras de los efluentes, a fin de determinar los contaminantes presentes en las descargas procedentes de estas actividades (Tabla 5).

Tabla 5.*Descripción de contaminantes*

Contaminante	Método
Conductividad eléctrica (CE)	El volumen mínimo para esta determinación es de 50 ml, en envase de plástico (polietileno o equivalente). No le adicione ningún preservante, refrigere a 4°C para enviar la muestra al Laboratorio. El período máximo de almacenamiento de espera para el análisis es de 28 días.
Medida de acidez (pH)	Las muestras deben ser analizadas inmediatamente, preferiblemente en el campo después de la toma. Las aguas de alta pureza y las aguas que no están en equilibrio con la atmósfera están sujetas a cambios cuando se exponen a la atmósfera, por lo cual los frascos de muestra deben llenarse completamente y mantenerse sellados hasta el análisis.
Grasas y Aceites (G y A)	La muestra se debe tomar en frasco de vidrio claro de boca ancha con capacidad máxima de un litro, previamente calibrado y evitando subdividir la muestra en el laboratorio. Adicione a las muestras HCl o H ₂ SO ₄ concentrado hasta pH < 2, con el fin de romper las emulsiones e hidrolizar los jabones y detergentes. La muestra preservada se puede almacenar durante un periodo máximo de 28 días a una temperatura de 4°C
Sólidos Sedimentables (SS)	Se toma la muestra en tal forma que no contenga partículas flotantes grandes o aglomerados sumergidos de materiales no homogéneos. Se colecta en frascos plásticos de polipropileno de por lo menos 500 ml. La muestra se refrigera a 4°C hasta el momento del análisis, se efectúa el análisis dentro de los siete días siguientes a la toma de la muestra.
Sólidos Suspendedos Totales (SST)	Se toma la muestra en tal forma que no contenga partículas flotantes grandes o aglomerados sumergidos de materiales no homogéneos. Se colecta en frascos plásticos de polipropileno de por lo menos 500 ml. La muestra se refrigera a 4°C hasta el momento del análisis, se efectúa el análisis dentro de los siete días siguientes a la toma de la muestra.
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	Se toma la muestra de tal manera que sea representativa del lugar de estudio. Se colecta en frascos plásticos de polipropileno de 2000 ml. La muestra se refrigera a 4°C hasta el momento del análisis, se efectúa el análisis dentro de las 24 horas siguientes a la toma de la muestra.
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	Se colecta las muestras en recipientes de plástico o de vidrio. La muestra se preserva en campo por adición de H ₂ SO ₄ conc. (2 ml de H ₂ SO ₄ conc./L de muestra) y se mantiene refrigerada hasta el momento del análisis. El tiempo máximo de vida útil de la muestra es de veintiocho días.
Sustancias Activas al Azul de Metileno (SAAM)	Se toma muestras representativas en recipientes de 1000 ml de vidrio o de plástico. La muestra no debe contener espuma, en caso contrario se debe mezclar muy bien la muestra agitando suavemente después del muestreo.
Cloro (Cl)	DPD (dietil-p-fenilen diamina), que obtiene una reacción de coloración roja proporcional a la concentración de CRL usando un pH=6.2-6.5. Puede valorarse teniendo en cuenta la tonalidad de dicha reacción.

Nota. (Betancourt, Cortez y Medrano, 2010)

Para la toma de muestras se consideró los siguientes criterios descritos a continuación

(Tabla 6):

Tabla 6.

Criterios para la toma de muestras de agua

Selección de punto o sitio de muestreo	Toma de muestras
<ul style="list-style-type: none"> • <i>Identificación:</i> punto de muestreo, debe ser identificado y reconocido claramente, de manera que permita su ubicación exacta empleando coordenadas UTM. • <i>Accesibilidad:</i> el punto de muestreo debe encontrarse en un lugar de fácil acceso, de forma que facilite la obtención de la muestra de agua y su posterior transporte. • <i>Representatividad:</i> el punto de recolección de las muestras debe ser lo más representativo posible de las características totales del cuerpo de agua, esto significa que el cuerpo de agua debe estar mezclado totalmente en el lugar de muestreo, relacionado específicamente con la turbulencia, velocidad y apariencia física del mismo, adquiriendo que la muestra sea lo más homogénea posible. • <i>Seguridad:</i> el punto de muestreo, sus alrededores y las condiciones meteorológicas deben garantizar la seguridad de las personas responsables del muestreo, minimizando los riesgos de accidentes y de lesiones personales. • <i>Tiempo:</i> es recomendable tomar las muestras de agua en días sin lluvia, ya que la dilución influye en los resultados. 	<ul style="list-style-type: none"> • Organizar y rotular los recipientes a ser utilizados para la toma de muestras • Georreferenciar los puntos donde se realice el muestreo • Medir el caudal del efluente por medio del método volumétrico • Repetir el proceso de toma de muestras las veces que sean necesarias • Registrar el horario de recolección de las muestras • Para la toma de muestras ubicar directamente la botella o recipiente bajo el flujo del efluente, hasta completar el volumen necesario sin dejarla rebosar • Enjuagar con agua destilada los recipientes y elementos utilizados en el muestreo. • Colocar los recipientes de las muestras dentro de una nevera y agregar hielo suficiente para refrigerar. • Traslado al laboratorio para sus respectivos análisis

Nota: (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2013; Reutelshöfer y Guzmán, 2015)

La definición de los puntos de muestreo se realizó en la zona costera del lago en base a cuatro criterios los cuales se encuentran interrelacionados ente la realidad física, económica y social de la microcuenca. Tomando en cuenta el canal de transporte de agua del río hacia el lago, las aguas de la quebrada Polo Golo, que llegan al lago luego de atravesar la zona poblada

y comercial, las aguas de la quebrada Manzana Huaycu que llegan hasta el lago por un amplio canal, sobre todo en épocas de lluvia y el agua servida generada en la población de Yahuarcocha y lugares vecinos que es recolectada por el sistema de alcantarillado y llevada hasta la planta de tratamiento (GAD Ibarra, 2019).

3.2.2.3 Carga contaminante

De acuerdo con los valores obtenidos en la tabla 7 se realizó un análisis de las descargas de los efluentes, de tal modo que se identificó la carga contaminante a través de la suma de cada uno de los valores correspondientes a cada actividad antrópica en la microcuenca del lago Yahuarcocha (Tabla 7), esta información se utilizó para el desarrollo de las estrategias.

Tabla 7

Esquema para valores de carga contaminante

Parámetros	Procesos				Descargas al efluente (total)
	1	2	3	4	
DQO (kg/día)					
DBO (kg/día)					
G y A (kg/día)					
SS (kg/día)					

Fuente. (Cortés, et al., 2015)

La carga contaminante representa la masa de contaminante por unidad de tiempo que es vertida por una corriente residual. Comúnmente se expresa en T/año, T/día o Kg/d. (Corponariño, 2002) (3).

$$Cc = Q * C * 0,0036 * t (l)$$

Donde:

Cc: Carga contaminante;

Q: caudal promedio de aguas residuales, en litros por segundo (l/s);

C: concentración del elemento, sustancia o compuesto contaminante, en miligramos por litro (mg/l);

0.0036: factor de conversión de unidades (de mg/s a kg/h);

T: tiempo de vertimiento del usuario, en horas por día (h). GIGEA, (2015)

Los resultados obtenidos a través del análisis de la carga contaminante fueron evaluados de acuerdo con la normativa legal del Acuerdo Ministerial 097-A correspondiente a la Reforma del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria, en donde se menciona que está prohibido la descarga o vertido que sobrepase los límites permisibles o criterios de calidad correspondientes establecidos en este Libro, en las normas técnicas o anexos de aplicación (Acuerdo Ministerial 097, 2015).

3.2.2.4 Análisis estadístico.

Para identificar la correlación de los contaminantes respecto a la carga contaminante se aplicó el índice de correlación de Pearson (R^2), el cual indica de acuerdo con el valor obtenido la relación de cada una de las variables analizadas (Chenini y Khemiri, 2009). Por último, se realizó un análisis de variación (ANOVA), mismo que fue aplicado para evaluar las diferencias entre las descargas de efluentes que son conducidas hacia la planta de tratamiento de agua y aquellas que son dirigidas directamente al lago Yahuarcocha.

Este proceso de análisis estadístico se realizó a través del programa o software Statistical Package for Social Science (SPSS), donde los cálculos de análisis de correlación de

Pearson, así como el análisis de varianza, forman parte de este programa de cómputo (Calvo y Mora, 2009).

3.2.3 Estrategias de Manejo Ambiental

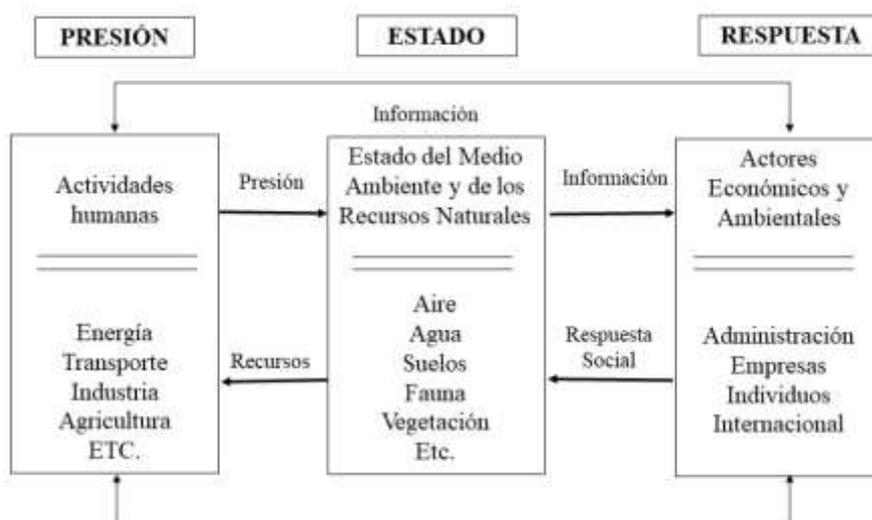
Para la formulación de estrategias de gestión ambiental, se utilizó el enfoque conocido como Presión-Estado-Respuesta (PER). Este enfoque se fundamenta en una lógica de causalidad y presupone la existencia de relaciones de acción y respuesta entre las actividades económicas y el medio ambiente. Se basa en realizar de manera general una progresión causal de las actividades humanas que producen una presión en el ambiente y los recursos naturales generando un cambio en su estado, donde la sociedad responde a estos cambios mediante políticas económicas y ambientales (OCDE, 1993).

La utilidad de la lógica PER se evidencia en el análisis de los vínculos que existen entre las condiciones ambientales y las actividades humanas (Neri et al., 2016). Dicho esquema se establece en base a tres preguntas básicas: ¿qué está ocurriendo con el ambiente? (estado), segunda, ¿por qué está ocurriendo? (presión), tercera, ¿qué se está haciendo al respecto? (respuesta) (European Environment Agency, 1999).

También se llevó a cabo la identificación, descripción y evaluación de los aspectos ambientales, así como el análisis de las cargas contaminantes. Esta información fue utilizada para desarrollar estrategias de gestión ambiental enfocadas en la reducción de las cargas contaminantes y en la minimización de la generación de residuos de las actividades humanas en la microcuenca del lago Yahuarcocha. Estas estrategias se diseñaron de acuerdo con las regulaciones vigentes en el país, que incluyen recomendaciones de prevención, control, mitigación y compensación, con el objetivo de lograr resultados óptimos en términos de conservación de los recursos naturales presentes en el área de estudio.

Figura 3

Esquema del Modelo Presión – Estado – Respuesta



3.3 Materiales y Equipos

En esta sección se presentan los materiales y equipos (Tabla 8) que se utilizaron en el desarrollo de la investigación.

Tabla 8

Listado de materiales y equipos

Materiales	
Libretas de campo	Vertedero triangular – caudalímetro
Cartas topográficas 1:25000	Listas de chequeo
Mapas temáticos 1:50000	Hielo, Cooler para muestras
Listas de registro	Fotografías aéreas
Softwares ArcGIS 10.8	Envases (1 plástico, 1 winkler, 1 ambar y 1 frasco estéril)
Material bibliográfico	Marcadores
Guías de campo	Hojas de papel bond
Piola nylon	Tinta para impresora
Equipos	

GPS (Sistema de Posicionamiento Global)

Cámara digital

Computadora portátil

Impresora

Proyector

Internet

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

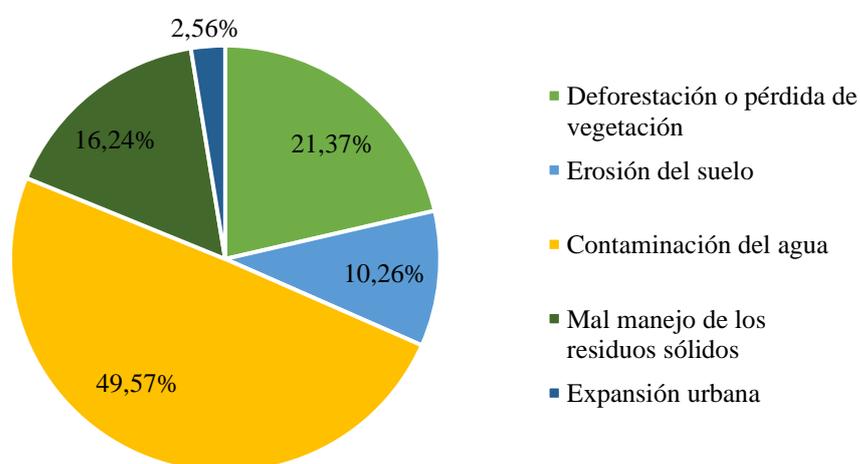
A continuación, se describen los resultados logrados con base en la evaluación de los impactos ambientales como consecuencia de las actividades antrópicas en la microcuenca del Lago Yahuarcocha, de tal modo que minimice su afección al ambiente.

4.1 Identificación de los impactos ambientales generados a partir de las actividades antrópicas en la microcuenca del lago Yahuarcocha

Con el levantamiento de información in – situ a través de las fichas de observación y las encuestas realizadas a 117 pobladores de la microcuenca del lago Yahuarcocha, se evidenció que los principales impactos ambientales que afectan a la cuenca se encuentran ligados a las actividades agrícolas, pecuarias, manejo de residuos (eviscerado del pescado), descargas de efluentes, urbanización y el turismo, que se desarrollan en diferentes zonas a lo largo de la microcuenca del lago y se relacionan entre sí.

Figura 4

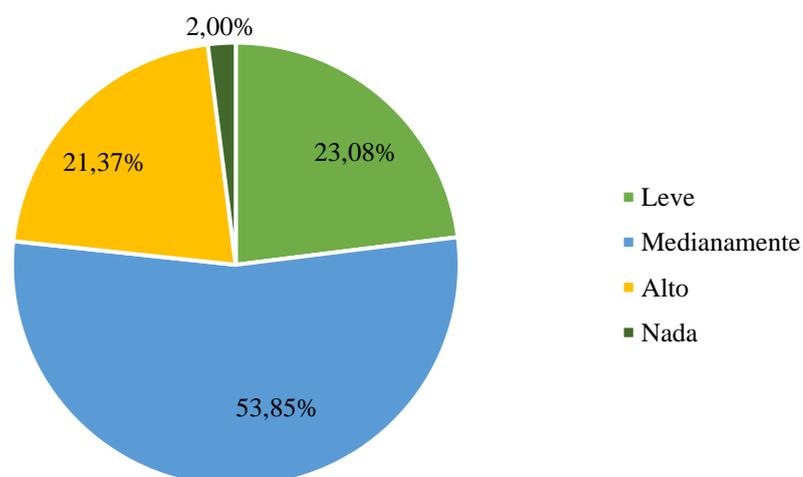
Principales problemas ambientales



De acuerdo con la primera pregunta respecto a los principales problemas detectados en cada una de las localidades de la microcuenca del lago Yahuarcocha, la mayor parte de las personas encuestadas correspondiente al 49.57% indicaron que es la contaminación del agua, el 21.37% mencionó la deforestación y pérdida de vegetación, problemas como la erosión del suelo y el mal manejo de los residuos sólidos fueron considerados por el 10.26% y 16.24% respectivamente, mientras que la expansión urbana fue considerada por el 2.56% de los encuestados (Figura 4). Estos problemas fueron evidenciados de forma in situ, donde la pérdida de cobertura vegetal a consecuencia del desarrollo de actividades agrícolas se da en mayor medida en la parte media alta de la microcuenca, mientras que el problema de contaminación de los cuerpos de agua se observa principalmente en la zona del lago Yahuarcocha, el cual presenta signos de eutrofización visibles a simple vista por la tonalidad verde que presente el agua de este entorno natural.

Figura 5

Modificación del paisaje por el desarrollo de las actividades antrópicas.

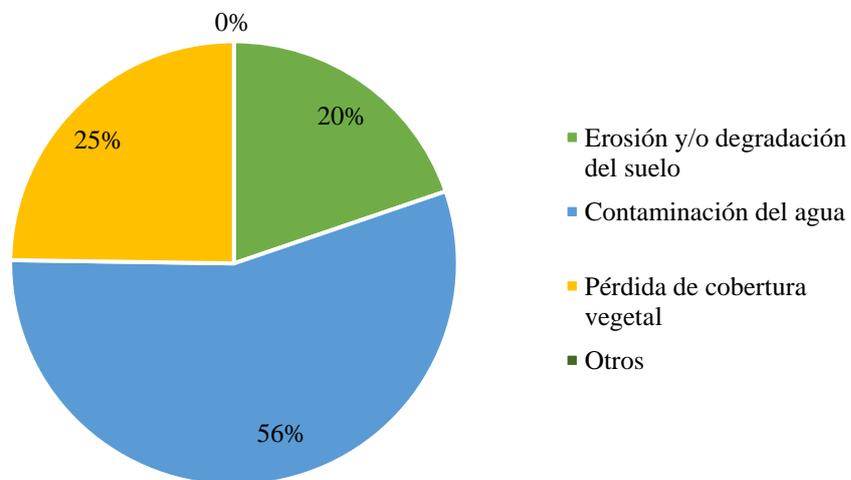


En la segunda pregunta se consultó como las actividades antrópicas han modificado el paisaje de su localidad, donde más de la mitad de los encuestados el 53.85% indicaron que han

visto cambios en mediana medida, de forma leve un 23.08% y un 21.37% mencionó que si ha visto un fuerte cambio en el paisaje respecto a las actividades humanas (Figura 5).

Figura 6

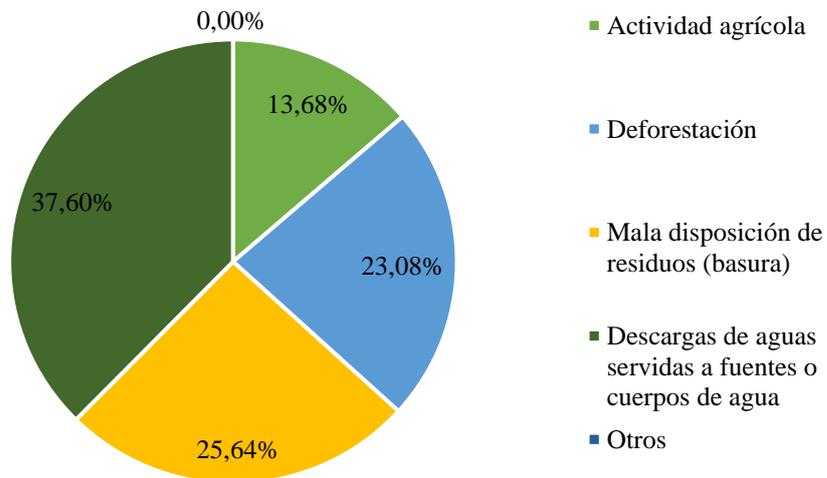
Cambios que ha presentado el paisaje por el desarrollo de las actividades humanas



En este sentido los cambios más significativos registrados a través de la tercera pregunta fue la contaminación del agua con un 55.56%, la pérdida de cobertura vegetal con un 24.79% y la degradación del suelo con 19.66% (Figura 6), además algunas de las personas encuestadas mencionaron que otras de las actividades o acciones humanas que afectan el entorno son el mal manejo de los residuos sólidos y descargas de vertientes que se realizan de forma directa en el lago.

Figura 7

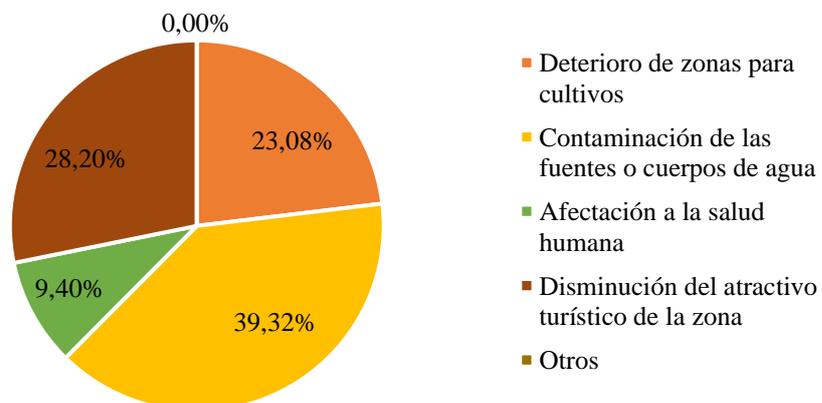
Actividades que causan un mayor impacto en el ambiente



Mediante la cuarta pregunta se indagó sobre cuales actividades generan un mayor impacto en el ambiente, donde el 37.60% de los encuestados indicaron que son las descargas de aguas servidas a las fuentes o cuerpos de agua, el 25.64% dijo que es la mala disposición de los residuos, el 23.08% indicó que la deforestación y el 13.68% la actividad agrícola (Figura 7).

Figura 8

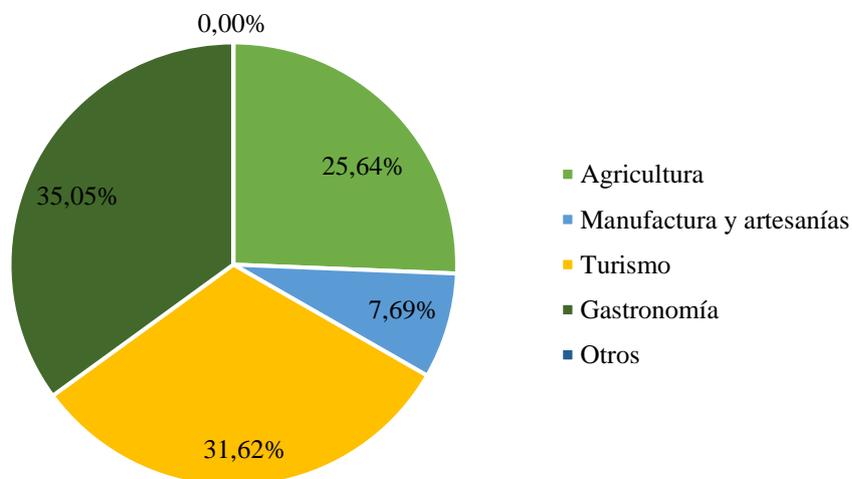
Efectos que causan estas actividades



Posteriormente se consultó sobre cuáles eran los efectos que generaban este tipo de actividades, obteniendo que el 39.32% considera que es la contaminación de los cuerpos de agua, esto a su vez reduce el atractivo turístico del sector debido a que el lago Yahuarcocha es considerado uno de los destinos a visitar en la provincia de Imbabura, por lo tanto el 28.20% de los encuestados considera a este como un efecto negativo de las actividades antrópicas, mientras que el 23.08% y el 9.40% indicaron que otros de los efectos son el deterioro de las zonas para cultivos y la afectación a la salud humana respectivamente (Figura 8).

Figura 9

Actividades económicas que se desarrollan en la comunidad

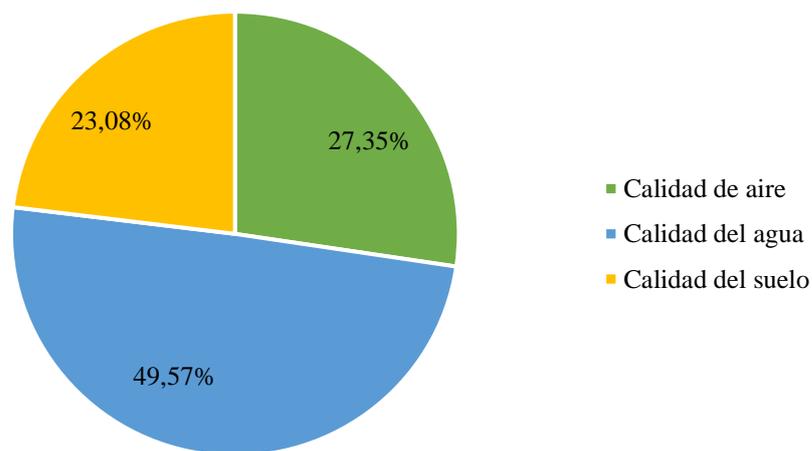


También se consultó cuáles son las actividades económicas realizadas en los diferentes sectores de la microcuenca del lago Yahuarcocha, donde actividades como el turismo y la gastronomía son las más predominantes por parte de los encuestados con un 31.62% y 35.05% respectivamente, mientras que la agricultura fue considerada por un 25.64% y la manufactura y elaboración de artesanías el 7.69% (Figura 9). Estos resultados se asemejan a la información presentada en el Plan de Manejo Integral del lago Yahuarcocha (2019) y en el PDOT de Ibarra (2018), donde se muestra a las actividades turísticas y gastronómicas como las

principales de este sector de la ciudad, debido a que diariamente a lo largo del año se recibe la visita de varios visitantes tanto nacionales como internacionales por el atractivo natural y turístico que representa el lago.

Figura 10

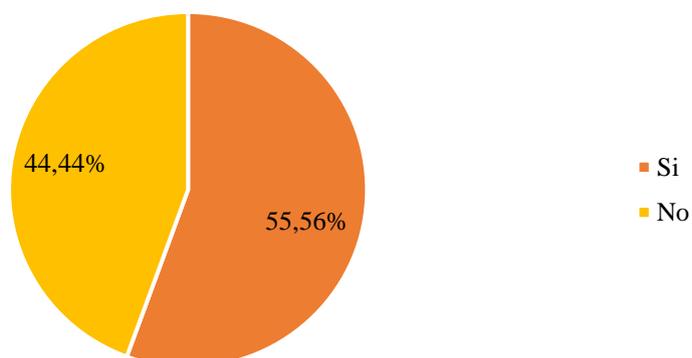
Componentes afectados por las actividades humanas.



Por otra parte, la percepción de cada individuo sobre a qué entorno afecta más el desarrollo de las actividades humanas, el 49.57% respondió que se afecta a la calidad del agua, el 27.35% a la calidad del aire y el 23.08% al suelo (Figura 10).

Figura 11

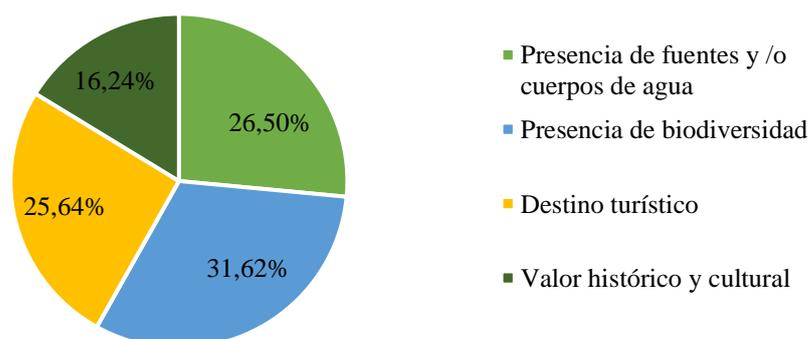
Afectaciones por la baja calidad del aire, agua o suelo.



Adicionalmente, se consultó si la baja calidad de estos entornos ha afectado a la población local, obteniendo el 55.56% de respuestas afirmativas frente a un 44.44% de negativas, a su vez respecto a la calidad de vida el 76.07% respondió que si se ven afectados principalmente porque el deterioro del ambiente influye en el atractivo turístico del sector, impide el acceso y abastecimiento de agua, disminución en la calidad de cultivos, entre otros problemas, los cuales inciden en los ámbitos social, económico y ambiental de la microcuenca (Figura 11).

Figura 12

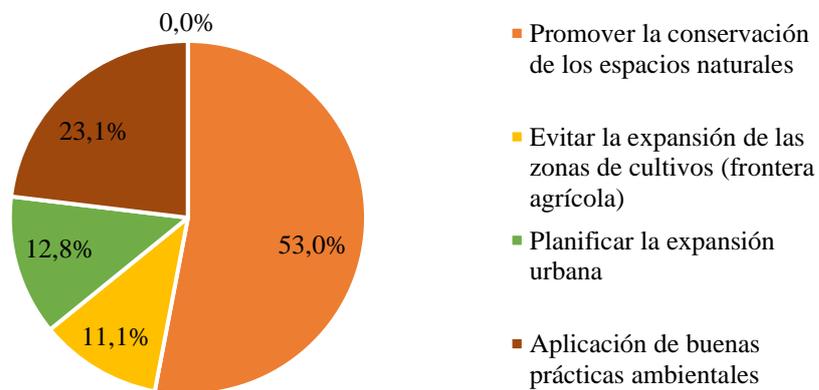
Importancia del cuidado y protección de los espacios naturales.



Respecto a la importancia en el cuidado y protección de los recursos naturales en la microcuenca del lago Yahuarcocha el 31.62% consideró que se debe preservar la biodiversidad, el 26.50% cree importante el cuidado de las fuentes y cuerpos de agua, mientras que el resto de encuestados consideran que en la microcuenca es importante conservar y proteger los recursos naturales porque estos representan un destino turístico (25.64%) y por el valor histórico y cultural del lago (16.24%), ya que este ha sido un espacio referente a lo largo de los años para la ciudad de Ibarra (Figura 12).

Figura 13

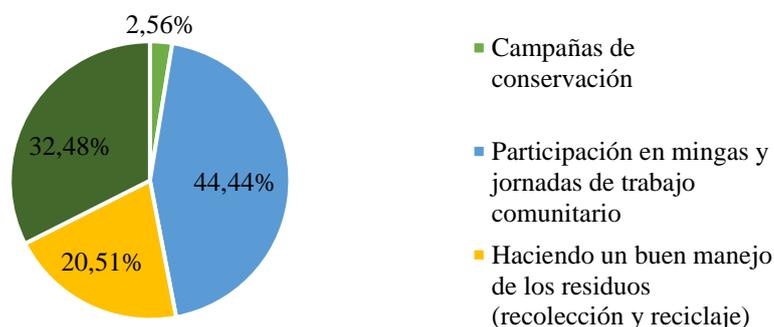
Soluciones viables para reducir los impactos ambientales.



Finalmente se preguntó a los encuestados sobre cuales creen que son las soluciones más viables para reducir los impactos ambientales en su localidad, donde el 52.99% respondió que se debe promover la conservación de los espacios naturales, un 23.08% considera necesario aplicar buenas prácticas ambientales para la conservación de los recursos naturales, el 12.82% mencionó que se debería planificar la expansión urbana y el 11.11% controlar el avance de la frontera agrícola esto principalmente en la zona alta de la microcuenca (Figura 13).

Figura 14

Contribución de los pobladores en la conservación del ecosistema de la microcuenca del lago Yahuarcocha.



Además se preguntó sobre cómo cada ciudadano contribuye en la conservación del ecosistema de la microcuenca, obteniendo que la mayoría de personas participan en mingas y trabajos comunitarios (44.44%), un 20.51% realiza un adecuado manejo de residuos desde sus hogares a través del reciclaje y separación de residuos sólidos, un 2.56% apoya y participa en campañas de conservación del ambiente, mientras que el 32.48% de los encuestados se mantiene al margen de cualquiera de las actividades antes mencionadas (Figura 14).

4.1.1 Impactos ambientales relacionados al desarrollo de la actividad agrícola y pecuaria

Se identificó que el desarrollo de las actividades agrícolas y pecuarias se realiza en mayor medida en la zona media de la microcuenca del lago Yahuarcocha, que suponen un impacto negativo en el ambiente debido a la generación de residuos sólidos, emisiones de elementos contaminantes al aire, contaminación de fuentes y/o cuerpos de agua y el suelo por consecuencia del uso de productos químicos durante los procesos de fumigación de los cultivos, cambios en los patrones espaciales de la cobertura vegetal por el avance de la frontera agrícola, así como también el deterioro de la calidad y estructura del suelo (compactación causada por el ganado) (Tabla 9).

Tabla 9*Aspectos e impactos ambientales relacionados con las actividades agrícolas y pecuaria*

Proceso / Actividad	Subproceso	Aspecto Ambiental	Ítem	Impacto Ambiental	
Actividad agrícola	Operación de equipos y maquinaria	Generación de ruido	1.1	Contaminación del aire.	
			1.2	Presión sobre los recursos naturales	
	Adecuación del suelo	Uso del suelo	Alteración del suelo	2.1	Contaminación atmosférica.
				3.1	Contaminación del suelo
				3.1	Contaminación de cuerpos y fuentes de agua
				4.1	Cambio en las propiedades y estructura del suelo.
	Control y manejo del cultivo (plagas, malezas, enfermedades)	Generación de residuos sólidos (envases y/o recipientes de agroquímicos)	Generación de emisiones atmosféricas	5.1	Cambio en la estructura del suelo.
				5.2	Presión sobre el recurso.
				5.3	Cambio de los patrones de paisaje y pérdida de cobertura vegetal.
	Riego	Uso de agua		6.1	Contaminación del suelo.
	Actividad pecuaria	Crianza de ganado bovino y ovino.	Alteración del suelo	7.1	Contaminación de cuerpos de agua.
				8.1	Contaminación atmosférica.
Contaminación por excretas			9.1	Presión sobre el recurso.	
			10.1	Cambio en la estructura del suelo por compactación	
Residuos del procesamiento de productos ganaderos			10.2	Alteración del ciclo del agua	
			11.1	Contaminación de cuerpos de agua.	
			11.2	Contaminación atmosférica	
			12.1	Contaminación del suelo	

	12.2	Contaminación de cuerpos de agua
Cambio del uso del suelo	13.1	Perdida de biodiversidad por fragmentación de los ecosistemas naturales

4.1.2 Impactos ambientales relacionados a la urbanización

De acuerdo con la Actualización del Plan de Manejo Integral de la Cuenca Hidrográfica de la Laguna de Yahuarcocha (2020), se establece que la población de la microcuenca es de 9 309 habitantes, distribuidos entre sus principales centros poblados correspondientes a: Priorato, San Miguel de Yahuarcocha (zona urbana), Aloburo, Yuracruz Alto, Yuracruzito Chico, Añaspamba, Chilcapamba, La Quesera y Bellaucu (zona rural) (Tabla 10).

Tabla 10

Población de la microcuenca del lago Yahuarcocha

Zona de la cuenca	Parroquia	Área / Zona	Comunidad	Habitantes
Baja	La Dolorosa de Priorato	Urbana	Priorato	4 000
			San Miguel de Yahuarcocha	2 516
Media	El Sagrario	Rural	Aloburo	803
			Yuracruz Alto	1 200
			Yuracruzito Chico	724
Alta	El Sagrario	Rural	Añaspamba	150
			Chilcapamba	50
			La Quesera	30
			Bellaucu	28

Nota. Actualización del Plan de Manejo Integral de la Cuenca Hidrográfica de la Laguna de Yahuarcocha (2020).

El incremento paulatino de la población y por ende el aumento de las estructuras o edificaciones a lo largo de la microcuenca han generado impactos en el ambiente, los cuales se encuentran relacionados con el cambio del uso de suelo, la presión sobre el recurso edáfico,

sumado a esto la generación de una mayor cantidad de residuos sólidos por el aumento demográfico, así como también las descargas de efluentes (aguas residuales), que en algunos casos según se pudo observar a través de la inspección de campo llegan directamente al cuerpo lacustre (vertederos no autorizados), lo que contribuye negativamente al estado del lago favoreciendo el proceso de eutrofización (Tabla 11).

Tabla 11

Aspectos e impactos ambientales relacionados con las actividades de urbanización

Proceso / Actividad	Subproceso	Aspecto Ambiental	Ítem	Impacto Ambiental		
Urbanización	Aumento de las estructuras urbanas (casas)	Generación de residuos sólidos (residuos-basura orgánica e inorgánica)	1.1	Contaminación del aire.		
			2.1	Contaminación de cuerpos y fuentes de agua superficiales y subterráneas.		
			3.1	Contaminación del suelo.		
				Descargas de efluentes (aguas residuales)	4.1	Contaminación de los cuerpos de agua.
				Cambio del uso del suelo	5.1	Cambios en los patrones de paisaje y pérdida de cobertura vegetal.
			5.2		Presión sobre los recursos naturales	
			5.3		Pérdida de biodiversidad.	
					6.1	Contaminación de fuentes y cuerpos de agua.

Considerando lo anteriormente mencionado sobre el estado actual que presenta el lago Yahuarcocha, es evidente el progresivo deterioro del cuerpo lacustre debido a la eutrofización, donde factores como el déficit de caudal de entrada al cuerpo de agua, un acelerado proceso de

evaporación (se evapora más agua de la que llueve), extracción no controlada de agua para actividades deportivas y el desvío para el regadío en los campos de cultivos de las fincas aledañas, se suman a los problemas ya conocidos tales como las condiciones de calidad del caudal de entrada al lago, ausencia de una salida de agua, así como también la acumulación de sedimentos que se da por la influencia de los asentamientos poblacionales distribuidos en sus alrededores, falta de un manejo integral y correcta gestión de los residuos producidos por los habitantes de la microcuenca y la presencia de especies invasoras tanto vegetales y animales (Lugo et al, 2015).

4.1.3 Impactos ambientales relacionados al desarrollo del turismo en la microcuenca del lago Yahuarcocha

Por otra parte, el desarrollo de las actividades de recreación y de turismo que se dan principalmente en las zonas aledañas o alrededor del lago Yahuarcocha supone una influencia negativa respecto a este entorno natural. Es así, que en la zona baja de la microcuenca de Yahuarcocha se realizan alrededor de 22 actividades turísticas al aire libre, que consisten en el aprovechamiento del espacio natural (Rivas, 1994). De acuerdo con datos proporcionados por el CEMY (2015), el escenario del lago recibe un número aproximado de 70 500 visitantes promedio al mes, tanto nacionales y extranjeros, convirtiéndose este espacio en un importante sitio turístico y económico para la ciudad de Ibarra.

Las actividades turísticas que generan más impactos ambientales por sus características y manejo, corresponden principalmente a la gastronomía, siendo esta una de las actividades más representativas desarrollada en Yahuarcocha, registrándose hasta un total de 106 locales y restaurantes donde se da la oferta gastronómica del plato típico de tilapia en el poblado de San Miguel de Yahuarcocha (Reascos, et al., 2019), adicionalmente se desarrollan actividades

ligadas a tours y/o paseos en el lago, senderismo, pesca, observación de aves, carreras de automóviles en el sector del autódromo, entre otras actividades recreativas.

Entre los aspectos o elementos derivados de estas actividades se consideran como contaminantes o causantes de impactos ambientales negativos los desechos orgánicos generados a partir del expendio y oferta gastronómica (vísceras y escamas de las tilapias), aceites usados, residuos inorgánicos, vertido de aguas servidas por canales no autorizados que se dirigen directo al lago, perturbación de la fauna y flora por la modificación de los espacios naturales para el desarrollo de actividades recreativas y la generación de ruido.

Dentro de estos aspectos es importante destacar que a través de la comunicación establecida con los propietarios de los puestos o locales de comida se conoció que los residuos orgánicos son recolectados y almacenados temporalmente para su posterior depósito en el vertedero o entrega al vehículo recolector, así también, el aceite usado suele ser almacenado en recipientes o bidones para luego ser vendido a un gestor que se encarga de comercializar estos residuos para ser utilizado en la alimentación de animales (Tabla 12).

Tabla 12*Aspectos e impactos ambientales relacionados con las actividades recreativas y de turismo.*

Proceso / Actividad	Subproceso	Aspecto Ambiental	Elementos del medio ambiente	Ítem	Impacto Ambiental	
Turismo y actividades socioeconómicas	Hotelería y hospedajes	Generación de residuos sólidos (residuos-basura orgánica e inorgánica)	Calidad del aire	1.1	Contaminación del aire.	
			Recurso agua	2.1	Contaminación del agua.	
			Recurso suelo	3.1	Contaminación del suelo.	
		Descargas de efluentes (aguas servidas)	Recurso agua	4.1	Contaminación de los cuerpos de agua.	
				4.2	Eutrofización del lago Yahuarcocha.	
		Generación de ruido	Biodiversidad	Calidad del aire	5.1	Contaminación del aire.
				6.1	Desplazamiento de especies animales a otros hábitats	
					6.2	Cambios en los hábitos normales de ciertas especies principalmente en aves.
					6.3	Alteración de los ecosistemas por variación en las diferentes poblaciones de especies animales
		Salud y seguridad humana	7.1	Afecciones en el sistema auditivo		
	Restaurantes y gastronomía	Generación de residuos sólidos (residuos-basura orgánica e inorgánica)	Calidad del aire	8.1	Contaminación del aire.	
			Recurso agua	9.1	Contaminación del agua.	
			Recurso suelo	10.1	Contaminación del suelo.	
		Descargas de efluentes (aguas servidas)	Recurso agua	11.1	Contaminación de los cuerpos de agua.	
11.2				Eutrofización del lago Yahuarcocha.		

Actividades recreativas turísticas	Generación de residuos biológicos y descargas a efluentes por limpieza y eviscerado de pescado	Recurso agua	12.1	Contaminación de los cuerpos de agua.	
		Salud y seguridad humana	13.1	Alteraciones o afección en la salud de los trabajadores	
	Generación de residuos sólidos	Recurso suelo	14.1	Contaminación del suelo.	
		Recurso agua	15.1	Contaminación de los cuerpos de agua.	
	Generación de ruido		16.1	Contaminación del aire.	
		Calidad del aire y ruido	16.2	Contaminación atmosférica.	
		Recurso agua	17.1	Contaminación de cuerpos de agua por presencia de metales pesados	
		Generación de emisiones atmosféricas: gases de combustión	Biodiversidad	18.1	Disminución del crecimiento de la vegetación y la productividad de los cultivos y reducción de la floración y la capacidad reproductiva de las especies silvestres por lluvia ácida.
				18.2	Afección directa a la salud de las especies animales y desplazamiento de sus hábitats
				18.3	Disminución en la tolerancia de los ecosistemas naturales frente al cambio climático.

4.1.4 Valoración de los impactos ambientales identificados en la microcuenca del lago

Yahuarcocha

Según la evaluación realizada de los aspectos e impactos ambientales en la microcuenca del lago Yahuarcocha, se utilizó la matriz Conesa para evaluar y valorar dichos impactos. Se identificaron impactos ambientales con niveles bajos, moderados y severos.

En cuanto a la valoración de los impactos ambientales, se destacaron aquellos relacionados con la eutrofización del lago y la consiguiente contaminación de los cuerpos de agua. Estos impactos son el resultado de actividades como la urbanización, el turismo y las actividades socioeconómicas, y se consideran perjudiciales. Se les asignó una puntuación de 50 a 75 puntos, lo cual los clasifica como impactos severos. Además, se identificaron impactos moderados, con una valoración de 25 a 50 puntos, e impactos bajos o irrelevantes, con una ponderación inferior a 25 puntos.

El entorno del lago Yahuarcocha se consolida como un ambiente natural de importancia socio ecológica para la ciudad de Ibarra y norte del país, representando un entorno de alto potencial turístico, donde los diferentes modos de vida de cada uno de los asentamientos o comunidades establecidas en el territorio de la microcuenca se encuentran vinculados con el espacio lacustre, el uso y aprovechamiento de los recursos naturales y potencial hídrico.

Sin embargo, se ha evidenciado que el desarrollo de las actividades antrópicas en la microcuenca genera impactos ambientales significativos, donde principalmente se destaca la contaminación de espacio lacustre. Autores como Oquendo (2016) y Espinoza (2013), mencionan que las principales fuentes generadoras de contaminación del lago corresponden a las descargas de aguas servidas o residuales, la mala gestión del turismo y sus derivaciones,

generación de desechos, producción agrícola y pecuaria, siendo estas dos últimas las que se presentan con mayor frecuencia a lo largo de la microcuenca.

Tabla 13

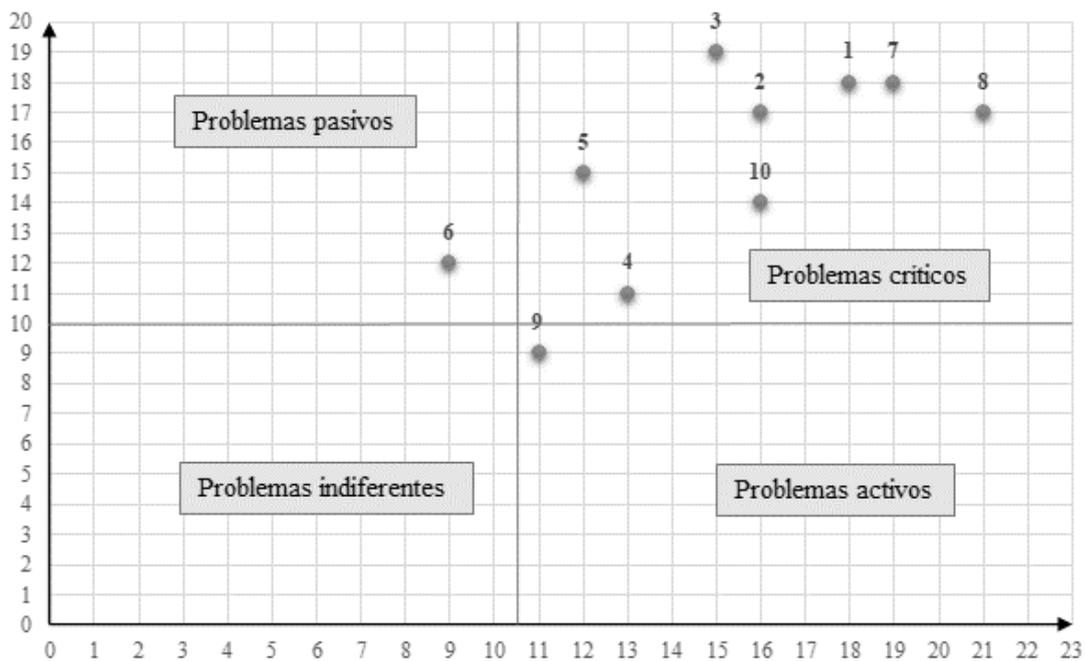
Valoración de los problemas ambientales identificados en la microcuenca del lago Yahuarcocha – Matriz Vester

Código	Problemas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Total activos
1	Ampliación de la frontera agrícola y cambios en la cobertura del suelo	0	3	3	3	3	1	2	2	0	1	18
2	Cambio del uso y cobertura del suelo (Urbanización)	3	0	2	2	1	2	2	3	0	1	16
3	Generación de emisiones atmosféricas por uso de agroquímicos	3	1	0	0	3	3	3	2	0	0	15
4	Deforestación	3	2	2	0	3	1	0	1	0	1	13
5	Producción de monocultivos	3	1	3	2	0	0	1	1	0	1	12
6	Actividad pecuaria	1	0	1	2	0	0	2	2	0	1	9
7	Descargas de efluentes (aguas residuales)	2	3	3	0	2	2	0	1	3	3	19
8	Generación de residuos sólidos	2	3	3	1	2	2	2	0	3	3	21
9	Generación de residuos y descargas a efluentes por limpieza y eviscerado de pescado	0	2	0	0	0	0	3	3	0	3	11
10	Agotamiento de acuíferos	1	2	2	1	1	1	3	2	3	0	16
Total pasivos		18	17	19	11	15	12	18	17	9	14	

De acuerdo con la evaluación de los problemas identificados en la cuenca del lago Yahuarcocha mediante la matriz Vester se evidenció que aquellos relacionados con la descarga de efluentes hacia los cuerpos de agua y el cambio de la cobertura vegetal se establecen como problemas críticos, las actividades de eviscerado de pescado es un problema activo, mientras que las actividades pecuarias corresponde a un problema pasivo, debido a que estas actividades se desarrollan en menor medida en la microcuenca (Tabla 14) (Figura 4).

Figura 15

Identificación de problemas críticos, activos, pasivos e indiferentes en la microcuenca del lago Yahuarcocha



La demanda en la producción de servicios y las necesidades económicas ligadas a la producción de cultivos, convergen en la consecuencia de impactos negativos para el ambiente, debido al empleo de agroquímicos y por defecto la generación de residuos de sus envases. Autores como Tognelli et al. (2016), establecen que el uso de estos productos provoca la contaminación de los sistemas acuáticos o cuerpos de agua por motivo de la descarga de efluentes sobre estos ecosistemas. Dentro de este contexto se establece que la agricultura es

uno de los factores más significativos respecto a la contaminación de los ecosistemas acuáticos, como consecuencia de la presencia de elementos o sustancias químicas peligrosas que confluyen en las fuentes de agua por efecto de la escorrentía, este tipo de descargas por lo general se evidencia en los cuerpos de agua de característica lénticos, siendo un claro ejemplo el caso del lago Yahuarcocha (Pabón, 2012; Terneus, 2014; Pabón, 2015 y Boada, 2016).

Adicionalmente, en el área de estudio, Boada (2016), destaca la presencia de lugares de influencia, las cuales corresponden a los espacios donde se realizan actividades recreativas de carácter acuático y terrestre, áreas de interés turístico y espacios de promoción gastronómica correspondientes a la zona del muelle de la laguna y del pueblo de Yahuarcocha donde están establecidos puestos y locales de expendio de comida, así también las áreas respectivas a vegetación económicamente viable (especies vegetales usadas para el desarrollo de artesanías) y espacios naturales no intervenidos, en conjunto estos lugares representan una importancia para el análisis de los aspectos ambientales.

En este sentido, Guerrero (2014) añade que el elevado nivel de contaminación que sufre el lago se da como consecuencia principal de las actividades turísticas, desarrolladas en los exteriores del cuerpo de agua, donde además destaca las irregularidades en el ordenamiento y el crecimiento poblacional y estructural, siendo el sector de San Miguel de Yahuarcocha el principal asentamiento que genera una mayor contaminación al lago, así también Vizcaíno (2013), menciona que los vertidos del alcantarillado que van directo al lago generan una contaminación del agua por coliformes fecales.

4.2 Determinación de la carga contaminante presente en los efluentes generados por actividades antrópicas en la microcuenca del lago Yahuarcocha

Para la determinación de la carga contaminante presente en los efluentes correspondientes a las actividades antrópicas del sector de Yahuarcocha se establecieron cuatro puntos de muestreo (Tabla 15), donde los análisis de laboratorio mostraron los siguientes resultados para cada parámetro tales como: Potencial de Hidrógeno (pH), Conductividad Eléctrica (CE), Sólidos Suspendidos Totales (SST), Sólidos Sedimentables (SS), Demanda Química de Oxígeno (DQO), Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), Grasas y Aceites (G y A), Detergentes (SAAM), Turbiedad, Nitritos, Nitratos y Cloro residual (Cl) (Tabla 16).

Tabla 14.

Puntos de muestreo de agua en la zona baja de la microcuenca del lago Yahuarcocha

Punto	Ubicación UTM WGS 84		Referencia	Descripción	Especies de flora
	E	N			
1	821674.3	41413.9	Entrada de agua al lago	Ubicado en la orilla del lago, cerca de lugares de recreación y gastronomía.	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Typha</i> • <i>Eichhornia crassipes</i>
2	822630.5	39304.9	Acequia del 15	Sequia de descarga directa al lago de aguas servidas y desechos sólidos; procedentes del área urbana del Mirador Arcángel y de actividades gastronómicas y recreación anexa del lugar.	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Inga edulis</i> • <i>Eucalyptus</i> • <i>Acanthosyris falcata</i>
3	823343.8	39710.5	Acequia Polo Golo	Sequia de descarga directa al lago de aguas servidas y desechos sólidos; procedentes de la zona baja de la microcuenca del lago Yahuarcocha	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Eucalyptus</i> • <i>Lantana camara</i>
4	823327.6	39902.6	Acequia Manzana Huaycu	Sequia de descarga directa al lago de aguas servidas y desechos sólidos; procedentes de la zona baja de la microcuenca del lago Yahuarcocha, actividades de recreación, gastronomía y turismo anexas al lugar.	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Inga edulis</i> • <i>Eucalyptus</i> • <i>Persea americana</i>

Cada uno de los datos obtenidos por punto de muestra evidencia que los valores por parámetro superan el límite máximo permisible para los diferentes contaminantes, establecidos en la Norma Técnica de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes, donde se presentan los criterios de calidad del agua para los procesos de preservación de la flora y fauna en aguas dulces frías o calidad y en aguas marinas y de estuarios.

Tabla 15

Parámetros analizados por cada muestra de agua de efluente

Parámetro	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4	Límite máximo permisible
pH (uph)	8.60	8.47	7.83	7.98	6.5 – 9
CE (uS/cm)	529.00	5.28	196.20	174.60	N/A
SST (mg/l)	44.00	40.20	248.00	5.20	N/A
SS (mg/l)	<0.1	<0.1	0.90	<0.1	N/A
DQO (mg/l)	100.00	95.00	70.00	29.00	40
DBO (mg/l)	12.00	6.00	3.00	2.00	20
G y A (mg/l)	40.40	0.60	0.80	1.40	0.3
SAAM (mg/l)	0.22	0.17	0.33	0.20	0.5
Turbiedad (UNT)	61.1	541	401	218	50 - 100
Nitritos (mg/l)	0	<0.002	0.008	0	Nitritos + nitratos 10
Nitratos (mg/l)	0	2.1	10.4	<0.3	
Cl (mg/l)	0.49	0.52	0.22	0.11	0.01

De acuerdo con los datos del punto 1, se observa que tanto los valores de pH, DBO y SAAM, se encuentran dentro límite máximo permisible por la normativa ecuatoriana, siendo el valor de DQO y G y A, los parámetros que superan el límite permisible y además son los valores más altos registrados respecto a los demás puntos de muestreo. Así también, los puntos 2 y 3 mantienen una similar tendencia que el primer punto en los parámetros que superan el

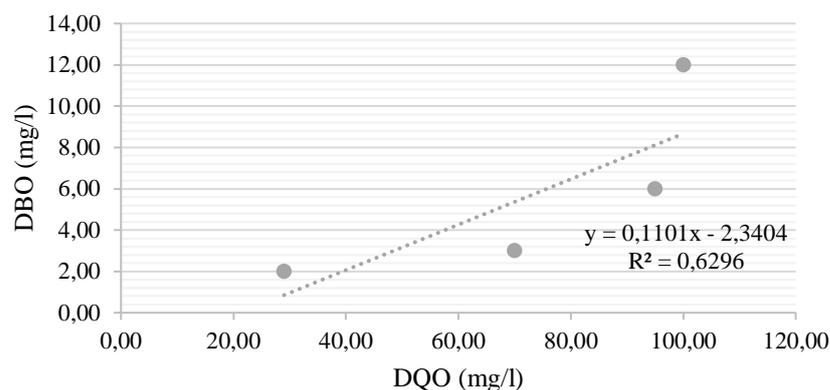
límite permitido para garantizar la calidad del agua, mientras que el punto de muestreo 4, indica que únicamente el valor obtenido en DQO (29 mg/l) supera el límite de la norma es decir es superior a 20 mg/l (Tabla 16).

Los valores de turbiedad, evidencian que en los puntos 2, 3 y 4 se supera el límite máximo permisible, mientras que en el caso de los nitritos y nitratos se observa que en el punto 3 se excede por 0.4 mg/l al valor máximo permisible a diferencia de los demás donde los valores son bajos y están dentro del rango permitido por la normativa legal, para el caso del cloro residual se registró en los cuatro puntos muestreados superan el límite máximo permisible de la normativa legal que es de 0.01 mg/l (Tabla 16).

Adicionalmente se realizó la comparación de los valores obtenidos en las muestras de agua con el límite máximo permisible respecto a los criterios de calidad para aguas destinadas para fines recreativos, donde los parámetros como el pH presenta un rango permitido entre 6.5 a 8.5, demostrando que el punto 1 excede el límite, en el caso de los aceites y grasas el valor máximo permisible es de 0.3 que indica que en los cuatro puntos muestreados se excede dicho valor, por último en el caso del cloro los puntos 1, 2 y 3 superan el máximo permisible el cual es de 0.2 mg/l.

Figura 16.

Correlación de Pearson entre los valores de DBO y DQO



Mediante el análisis de muestras y los valores obtenidos para los diferentes parámetros, la aplicación del ANOVA realizado mediante el software SPSS, mostró diferencias significativas entre los datos evaluados, principalmente con el cálculo de la varianza se evidenció la variabilidad de los datos respecto a su media, debido a que se consideran que los valores obtenidos en la muestra de agua del punto 1 son mayormente dispersos a los otros. Adicionalmente se realizó el cálculo de índice de correlación de Pearson entre los valores del DBO y DQO, mostrando una correlación fuerte entre estos dos factores al obtener un valor de 0.63 en el coeficiente (R^2) (Figura 16).

Tabla 16

Carga contaminante por cada efluente muestreado

Carga contaminante diaria (kg/día)					
Parámetro	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4	Total
SST	1.832	0.837	7.007	0.071	9.748
DQO	4.164	1.978	1.978	0.398	8.519
DBO	0.500	0.125	0.085	0.027	0.737
G y A	1.682	0.012	0.023	0.019	1.737
SAAM	0.009	0.004	0.009	0.003	0.025

Cl	0.020	0.022	0.009	0.005	0.056
				Total	20.821

Por otra parte, para el cálculo de la carga contaminante presente en cada uno de los efluentes muestreados se tomó en cuenta los parámetros de SST, DQO, DBO, G y A, SAAM y Cl, que según autores como Mindiola et al. (2008), señalan que estos parámetros influyen de manera directa en la calidad de los recursos hídricos (Tabla 17).

Los valores presentados anteriormente indican que la carga contaminante diaria para los SST corresponde a un total de 9.748 kg, siendo el punto de muestreo 3 en el cual se registra un mayor valor con 7.007 kg. De acuerdo con Pérez et al. (2016), mencionan que el principal inconveniente que supone un incremento en los valores de los sólidos suspendidos en el agua ocasiona que esta se vuelva turbia e impida el correcto paso de la luz solar en los cuerpos de agua, esto a su vez provoca que se reduzca la actividad fotosintética de los organismos autótrofos encargados de producir oxígeno disuelto en el medio acuático, lo que conlleva a impedir un normal uso o disposición del recurso para cualquier tipo de servicio o aprovechamiento.

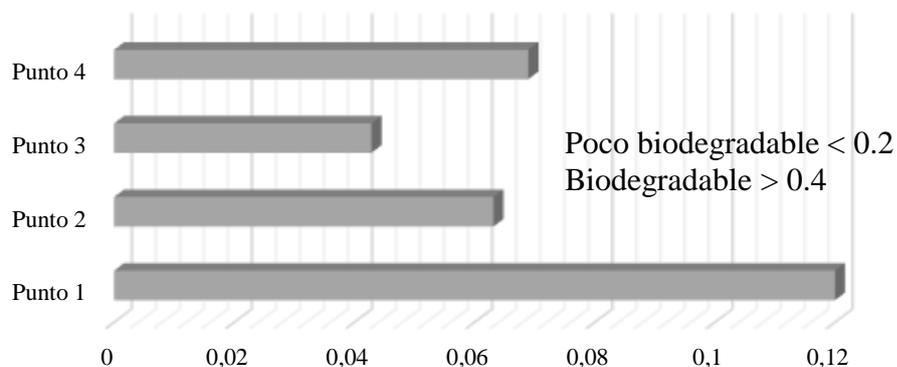
En este contexto Arreola et al. (2019), destacan que la biomasa conformada por macroalgas y fitoplancton se caracterizan por su importancia ecológica y biológica, son considerados indicadores de calidad ambiental, debido a que la contaminación generada por las descargas de aguas residuales domésticas y de origen agrícola genera un incremento en sus poblaciones, esto como consecuencia del enriquecimiento de los ecosistemas acuáticos por compuestos orgánicos, lo que a su vez influye en la eutrofización de los cuerpos de agua.

En cuanto a la carga contaminante por DQO, se obtuvo que los valores superaban el límite máximo permisible indicado en la norma de calidad de agua ecuatoriana referente a cuerpos lacustres, posteriormente los cálculos indican que su carga contaminante diaria total de los cuatro puntos de muestreo es de 8.519 kg, en comparación con el valor del DBO que es de 0.737 kg diarios. Por tanto, se considera que cuanto mayor es el valor de la DQO, existirá una mayor contaminación del cuerpo de agua analizado, ante eso Sánchez y García (2018), mencionan que de acuerdo con las normas reglamentarias de las ICPE los valores de DQO deben estar limitados a 160 mg/l cuando los efluentes son descargados directamente al medio natural, caso contrario dichos efluentes deberán ser tratados a través de una planta depuradora.

En este escenario en particular, Larco y Paucar (2017), mediante un estudio comparativo del lago de Yahuarcocha y la laguna de Yambo, determinaron que la DQO es mayor en la de Yambo, ya que, en la laguna de Yahuarcocha se ha determinado una DQO aproximada de 59 mg/l en el muelle, lo que significa que el agua de Yambo se encuentra en mayor estado eutrófico, esto como resultado el elevado nivel de materia orgánica por la descarga de aguas residuales y el incremento en las poblaciones de algas .

Figura 17.

Relación de biodegradabilidad entre DBO y DQO



Tomando en cuenta lo descrito anteriormente, se analizó la relación de biodegradabilidad entre la DBO y DQO, en donde los valores del índice mostraron resultados por debajo de 0.2, indicando que el nivel de biodegradabilidad de los cuatro efluentes muestreados es bajo, de modo que es necesario analizar los tratamientos más adecuados para el saneamiento de cada efluente previo a su descarga en el ecosistema de Yahuarcocha (Figura 6).

Las pruebas de DBO y DQO se realizan para determinar el nivel de contaminación del agua y sus efluentes, la relación entre estos parámetros en los efluentes y aguas residuales se utiliza para la predicción de sus condiciones de biodegradabilidad. La relación DBO/DQO tiende a variar dependiendo del efluente, en el caso de aquellos de origen doméstico, esta relación puede variar en un rango entre 1.7 a 2.2, mientras que para el caso de efluentes de aguas residuales provenientes de industrias los valores de esta relación pueden ser ampliamente variada (Von Sperling, 2014).

Por otra parte, respecto a las grasas y aceites presentes en los efluentes descargados en el entorno acuático de Yahuarcocha, se observó que este parámetro se encuentra por encima de los límites máximos permisibles que indica la normativa de calidad ambiental, a su vez el valor total de carga contaminante de los efluentes muestreados es de 1.737 kg, que se descargan diariamente al lago.

Autores como Caparrós et al. (2021) y González (2013), concuerdan en los problemas de contaminación que supone la presencia de grasas y aceites en las descargas de efluentes hacia los cuerpos o fuentes de agua, debido a que la presencia de estos compuestos orgánicos en el agua generan que se desarrolle una película superficial sobre el agua, esto impide el correcto intercambio gaseoso de oxígeno y dióxido de carbono entre el medio acuático y la

atmósfera, influye en el paso de la luz solar, altera los niveles de pH en el agua, lo que en conjunto afecta directamente a la biodiversidad, además de que la concentración de grasas y aceites provoca el desarrollo del proceso de eutrofización de los lagos.

De acuerdo con los valores obtenidos respecto a los detergentes (SAAM) se presenta un total de 0.025 kg/día de carga contaminante, siendo los puntos 1 y 3 quienes tienen mayor concentración de esta carga. En este sentido, diferentes autores mencionan que debido al incremento en el uso de detergentes se ha generado un gran impacto ambiental en diversos ecosistemas acuáticos, su concentración en las aguas residuales ha ido en aumento, se ha observado más espuma en diferentes cuerpos de agua, el papel y presencia de los tensioactivos fosfatos en los detergentes, estas formulaciones son beneficiosas para la reproducción de algas y microorganismos, que eventualmente consumen el oxígeno disuelto en el agua, afectando así a otros organismos acuáticos (Morillo, 2019; Gioffre, 2021).

Este fenómeno se denomina eutrofización, y no es más que la acumulación de nutrientes en estas sustancias, creando las condiciones para el crecimiento desordenado de algas (Leogón, 2018). De acuerdo con Miño y Rodríguez (2018), las especies de fitoplancton como Bacillariophyta, Chlorophyta y Cyanobacteria se consideran bioindicadores de lagos con características de eutrofización, donde la especie *Mycrosistis aeruginosa* genera floraciones de algas o blooms, este proceso a su vez representa una amenaza para la biota de los ecosistemas lacustres.

La mayoría de las aguas residuales de origen doméstico terminan en ríos y lagos agravando la contaminación de estos ecosistemas, siendo común que en este tipo de descargas estén presentes tensoactivos aniónicos, estos son los más utilizados para la fabricación de detergentes de uso doméstico debido a la eficiencia que presentan para tolerar aguas duras y

ofreciendo mejores condiciones de biodegradabilidad (Pacheco, 2015). Sin embargo, la presencia de estos compuestos en los recursos hídricos genera un incremento en el pH del agua, que a su vez altera el ciclo normal de vida de las especies acuáticas, incremento en nutrientes en el agua, aumentando el número de algas y generando malos olores por la acumulación de elevadas cantidades de fósforo, se reduce la cantidad de oxígeno disponible en el agua, originando un escenario de anoxia afectando directamente a la flora y fauna acuática (Morillo, 2019).

Por último, el valor de la carga contaminante correspondiente al cloro residual fue de 0.056 kg, siendo los puntos 1 y 2 en los cuales se registra un mayor valor con 0.020 y 0.022 kg respectivamente. Considerando que los valores registrados en la concentración de cloro residual para las muestras de agua analizada, superan el límite máximo permisible, autores como Cusiche y Miranda (2019) señalan que la presencia de este tipo de contaminante puede reaccionar con diferentes compuestos orgánicos, de modo que se forman productos clorados, los cuales al no ser debidamente tratados son descargados directamente en los cuerpos de agua, este proceso provoca toxicidad sobre los organismos vivos de los sistemas acuáticos.

De acuerdo con lo anterior, investigaciones muestran que la sobreexposición al cloro afecta directamente en el comportamiento de los peces, provocando hiperactividad, movimientos espasmódicos, dificultades respiratorias, sofocación e incluso su muerte (HANNA, 2022). Adicionalmente Nemerow (2008), destaca que incluso en concentraciones bajas, la presencia de sales en los ecosistemas acuáticos resulta ser tóxica para ciertos organismos vivos, esto sumado a que dependiendo del nivel de pH del agua el grado de toxicidad varía, siendo mayor en un rango de 6 a 7 predominando el ácido hipocloroso, mientras que en un pH mayor a 7, los iones de hipoclorito son menos tóxicos.

Autores como Flores et al. (2017), Cárdenas y Sánchez (2013), destacan los efectos dañinos que genera la presencia de cloro en niveles elevados en el agua, debido a las reacciones químicas que se producen dando como resultado la formación de subproductos peligrosos, en la presencia de materia orgánica el cloro reacciona con el nitrógeno generando cloraminas y adicional en las aguas residuales provenientes de descargas domésticas las reacciones químicas por presencia de cloro, residuos de productos de limpieza y detergentes originan nitrosaminas, que de acuerdo con estudios biomédicos se ha evidenciado que estos compuestos provocan afectos adversos a la salud humana, teniendo incluso efectos cancerígenos.

Por tanto, considerando cada uno de los parámetros fisicoquímicos analizados en el presente estudio respecto a la carga contaminante, se ha evidenciado la relación directa entre cada uno de estos, mismos que al exceder los límites máximos permisibles dispuestos en la normativa legal generan impactos negativos en el ecosistema del lago, influyendo de forma directa en el proceso de eutrofización, como consecuencia de las descargas antrópicas (Samboni, et al., 2007). Como consecuencia existe un incremento en la cantidad de materia orgánica y de los productores primarios, como fitoplancton, condiciona el nivel de oxígeno disuelto y el pH del agua (Arocena, 2016; Paul y Meyer 2001).

El nivel de oxígeno disuelto en el agua es un indicador del equilibrio entre los procesos de fotosíntesis y respiración, y, por lo tanto, de la carga orgánica presente en el sistema acuático. Su concentración depende de factores como la temperatura, la presión y la concentración de sal (Arocena, 2016). Valores muy bajos de oxígeno (inferiores a 5 mg/L en condiciones de subsaturación) y la presencia de anoxia pueden ser señales de contaminación orgánica en el agua, a su vez, valores muy altos (superiores a 12 mg/L) que implican una sobresaturación de oxígeno disuelto, pueden indicar una alta producción primaria en el sistema,

causada por una proliferación excesiva de algas que liberan oxígeno como resultado de la fotosíntesis (Barrenechea, 2004).

Adicionalmente, en las descargas antrópicas se encuentran los compuestos tensoactivos, donde su presencia en las aguas superficiales está relacionada con la interferencia en el poder auto depurador de los recursos hídricos, debido a la inhibición de la oxidación química y biológica. Como consecuencia de esto, aun en aguas fuertemente contaminadas, la determinación de la carga orgánica biodegradable (DBO) suele presentar valores bajos. Esto se debe, entre otras causas, a que las bacterias en presencia de detergentes se rodean de una película que las aísla del medio e impide su acción (Barrenechea, 2004).

Adicionalmente, en las descargas antrópicas se encuentran compuestos tensoactivos que afectan las aguas superficiales y obstaculizan la capacidad de autodepuración de los recursos hídricos al inhibir los procesos de oxidación química y biológica (Paul y Meyer 2001). Como resultado, incluso en aguas altamente contaminadas, la medición de la carga orgánica biodegradable (DBO) tiende a mostrar valores bajos. Esto se debe, entre otras razones, a que las bacterias, en presencia de detergentes, forman una película que las aísla del entorno y evita su acción (Pérez y Rodríguez, 2008). Por tanto, es necesario realizar un monitoreo y control constante de las diferentes descargas que ingresan a los ecosistemas lacustres (Yungán, 2010).

4.3. Estrategias de mitigación de impactos ambientales en la microcuenca del lago Yahuarcocha

Con la evaluación de los impactos ambientales relacionados con las actividades antrópicas realizadas en la microcuenca del lago Yahuarcocha se evidenció a través de la aplicación de la Matriz de Vester que el problema activo presente en área de estudio es el eviscerado de pescado y en consecuencia la disposición de los residuos sólidos, además

mediante el análisis de muestras de agua tomadas en diferentes puntos aledaños al lago se observó que uno de los parámetros que exceden los límites máximos permisibles es el cloro residual, el cual se encuentra presente en las aguas residuales y descargas de origen doméstico que llegan a las quebradas y afluentes del cuerpo de agua alterando el equilibrio natural de este ecosistema.

4.3.1 Plan de gestión y regulación ambiental para restaurantes y/o locales gastronómicos de Yahuarcocha generadores de desechos a partir del eviscerado de pescado

De acuerdo con la Ordenanza de Uso y Ocupación del Suelo en la ciudad de Ibarra, para el funcionamiento de los establecimientos turísticos y expendio de alimentos, se deben cumplir estrictamente con las normas técnicas, de contaminación, control sanitario, control de incendios y seguridad pública, donde se es necesario contar con los permisos de funcionamiento otorgados por los diferentes estamentos del GAD cantonal. Como se hace mención entre las normas, una de las más importantes corresponde al control de la contaminación ambiental, en el caso de la microcuenca del lago Yahuarcocha, principalmente en la zona baja donde se encuentra el ecosistema lacustre se desarrollan en mayor medida actividades recreativas turísticas y gastronómicas, estas últimas se encuentran ligadas a la presencia de varios locales y/o restaurantes encargados del expendio de tilapias fritas.

La oferta de tilapia para las actividades comerciales y gastronómicas en Yahuarcocha proviene de criaderos de otras provincias como Manabí y Guayas, en el sector del lago se estima que existen 86 establecimientos de venta de pescado registrados, de los cuales aproximadamente 50 son locales que tienen un nivel de recepción de pescado alto y los 36 locales restantes lo hacen en menor medida, en un promedio por local de 100 y 50 libras respectivamente. Adicionalmente, datos publicados en el diario “El Norte”, indican que en

Yahuarcocha se consumen 17637 libras de pescado semanales, aunque se faenan alrededor de 52910.90 libras, de esta cantidad el 30% es comercializado en la localidad del lago y el resto se comercializa a otras ciudades del país.

El faenamiento del pescado (eviscerado del pescado) genera desechos orgánicos como escamas y vísceras, los cuales al no recibir una correcta disposición final provocan impactos negativos en el ambiente, ya que de acuerdo a testimonios de los habitantes de la localidad del lago Yahuarcocha se mantiene la costumbre de almacenar estos desechos en costales para posterior depositarlos en el vertedero o directamente en los contenedores con los desechos y residuos comunes. Por tal motivo es importante plantear un plan de manejo que se encargue de la gestión y control de los locales gastronómicos y de los desechos que estos generan.

Objetivo General

- Implementar un plan de gestión y regulación ambiental para locales y restaurantes de expendio de tilapias localizados en la zona baja de la microcuenca del lago Yahuarcocha.
- **Objetivos Específicos**
- Actualizar el catastro de los locales de expendio de tilapias localizados en la zona baja de la microcuenca del lago Yahuarcocha.
- Promover el mejoramiento de las instalaciones de los locales de expendio de tilapias.

- Controlar el cumplimiento de las normas y permisos de funcionamiento de los locales y su regularización a través del registro ambiental.

Tabla 17.

Marco ordenador presión - estado - respuesta y actividades para el programa de gestión y regulación ambiental

Presión	Estado	Respuesta/Actividades	Estrategia/Técnica
Actividades gastronómicas / eviscerado de pescado en locales aledaños al Lago Yahuarcocha.	Déficit en el manejo y disposición final de los desechos biológicos generados a partir del eviscerado de pescado en locales de venta de tilapias alrededor del lago Yahuarcocha.	<ul style="list-style-type: none"> • Actualización del registro (catastro) de los locales y/o restaurantes expendedores de tilapia para el consumo y comercialización dentro y fuera del sector del lago Yahuarcocha. • Promoción de la regularización de los locales y/o restaurantes a través de la obtención de un registro ambiental, con un previo diseño de un plan de manejo ambiental para los desechos del eviscerado de pescado. 	<p align="center">Planificación estratégica</p>
		<ul style="list-style-type: none"> • Mejoramiento de las instalaciones en los locales comerciales, enfocado en la adecuación de espacios y recipientes o contenedores para el almacenamiento temporal de los desechos del eviscerado de pescado, así como también la instalación de trampas de grasa para la retención de los sólidos. • Promover la construcción de un centro de eviscerado de pescado en Yahuarcocha dentro del marco de las normas sanitarias y procedimientos para mantener la calidad del producto. 	<p align="center">Mejoramiento del manejo de los residuos de eviscerado de pescado.</p>
		<ul style="list-style-type: none"> • Controlar que los locales y/o restaurantes de expendio de tilapia posean los requisitos respectivos para el funcionamiento en el marco de normas técnicas, control sanitario, contaminación ambiental. 	<p align="center">Monitoreo y control</p>

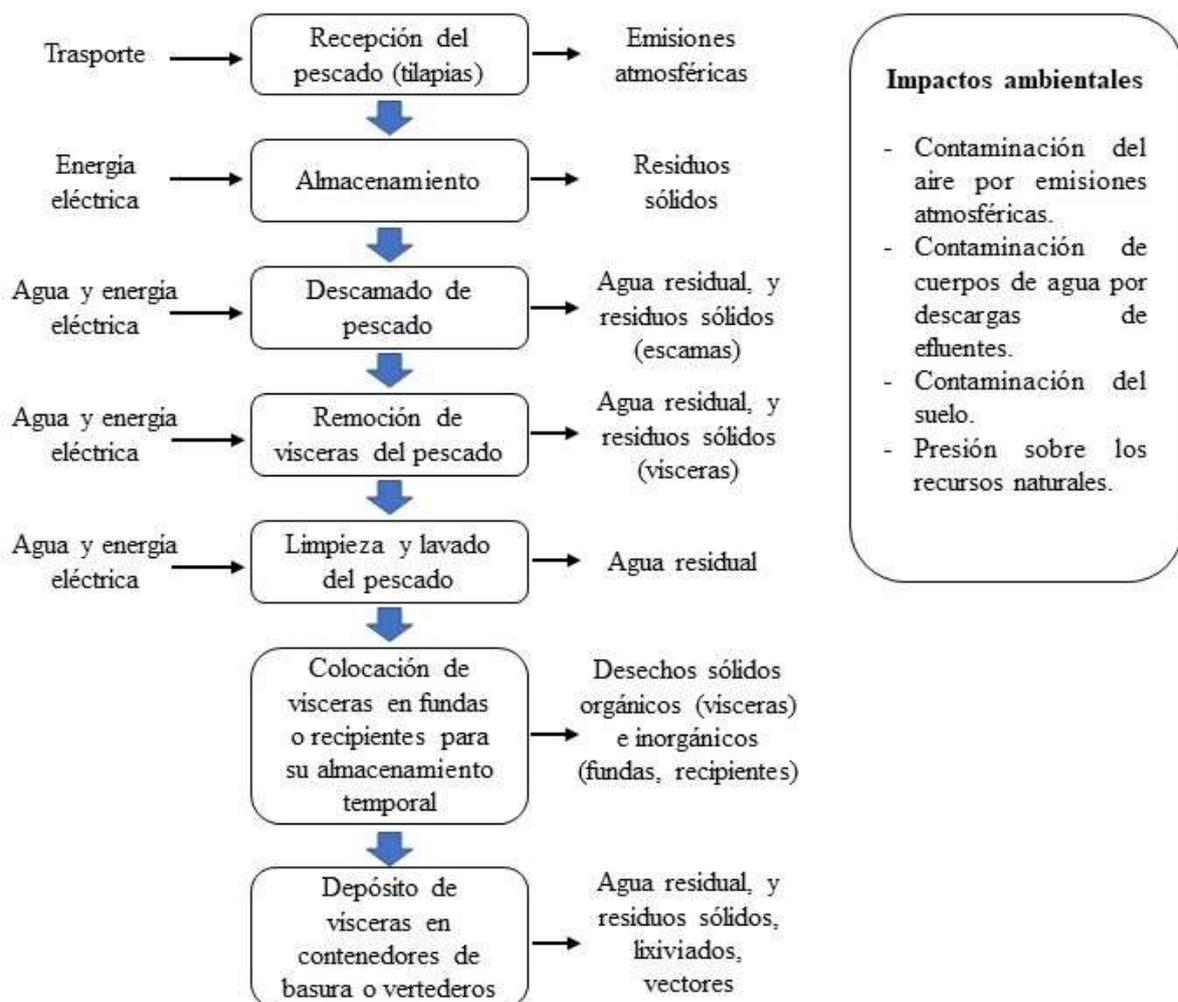
		<ul style="list-style-type: none">• Establecer un cronograma semestral para el monitoreo de las descargas de efluentes por parte de los locales de expendio de tilapia, con la participación directa del GPI.	
--	--	---	--

4.3.2 Programa de manejo de desechos orgánicos generados a partir del eviscerado de pescado

En la presente investigación se evidenció al eviscerado de pescado como uno de los problemas activos presentes en la zona baja de la microcuenca del lago Yahuarcocha, esto como consecuencia de las actividades de gastronómicas y turísticas que se generan en el sector.

Figura 18.

Diagrama de flujo, entradas, procesos, salidas e impactos del eviscerado de pescado



Diversos estudios como los realizados por Pazmiño y Vera (2020), Banegas et al. (2018) y Gutiérrez et al. (2017), destacan que el mal manejo y disposición de este tipo de

desechos además de generar malos olores, se convierten en un foco de infección capaz de causar daño en el entorno y la salud pública de la población local, aparición de vector, lo que en conjunto suponen un serio peligro en la seguridad e higiene alimentaria, problemas socioeconómicos en el área de influencia, además de daños en el ambiente a consecuencia de una incorrecta disposición final (Anexo 4).

Objetivo General

- Implementar un programa de manejo y la disposición de los desechos orgánicos como resultado del eviscerado de pescado en los locales de venta de tilapia aledaños al lago Yahuarcocha.

Objetivos Específicos

- Evaluar la situación actual del manejo y disposición de los desechos sólidos por eviscerado de pescado.
- Establecer espacios adecuados para el correcto almacenamiento temporal de los desechos del eviscerado del pescado.
- Concientizar a la población local en la adecuada disposición final de los desechos, a fin de evitar su depósito o descarga directa en los entornos naturales.

Tabla 18.

Marco ordenador presión - estado - respuesta y actividades para el programa de manejo de residuos orgánicos del eviscerado de pescado

Presión	Estado	Respuesta/Actividades	Estrategia/Técnica
<p>Actividades gastronómicas / eviscerado de pescado en locales aledaños al Lago Yahuarcocha.</p>	<p>Déficit en el manejo y disposición final de los desechos orgánicos generados a partir del eviscerado de pescado en locales de venta de tilapias alrededor del lago Yahuarcocha.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Elaboración de harina de pescado a partir de las vísceras del mismo, cumpliendo de forma estricta normas sanitarias, ambientales y estándares técnicos para la elaboración de este producto, garantizando condiciones higiénicas, laborales y de seguridad apropiados en la recolección y almacenamiento de los desechos. • Elaboración de compost en un biodigestor a partir de las vísceras del pescado, generando un fertilizante de excelente calidad para su aplicación en las zonas de cultivos de la microcuenca del lago Yahuarcocha. 	<p>Mejoramiento del manejo de los desechos de eviscerado de pescado.</p>
		<ul style="list-style-type: none"> • Establecimiento de espacios adecuados para el almacenamiento temporal de los desechos orgánicos, estos espacios deben presentar características que garanticen la seguridad, salud e higiene de la población local evitando la generación y/o aparición de vectores. 	<p>Planificación estratégica</p>
		<ul style="list-style-type: none"> • Monitoreo y control de los desechos orgánicos del eviscerado de pescado en los locales gastronómicos de venta de tilapias y pescado, desde el almacenamiento hasta su disposición final. 	<p>Monitoreo y control</p>

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- Se determinó e identificó que los impactos ambientales que afectan a la microcuenca del lago Yahuarcocha se encuentran ligados a las actividades agrícolas, pecuarias, eviscerado del pescado, descargas de efluentes, urbanización, gastronomía y el turismo. Mediante la matriz Vester se evidenció que los impactos relacionados con la descarga de efluentes hacia los cuerpos de agua y el cambio de la cobertura vegetal se establecen como problemas críticos, las actividades de eviscerado de pescado es un problema activo, mientras que las actividades pecuarias corresponden a un problema pasivo.
- Mediante el análisis de laboratorio de las muestras tomadas en los cuatro puntos de muestreo del lago, se evidenció que los parámetros considerados para el cálculo de la carga contaminante correspondientes al pH, DBO y SAAM, se encuentran dentro límite máximo permisible por la normativa ecuatoriana, siendo la DQO, grasas y aceites, los parámetros que superan el límite permisible, además son los valores más altos registrados en cada punto de muestreo; es importante destacar también que la concentración de cloro residual y turbiedad superan el límite máximo permisible.
- Finalmente, considerando al proceso de eviscerado de pescado como uno de los problemas activos principalmente en la zona baja de la microcuenca del lago Yahuarcocha, se plantearon dos estrategias de mitigación de impactos ambientales como: programa de manejo de desechos orgánicos generados a partir del eviscerado de pescado y plan de gestión y regulación ambiental

enfocado en los locales y restaurantes de expendio de tilapias, de tal forma que se reduzca la presión sobre el entorno natural del lago.

- Con las conclusiones citadas anteriormente se acepta la hipótesis alternativa planteada para el presente trabajo de investigación, donde se hizo mención que la calidad del agua de la microcuenca del lago Yahuarcocha no cumple con los límites permisibles de acuerdo con la legislación vigente, debido a que los valores de los parámetros analizados superan a los establecidos en la ley, además de que se ha dado el cumplimiento de cada uno de los objetivos establecidos en esta investigación.

5.2 Recomendaciones

- Se recomienda que para los estudios de ampliación de investigación se realice la evaluación de las concentraciones de oxígeno disuelto en los puntos de muestreo establecidos, así como también identificar nuevos puntos de monitoreo de descargas antrópicas que ingresan al lago y en la zona central del mismo, considerando que este parámetro es un indicador de la contaminación por materia orgánica, identificando mediante monitoreos cual afluente presenta mayores concentraciones y establecer un plan de remediación, y a su vez evaluar la presencia del género de fitoplancton *Microsystis* en el lago Yahuarcocha a fin de evidenciar su deterioro.
- Se recomienda establecer un plan de trabajo en conjunto los GADs provinciales y cantonales para la implementación de lineamientos y políticas públicas de regulación enfocadas en la disminución de la contaminación de lago específicamente sobre los contaminantes que superan los límites máximos permisibles analizados en esta investigación.

- Concientizar a la población sobre los problemas ambientales que producen las actividades antrópicas y contaminan el lago con el fin de minimizar los años en su mayoría, y a su vez sean ellos quienes eduquen a los turistas sobre cuidados y protección que necesita el sector.
- Adicionalmente, se recomienda llevar a cabo evaluaciones regulares del estado trófico con el fin de obtener información sobre cómo se comportan los parámetros fisicoquímicos y establecer correlaciones que permitan interpretar la condición del área de estudio.

REFERENCIAS

- Actualización Del Plan De Manejo Integral de la Cuenca Hidrográfica de la Laguna de Yahuarcocha. (2020). Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de San Miguel de Ibarra.
- Acevedo, R., Castillo, M. y Severiche, C. (2013). *Manual de Métodos Analíticos para la Determinación de 200 Parámetros Físicoquímicos Básicos en Aguas*. Cartagena de Indias Colombia
- Acuerdo Ministerial 061. (2015). Reforma Del Libro Vi Del Texto Unificado De Legislación Secundaria. Registro Oficial (4 de mayo, 2015).
- Arreola, J., Garatuza, J., Yépez, E. y Robles, A. (2019). *Capital natural y bienestar social de la comunidad Yaqui*. Instituto Tecnológico de Sonora. Obregón, México
- Aguilera-Revés, E. y Cruz-García, M. (2015). Evaluación de los factores ambientales en la actividad gastronómica de Santiago de Cuba. *Ciencia en su PC*, 2, 65-74.
- Arocena, R. (2016). Principios y métodos de limnología: ejemplos de Uruguay. DIRAC. Montevideo. 328 pp.
- Bambi, A. (2021). Evaluación de impactos ambientales en la minería: un estudio de caso en la provincia de Uige, Angola. *Revista electrónica de medioambiente*, 22(1), 1-14.
- Barandiarán, J. (2016). “The authority of rules in Chile’s contentious environmental politics”. *Revista Environmental Politics*, 25(6), 1013-1033.
- Barrenechea, M. (2004). Aspectos físicoquímicos de la calidad del agua (Vol. 1). Lima. Disponible en: <http://www.ingenieroambiental.com/4014/uno.pdf>
- Barreto, L. (2013). Eutrofización en ríos brasileños. *Enciclopedia Biósfera*, 9(16), p. 2179

- Bartram, J. y Balance, R., (1996). *Water Quality Monitoring -A Practical Guide to the Design and Implementation of Freshwater Quality Studies and Monitoring Programmes*. UNEP/WHO.
- Betancourt, F., Cortes, F. y Medrano, F. (2010). Control Inicial en la Descarga de Aguas Residuales Industriales y Comerciales. *Conciencia Tecnológica*, (39),43-49.
Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=944/94415753008>
- Blanco, R. y Benayas, J. (1998). *Los estudios de capacidad de acogida y su contribución para establecer modelos de turismo sostenible en espacios naturales*, Departamento de Ecología, Universidad Autónoma de Madrid. España.
- Borona, N., Fernández B. y Salinas P. (2012). *Sedimentología y estratigrafía, Ambientes Lacustres*. Tesis de Licenciatura en Ciencias de la Tierra, Universidad Autónoma de México. México.
- Bringas, N. y Ojeda, L. (2000). El ecoturismo ¿nueva modalidad del turismo de masas? *Economía, sociedad y territorio*, 2(7).
- Broche, Y. y Ramos, R. (2014). Procedimiento para la gestión de los residuos sólidos generados en instalaciones hoteleras cubanas. *Ingeniería Industrial*, 35(2), pp. 224-235
- Brown, L. y Therivel, R. (2012). “Principles to guide the development of strategic environmental assessment methodology”. *Impact Assessment and Project Appraisal*, 18(3), 183-189.
- Burgos, B. (2018). Evaluación de impactos ambientales producidos por la construcción y operación del restaurante en la comunidad de yunguilla. (Tesis de pregrado). Universidad Tecnológica Equinoccial. Quito, Ecuador.

- Burns, T. (2016). "Sustainable development: Agents, systems and the environment". *Current Sociology Review*, 64(6), 875–906.
- Buttler R. (1980). *The Concept of a Tourist Area Cycle o Evolución: Implicationsfor Management of Resources*. The Canadian Geographer. Vol. XXIV.
- Cabrera, S. (2015). Análisis Temporal y Espacial de las comunidades Zooplanctónicas en los Lagos Andinos Yahuarcocha y Monjanda, Ecuador (Tesis de Pregrado). Universidad Técnica Del Norte, Ecuador.
- Calvo, G. y Mora, J. (2009). Evaluación y clasificación preliminar de la calidad del agua de las Cuencas de los ríos Tárcoles y Reventazón. *Revista Tecnología En Marcha*, 22(1), pág. 57. Recuperado de: https://revistas.tec.ac.cr/index.php/tec_marcha/article/view/196
- Cárdenas, G. y Sánchez, I. (2013). Nitrógeno en aguas residuales: orígenes, efectos y mecanismos de remoción para preservar el ambiente y la salud pública. *Universidad y Salud*, 15(1), 72-88.
- Cárdenas, H. (2019). *Riesgos ambientales y sociales en hoteles, restaurantes y estaciones de servicio*. Pilotos de Innovación Financiera. Corporación Financiera Internacional.
- Caparrós, Y., González, B. y Godínez, D. (2021). Evaluación de efluentes en cinco fuentes contaminantes de la bahía de nuevitas. *Revista Cubana Química*. (33), 3, 326 – 344.
- Cardoso, C., Castillo, M., y Hernández, C. (2014). Sosteniendo al turismo o turismo sostenible. *Estudios y Perspectivas en Turismo*, 23, pp. 376-395.

- Caro, F., Acosta, J., Orgaz, F., y Castellanos, M. (2015). Turismo, desarrollo sostenible y percepción de los stakeholders. Un estudio de caso en República Dominicana. *Revista de Economía del Caribe* (15), pp. 153- 182.
- Casas, M. (2002). *Cuba: Medio Ambiente y Desarrollo. 3er Congreso Internacional de Educación Superior "UNIVERSIDAD 2002"*. La Habana.
- Castejón, R. (2010). *Impactos ambientales - Desarrollo del turismo*. Colombia
- Chan-Cob (2005), *Áreas naturales protegidas y conservación costera en el caribe mexicano*. Universidad de Quintana Roo. Chetumal, México.
- Chávez, A. y Franco, S. (2003). *Principios básicos de contaminación ambiental*. Universidad Autónoma del Estado de México. Toluca, México.
- CIGEA. (2005). *Metodología para la evaluación aproximada de la carga contaminante*.
- Código Orgánico del Ambiente. (2017). Registro Oficial, 983 (12 de abril 2017).
- Cortina, M. (2018). Diseño de Plan de Manejo Ambiental en el Restaurante Relitos Grill & Beer. (Tesis de Grado). Universidad Militar Nueva Granada. Bogotá, Colombia.
- Comisión Mundial del Medio Ambiente y del Desarrollo y Brundtland, G. H. (1989). *Nuestro Futuro Común*.
- Comisión Nacional del Agua. (2000). *Guía para el control de descargas a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal*. 1a Edición. México
- CONAMA. (1994). *Comisión Nacional del Medio Ambiente. Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental*. Santiago.

Conesa, V. (2010). *Guía Metodológica Para La Evaluación Del Impacto Ambiental*. Ingeniería Sanitaria y Ambiental. : s.n.,

Constitución de la República del Ecuador (2008). Registro Oficial, 449 (20 octubre de 2008)

Cortés, F., Treviño, C., Sáenz, A. y Ávila, C. (2015). Balance de masa de procesos industriales para aguas de desecho. *Revista de Arquitectura e Ingeniería*, 9(1),1-13. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=1939/193948443001>

Cutaia, F. (2016). *Strategic Environmental Assessment: Integrating Landscape and Urban Planning*. Palermo, Italia, UNIPA Springer Series.

ELAW, Environmental Law Alliance Worldwide (2010), *Guía para Evaluar EIAs de proyectos mineros. Capítulo 2: Vista general del proceso del EIA*. Eugene, OR, Ediciones ELAW.

Environmental Protection Agency (EPA). (2003). *Onsite wastewater treatment systems manual*. EUA.

FAO (2009). *Water resource allocation strategies: opportunities for wastewater reuse in agriculture*. Conference paper for Malta Water Resources Authority. FAO, Rome

Flores, S., Peceros, M., Tapia, M., Tejada, P., Yugra, M., Paredes, J. Villanueva, J. (2017). Evaluación preliminar de los niveles de cloro residual (Cl₂) y contaminación por cloraminas en agua potable de la ciudad de Arequipa – 2015. *Veritas*, 16, (1), 51 – 55.

Fonseca, D. (2 de octubre de 2016). Yahuarcocha: un recurso que se agota. *Diario La Hora*, pp. 2-3.

García, F. y Miranda, V. (2008). *Eutrofización, una amenaza para el recurso hídrico*. Volumen 2. Parte 1

- Gessa, A., y Toledano, N. (2011). Turismo, emprendimiento y sostenibilidad en los espacios naturales protegidos: El caso de Andalucía - España. *Estudios y Perspectivas en Turismo*, 20, pp. 1154-1174.
- Gobierno Autónomo Descentralizado de Ibarra. (2019). *Actualización del plan de manejo integral de la cuenca hidrográfica de la laguna de Yahuarcocha, provincia de Imbabura*. Ibarra.
- González, G. (2013). Evaluación del contenido de grasas y aceites en descargas de agua residual porcícola con diferentes fuentes energéticas en la dieta alimenticia. Recuperado de: <https://www.porcicultura.com/destacado/Evaluación-del-contenido-de-grasas-y-aceites-en-descargas-de-agua-residual-porcícola-con-diferentes-fuentes-energéticas-en-la-dieta-alimenticia>
- Gumucio, C. y Zúñiga, M. (2021). De la evaluación de impacto ambiental a la evaluación ambiental estratégica: desafíos para la política ambiental en Chile y América Latina. *Política y Gobierno*, 28(1), 1- 17.
- Gutiérrez, H. y Valencia, A. (2006). Plan de manejo ambiental para la arenera el vínculo localizada en el municipio de Soacha (Cundinamarca) expediente car n° 2334. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/10901/11006>.
- HANNA. (2022). El efecto del Cloro en acuarios y acuicultura. Recuperado de: <https://www.hannacolombia.com/aqua/blog/item/el-efecto-del-cloro-en-acuarios-y-acuicultura>

Hickman, L. (2007). *El turista contaminante*. ForeignPolicy, Edición española Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI). (2014). Estación meteorológica Ibarra-Aeropuerto. Ibarra, Ecuador.

INEC (2010). *Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, VII Censo Nacional de Población*.

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, IDEAM. (2007). Toma de muestras de aguas residuales. Recuperado de: http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38158/Toma_Muestras_AguasResiduales.pdf/f5baddf0-7d86-4598-bebd-0e123479d428

Jacobo, F. (2018). Aguas residuales urbanas y sus efectos en la comunidad de Paso Blanco, municipio de Jesús María, Aguascalientes. *Revista San Luis*, (8),16.

Jácome, G., Valarezo, C. y Yoo, C. (2018). Assessment of water quality monitoring for the optimal sensor placement in lake Yahuarcocha using pattern recognition techniques and geographical information systems. *Environ Monit Asses*, 190, 259.

Lara, D. (2015). Estudio de impacto ambiental. Ordenamiento de las actividades deportivas, recreativas y de alimentación que se realizan en la Laguna Yahuarcocha del Cantón Ibarra. Ibarra, Ecuador: Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de San Miguel de Ibarra.

Larco, K. y Paucar, P. (2017). Evaluación de la transferencia de oxígeno con plantas acuáticas en un cultivo hidropónico (Tesis pregrado). Quito: EPN.

- Ledesma, C., Bonansea, M., Rodríguez, C. y Sánchez, A. (2013). Determinación de indicadores de eutrofización en el embalse Río Tercero, Cordoba (Argentina). *Revista Ciencia Agronómica*, 44(3), pp. 419-425.
- Lugo-Morin, D. y Torres-Cuapa, B. (2015). Desarrollo, Trabajo y Género: El Caso de la Laguna de Yahuarcocha. *Cuestiones de género: de la igualdad y la diferencia*, 10, 249-257.
- Manahan, S. (2006). *Introducción a la química ambiental*. 1ra Edición. Universidad Autónoma de México - México D.F.: Reverte. 164
- Millenium Ecosystem Assessment, 2005. *Los ecosistemas y el bienestar humano: humedales y agua*. Island Press, Washington, D.C.
- Mindiola, M., Pedraza, J. y Escalante, H. (2008). Índice de carga contaminante para los vertimientos generados durante el proceso de refinación química de oro en los talleres de joyería de Bucaramanga. *Dyna* (75), 156, 135 – 146.
- Ministerio del Ambiente, Acuerdo Ministerial 142. (2012). Listado nacional sustancias químicas peligrosas desechos peligrosos. Registro Oficial, 856. (21 de diciembre, 2012).
- Ministerio del Ambiente (MAE). (2015). *Sistema Único de Información Ambiental- SUIA, Manual del ciudadano*. Recuperado de: <https://www.ambiente.gob.ec/wpcontent/uploads/downloads/2015/06/Manual-de-RegularizacionAmbiental.pdf>

- Ministerio del Ambiente y Agua. (2021). *Regularización Ambiental. SUIA – Mesa de Ayuda*. Recuperado de: <http://mesadeayuda.ambiente.gob.ec/joomla/index.php/8-regularizacion-ambiental>
- Mitsch, W. J. y Gosselink, J. C. (2003). *Wetlands. John Wiley and Sons*, Nueva York.
- Molina, L., Mejía, M. y Reyes, O. (2012). *Evaluación del Índice de calidad de agua en la Bahía de Jiquilisco, definición de metodologías de muestreo, validación y cuantificaciones analíticas para agua salada*. Tesis de Ingeniería Química. Escuela de Ingeniería Química e Ingeniería de Alimentos, Universidad del Salvador, Salvador.
- Norma Internacional ISO 14001. (2015). *Sistemas de gestión ambiental — Requisitos con orientación para su uso*. Ginebra – Suiza. Recuperado de: <https://www.iso.org/obp/ui#iso:std:iso:14001:ed-3:v1:es>
- Pabón, J. (2015). *Distribución y Evaluación de la Vegetación Macrofítica en el Lago Yahuarcocha, Provincia de Imbabura (Tesis de Pregrado)*. Universidad Técnica del Norte, Ecuador.
- Paul, M. J. and Meyer, J. L. (2001). Streams in the urban landscape. *Annu. Rev. Ecol. Syst.*, 32: 333–365.
- Pérez-Castillo, A. G. y Rodríguez, A. (2008). Índice fisicoquímico de la calidad de agua para el manejo de lagunas tropicales de inundación. *Rev. Biol. Trop.*, 56 (4): 1905-1918.
- Pérez, C., Zizumbo, L. y Gonzáles, M. (2009). Impacto ambiental del turismo en áreas naturales protegidas; procedimiento metodológico para el análisis en el Parque Estatal El Ocotil, México. *El Periplo Sustentable*, 16, 25-56.

- Pérez, S. (2017). La planificación y prevención de los impactos ambientales del turismo como herramienta para el desarrollo sostenible: Caso de estudio Timotes, Venezuela. *Interam. ambient. tur.* 13, (2).
- Pérez, G. Arriola, J., García, T., Saldaña, M. y Mendoza, J. (2016). Evaluación de la calidad del agua de cuatro jagüeyes del parque estatal “flor del bosque”, puebla, México. *RA XIMHAI* (12), 4, 153 – 168.
- Pérez, L. (2013). Bioindicators of climate and trophic state in lowland and highland aquatic ecosystems of the Northern Neotropics. *Revista de Biología Tropical*, 61(2), pp. 603-644
- Pineda, C. (2011). *Aprovechamiento de los residuos generados en trampas de grasa provenientes de establecimientos comerciales en el distrito de Pereira*. Universidad Tecnológica de Pereira, Maestría en Ecotecnología 19.
- PIOM (2001). *Diseño de la metodología para la formulación de planes integrales de ordenamiento y manejo de microcuencas – PIOM- y su aplicación en la parte baja de la cuenca hidrográfica de la quebrada La Iguaná*. Universidad Nacional. Colombia. 601 pp
- Plan Nacional de Desarrollo (2017 – 2020). *Toda una vida*. Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo - Senplades 2017. Quito – Ecuador
- Posso, M. (2011). *Proyectos, tesis y Marco lógico*. Quito, Ecuador: EDICIONES 13.
- Pozo, C. (2008). *Eutrofización de los lagos y su consecuencia*. Ibarra.

- Rainforest Alliance (2008). Buenas prácticas para el turismo sostenible. Obtenido de Buenas Prácticas para el turismo sostenible. Disponible en: http://www.rainforest-alliance.org/tourism/documents/tourism_practices_guide_spanish.pdf
- Ramírez, J. y Roldán, P. (2008). *Fundamentos de limnología neotropical*. 2da Edición ed. Medellín: Universidad de Antioquia.
- Reascos, D., Yppe, R. y Paredes, I. (2019). Incidence of tourism activities and their impacts on the quality of the Yahuarcocha water system, Ecuador. *RECINATUR.JOURNAL*, 1(1), 148- 171.
- Restrepo, C. y Cuadros, A. (2013). Evaluación del impacto socioambiental de proyectos *Interciencia*. (38)5. 339-346
- Rivas, H. (2005). “*Los Impactos Ambientales en Áreas Turísticas Rurales y Propuestas para la Sustentabilidad*”
- Rodríguez, F. (2004). *Estudio de impacto ambiental. Una necesidad en la actividad*. Ecuador.
- Rodríguez, H. (2015). *Los microorganismos un mundo por descubrir, una estrategia de aula para desarrollar habilidades científicas para estudiantes de ciclo 2*. Tesis de Maestría. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá.
- Rojas, J. (2000). *Tratamiento de aguas residuales: teoría y principios de diseño* (3º Edición). Bogotá-Colombia: Escuela Colombiana de Ingeniería 25.
- Salinas. (2012). *Eutroficación de los lagos*. Colombia Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo. (2017). Plan Nacional de Desarrollo 2017-2021.

- Samboni, N., Carvajal, Y. y Escobar, J. (2007). Revisión de parámetros fisicoquímicos como indicadores de calidad y contaminación del agua. *Revista Ingeniería e Investigación*. 27(3), 172-181.
- Sánchez, R. y García, K. (2018). Tratamiento de aguas residuales de cargas industriales con oxidación avanzada en sistemas convencionales. *La Granja*, (27), 1, 103 – 111.
- Sánchez, A. (19 de febrero de 2021). Esta es la forma como debería reciclar aceite usado de cualquier tipo en la cocina. La República. Recuperado de: <https://www.larepublica.co/responsabilidad-social/esta-es-la-forma-como-deberia-reciclar-aceite-usado-de-cualquier-tipo-en-la-cocina-3127807>
- Santamaría, E. y López, S. (2019). Beneficio social de la actividad turística en Ecuador. *Revista Venezolana de Gerencia*, (24), 86, pp. 417-434.
- Schettini, P. y Cortazzo, I. (2016). *Técnicas y estrategias en la investigación cualitativa*. EDULP. Universidad Internacional de la Plata. Argentina.
- Secretaría de la Convención de Ramsar (2013). *Manual de la Convención de Ramsar: Guía a la Convención sobre los Humedales (Ramsar, Irán, 1971)*. 6a. Edición. Secretaría de la Convención de Ramsar, Gland (Suiza).
- Sierra, C. (2011) *Calidad del agua: Evaluación y diagnóstico*. Primera ed. Medellín: Universidad de Medellín.
- Sogar, H. (2000). *Aspectos relacionados con el manejo del turismo y el control de visitante*. En: *Revista Estudios y Perspectivas en Turismo*. Volumen 1 N° 2.

- Tacias, P., Rosales, A. y Torrestiana, B. (2016). Evaluación y caracterización de grasas y aceites residuales de cocina para la producción de biodiésel: un caso de estudio. *Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal*, 32(3), 313.
- Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente. (2017). *Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes: Recurso Agua*. Registro Oficial Edición Especial 2 de 31-mar.-2003, Ecuador.
- Tejero, I., Suárez, J., Jácome, A., Temprano, J. y García, C., (2001). *Problemas de ingeniería sanitaria y ambiental. Segunda ed. Catambria: E.T.S. de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de la Universidad de Cantabria*. Santander
- Tinoco, O. (2003). Los impactos del turismo en el Perú. *Industrial Data*, 6(1),47- 60. ISSN: 1560-9146.
- UNESCO. (2015). *Water for people, Water for life. Executive Summary of the UN World Water Development Report*, France
- Urbina. G., Vallejo, J. y Cruz, M. (2014). *Proyectos Ambientales en la Industria* 1ra Edición. México: Grupo Editorial Patria 30.
- Urreta, M. (2013). *Los ecosistemas lacustres. Ambientum. Grupo de Tratamiento de Aguas Residuales*. Escuela Universitaria Politécnica. Universidad de Sevilla.
- Van Colen, W., Portilla, K., Oña, T., Wyseure, G., Goethals, P., Velarde, E. y Muylaert, K. (2017). Limnology of the neotropical high elevation shallow lake Yahuarcocha (Ecuador) and challenges for managing eutrophication using biomanipulation. *Limnologica*, 67, 37–44.

- Verdezoto, C. (2018). Transformación del paisaje de la laguna de Yahuarcocha mediante la incorporación de infraestructuras de depuración de aguas. (Tesis de Pregrado). Facultad de Arquitectura y Urbanismo. Universidad Central del Ecuador. Quito, Ecuador.
- Wills, B, Vélez, S. Arboleda, A. y Garcés, J. (2010). Propuesta metodológica para la evaluación de sistemas de tratamiento de aguas residuales domésticas en el sitio. *Revista Escuela de Ingeniería de Antioquía. Colombia. 13*, pp. 93-105
- WWDR. (2018). *Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2018: Soluciones basadas en la naturaleza para la gestión del agua.*, Paris
- Yépez, L. (2016). Evaluación de la incidencia de las actividades turísticas que alteran la calidad del agua del sistema lacustre Yahuarcocha, para establecer estrategias de mitigación y prevención. (Tesis de Maestría). Universidad Técnica del Norte. Ecuador.
- Valenzuela, C. (2011). Gastronomía típica y su incidencia en el Desarrollo socioeconómico de los habitantes de la Comunidad de San Miguel de Yahuarcocha, Cantón Ibarra, Provincia de Imbabura. (Tesis de Pregrado). Universidad Técnica del Norte. Ecuador
- Yungán, J. L. (2010). *Estudios de la calidad de agua en los afluentes de la microcuenca del Río Blanco para determinar las causas de la degradación y alternativas de manejo.* Riobamba, Ecuador. 145 pp.

ANEXOS

Anexo 1. Glosario de siglas o abreviaturas y unidades de medida

Siglas o Abreviaturas

CE: Conductividad eléctrica

pH: Potencial de hidrógeno / medida de acidez

G y A: Grasas y aceites

SS: Sólidos sedimentales

SST: Sólidos suspendidos totales

DBO: Demanda bioquímica de oxígeno

DQO: Demanda química de oxígeno

SAAM: Sustancias Activas al Azul de Metileno

Cc: Carga contaminante

Q: Caudal

Unidades de medida

m s.n.m.: Metros sobre el nivel del mar

Km: kilómetro

m: metros

cm: centímetros

uph: unidad de potencial de hidrógeno

uS/cm: Siemens / centímetro

ppm: partes por millón

mg/l: miligramo / litro

kg: kilogramo

UNT: unidad nefelométrica de turbidez

Anexo 2. Matriz Conesa para la identificación de impactos ambientales en la microcuenca del lago Yahuarcocha

MATRIZ DE IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES																
Proceso / Actividad	Subproceso	Aspecto Ambiental	Elementos del medio ambiente	Ítem	Impacto Ambiental	EVALUACIÓN										
						INTENSIDAD (U)	EXTENSION (EX)	MOMENTO (MO)	PERSISTENCIA (PE)	REVERSIBILIDAD (RV)	RECUPERABILIDAD (MC)	EFEECTO (EF)	PERIODICIDAD (PR)	CARÁCTER (SIGNO) + o -	IMPORTANCIA (I)	IMPACTO
Actividad agrícola	Operación de equipos y maquinaria	Generación de ruido	Calidad del aire y ruido	1.1	Contaminación del aire.	2	2	2	2	2	2	1	2	-	-21	
				1.2	Presión sobre los recursos naturales	2	2	2	2	2	2	4	2	-	-24	
	Generación de emisiones atmosféricas: gases de combustión	Calidad del aire	2.1	Contaminación atmosférica.	2	2	2	2	2	2	4	2	-	-24		
			3.1	Recurso suelo	3.1	Contaminación del suelo	3	2	2	2	2	4	2	-	-27	
					3.1	Contaminación de cuerpos y fuentes de agua	8	2	4	2	2	4	2	-	-44	

	Alteración del suelo	Recurso suelo	4.1	Cambio en las propiedades y estructura del suelo.	3	2	2	2	2	2	4	2	-	-27		
Adecuación del suelo	Uso del suelo	Recurso suelo	5.1	Cambio en la estructura del suelo.	2	2	2	2	2	2	4	2	-	-24		
			5.2	Presión sobre el recurso.	2	2	2	2	2	2	4	4	-	-26		
			5.3	Cambio de los patrones de paisaje y pérdida de cobertura vegetal.	3	2	2	4	2	2	4	4	-	-31		
Control y manejo del cultivo (plagas, malezas, enfermedades)	Generación de residuos sólidos (envases y/o recipientes de agroquímicos)	Recurso suelo	6.1	Contaminación del suelo	3	2	2	2	2	2	4	2	-	-27		
		Recurso agua	7.1	Contaminación de cuerpos de agua.	8	2	4	2	2	2	4	4	-	-46		
	Generación de emisiones atmosféricas	Calidad del aire	8.1	Contaminación atmosférica.	3	2	2	4	2	2	4	2	-	-29		
Riego	Uso de agua	Recurso agua	9.1	Presión sobre el recurso.	3	2	2	4	2	2	4	4	-	-31		
Actividad pecuaria	Crianza de ganado bovino y ovino.	Alteración del suelo	Recurso suelo	10.1	Cambio en la estructura del suelo por compactación	3	2	2	4	2	2	4	2	-	-29	
Urbanización	Aumento de las estructuras	Generación de residuos sólidos	Calidad del aire	11.1	Contaminación del aire.	3	2	2	2	2	4	2	-	-27		

urbanas (casas)	(residuos-basura orgánica e inorgánica)	Recurso agua	12.1	Contaminación de cuerpos y fuentes de agua superficiales y subterráneas.	3	2	2	4	2	4	4	2	-	-31	
		Recurso suelo	3.1	Contaminación del suelo.	2	2	2	2	2	2	4	2	-	-24	
	Descargas de efluentes (aguas residuales)	Recurso agua	14.1	Contaminación de los cuerpos de agua.	8	2	4	4	2	2	4	4	-	-48	
	Cambio del uso del suelo	Recurso suelo	15.1	Cambios en los patrones de paisaje y pérdida de cobertura vegetal.	3	2	2	2	2	2	4	2	-	-27	
			15.2	Presión sobre los recursos naturales	3	2	2	4	2	2	4	2	-	-29	
			15.3	Pérdida de biodiversidad.	3	2	2	4	2	2	4	2	-	-29	
		Recurso agua	16.1	Contaminación de fuentes y cuerpos de agua.	8	2	4	4	4	4	4	4	-	-52	
Turismo y actividades socioeconómicas	Hotelería y hospedajes	Calidad del aire	17.1	Contaminación del aire.	2	2	2	2	2	2	4	2	-	-24	
	Generación de residuos sólidos (residuos-basura)	Recurso agua	18.1	Contaminación del agua.	8	2	4	4	2	4	4	4	-	-50	

	orgánica e inorgánica)	Recurso suelo	19.1	Contaminación del suelo.	2	2	2	2	2	4	4	2	-	-26	
	Descargas de efluentes (aguas servidas)	Recurso agua	20.1	Contaminación de los cuerpos de agua.	3	2	4	4	2	4	4	4	-	-35	
			20.2	Eutrofización del lago Yahuarcocha.	8	2	4	4	4	4	4	4	-	-52	
	Generación de ruido	Calidad del aire	21.1	Contaminación del aire.	2	2	2	2	2	2	4	2	-	-24	
Restaurantes y gastronomía	Generación de residuos sólidos (residuos-basura orgánica e inorgánica)	Calidad del aire	22.1	Contaminación del aire.	2	2	2	2	2	2	4	2	-	-24	
		Recurso agua	23.1	Contaminación del agua.	3	2	4	4	2	4	4	4	-	-35	
	Recurso suelo	24.1	Contaminación del suelo.	3	2	2	2	2	4	4	2	-	-29		
	Descargas de efluentes (aguas servidas)	Recurso agua	25.1	Contaminación de los cuerpos de agua.	8	2	4	4	2	4	4	4	-	-50	
		25.2	Eutrofización del lago Yahuarcocha.	8	2	4	4	4	4	4	4	-	-52		
	Generación de residuos biológicos y descargas a efluentes por limpieza y eviscerado de pescado	Recurso agua	26.1	Contaminación de los cuerpos de agua.	8	2	4	4	2	2	4	4	-	-48	
	Salud y seguridad humana	27.1	Alteraciones o afección en la salud de los trabajadores	3	2	2	4	2	2	4	2	-	-29		
	Generación de residuos sólidos	Recurso suelo	28.1	Contaminación del suelo.	2	2	2	2	2	2	4	2	-	-24	

Actividades recreativas turísticas	Recurso agua	29.1	Contaminación de los cuerpos de agua.	3	2	4	4	2	2	4	4	-	-33	
	Generación de ruido	30.1	Contaminación del aire.	2	2	4	4	2	2	4	2	-	-28	
	Generación de emisiones atmosféricas: gases de combustión	30.2	Contaminación atmosférica.	2	2	2	2	2	2	1	2	-	-21	

Anexo 3. Matriz Conesa simplificada para la valoración de impactos ambientales

Proceso / Actividad	Subproceso	Ítem	Impacto Ambiental	Importancia	Impacto
Presión sobre los recursos naturales Contaminación atmosférica.	Operación de equipos y maquinaria	1.1	Contaminación del aire.	-21	
		1.2		-24	
		2.1		-24	
		3.1	Contaminación del suelo	-27	
		3.1	Contaminación de cuerpos y fuentes de agua	-44	
		4.1	Cambio en las propiedades y estructura del suelo.	-27	
	Adecuación del suelo	5.1	Cambio en la estructura del suelo.	-24	
		5.2	Presión sobre el recurso.	-26	
		5.3	Cambio de los patrones de paisaje y pérdida de cobertura vegetal.	-31	
	Control y manejo del cultivo (plagas, malezas, enfermedades)	6.1	Contaminación del suelo	-27	
		7.1	Contaminación de cuerpos de agua.	-46	
		8.1	Contaminación atmosférica.	-29	
Riego	9.1	Presión sobre el recurso.	-31		
Actividad pecuaria	Crianza de ganado bovino y ovino.	10.1	Cambio en la estructura del suelo por compactación	-29	
Urbanización	Aumento de las estructuras urbanas (casas)	11.1	Contaminación del aire.	-27	
		12.1	Contaminación de cuerpos y fuentes de agua superficiales y subterráneas.	-31	
		3.1	Contaminación del suelo.	-24	
		14.1	Contaminación de los cuerpos de agua.	-48	
	15.1	Cambios en los patrones de paisaje y pérdida de cobertura vegetal.	-27		
	15.2	Presión sobre los recursos naturales	-29		
	15.3	Pérdida de biodiversidad.	-29		
	16.1	Contaminación de fuentes y cuerpos de agua.	-52		
Turismo y actividades socioeconómicas	Hotelería y hospedajes	17.1	Contaminación del aire.	-24	
		18.1	Contaminación del agua.	-50	
		19.1	Contaminación del suelo.	-26	
		20.1	Contaminación de los cuerpos de agua.	-35	
		20.2	Eutrofización del lago Yahuarcocha.	-52	
	Restaurantes y gastronomía	21.1	Contaminación del aire.	-24	
		22.1	Contaminación del aire.	-24	
		23.1	Contaminación del agua.	-35	
		24.1	Contaminación del suelo.	-29	
		25.1	Contaminación de los cuerpos de agua.	-50	
25.2	Eutrofización del lago Yahuarcocha.	-52			

	26.1	Contaminación de los cuerpos de agua.	-48	
	27.1	Alteraciones o afección en la salud de los trabajadores	-29	
Actividades recreativas turísticas	28.1	Contaminación del suelo.	-24	
	29.1	Contaminación de los cuerpos de agua.	-33	
	30.1	Contaminación del aire.	-28	
	30.2	Contaminación atmosférica.	-21	

Anexo 4. Tablas de criterios de calidad de agua y límites máximos permisibles de la normativa de calidad ambiental.

Criterios de calidad de aguas para la preservación de flora y fauna en aguas

Parámetros	Expresados como	Unidad	Límite máximo permisible		
			Agua fría dulce	Agua cálida dulce	Agua marina y de estuario
Clorofenoles		mg/l	0,5	0,5	0,5
Bifenilos policlorados/PCBs	Concentración total de PCBs.	mg/l	0,001	0,001	0,001
Oxígeno Disuelto	O.D.	mg/l	No menor al 80% y no menor a 6 mg/l	No menor al 60% y no menor a 5 mg/l	No menor al 60% y no menor a 5 mg/l
Potencial hidrógeno de	pH		6, 5-9	6, 5-9	6, 5-9, 5
Sulfuro hidrógeno ionizado de	H ₂ S	mg/l	0,0002	0,0002	0,0002
Amoniaco	NH ₃	mg/l	0,02	0,02	0,4
Aluminio	Al	mg/l	0,1	0,1	1,5
Arsénico	As	mg/l	0,05	0,05	0,05

Bario	Ba	mg/l	1,0	1,0	1,0
Berilio	Be	mg/l	0,1	0,1	1,5
Boro	B	mg/l	0,75	0,75	5,0
Cadmio	Cd	mg/l	0,001	0,001	0,005
Cianuro Libre	CN ⁻	mg/l	0,01	0,01	0,01
Zinc	Zn	mg/l	0,18	0,18	0,17
Cloro residual	Cl	mg/l	0,01	0,01	0,01
Estaño	Sn	mg/l			2,00
Cobalto	Co	mg/l	0,2	0,2	0,2
Plomo	Pb	mg/l			0,01
Cobre	Cu	mg/l	0,02	0,02	0,05
Cromo total	Cr	mg/l	0,05	0,05	0,05
Fenoles monohídricos	Expresado como fenoles	mg/l	0,001	0,001	0,001
Grasas y aceites	Sustancias solubles en hexano	mg/l	0,3	0,3	0,3
Hierro	Fe	mg/l	0,3	0,3	0,3
Hidrocarburos					
Totales de Petróleo	TPH	mg/l	0,5	0,5	0,5
Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs)	Concentración total de HAPs	mg/l	0,0003	0,0003	0,0003
Manganeso	Mn	mg/l	0,1	0,1	0,1

Criterios de calidad de aguas para fines recreativos mediante contacto secundario

Parámetros	Expresado como	Unidad	Valor máximo permisible
Coliformes totales	nmp/100 ml		4 000
Coliformes fecales	nmp/100 ml		1 000
Compuestos fenólicos	Expresado como fenol	mg/l	0,002
Oxígeno disuelto	O.D.	mg/l	No menor al 80% de Concentración de saturación
Potencial de hidrógeno	pH		6,5 – 8,5
Metales y otras sustancias tóxicas		mg/l	Cero
Organofosforados y carbamatos (totales)	Concentración de organofosforados y carbamatos totales.	mg/l	0,1
Organoclorados (totales)	Concentración de organoclorados totales.	mg/l	0,2
Residuos de petróleo			Ausencia
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno.	mg/l	0,5
Grasas y aceites	Sustancias solubles en hexano	mg/l	0,3
Sólidos flotantes	visible		Ausencia
Relación hidrógeno, fósforo orgánico			15:1

Anexo 5. Modelo de encuesta aplicada a los habitantes de la microcuenca del lago Yahuarcocha.

EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES DE LAS ACTIVIDADES ANTRÓPICAS EN LA MICROCUENCA DEL LAGO YAHUARCOCHA

La presente encuesta es realizada para evaluar la el uso y la valoración que dan los habitantes a la microcuenca del Lago Yahuarcocha. La información colectada será con fines académicos. Su opinión es importante.

DATOS INFORMATIVOS

Fecha:

Edad:

Género:

Comunidad o barrio:

1. ¿Cuáles son los principales problemas ambientales que usted evidencia en su localidad o barrio?

Deforestación o pérdida de vegetación

Erosión del suelo

Contaminación del agua

Mal manejo de los residuos sólidos

Expansión urbana

Otros

.....
.....
.....

2. ¿En qué medida el desarrollo de las actividades antrópicas ha modificado o cambiado el paisaje en su localidad?

- Leve
- Medianamente
- Alto
- Nada

3. ¿Cuáles han sido los cambios más significativos que ha presentado el paisaje o entorno de su localidad por motivos del desarrollo de las actividades humanas?

- Erosión y/o degradación del suelo
- Contaminación del agua
- Pérdida de cobertura vegetal

Otros:.....

4. ¿Qué actividades o acciones desarrolladas en su localidad cree usted que causan un mayor impacto en el ambiente?

- Actividad agrícola
- Deforestación
- Mala disposición de residuos (basura)
- Descargas de aguas servidas a fuentes o cuerpos de agua
- Otros

5. ¿Cuáles son los efectos que causan estas actividades?

- Deterioro de zonas para cultivos
- Contaminación de las fuentes o cuerpos de agua
- Afectación a la salud humana
- Disminución del atractivo turístico de la zona

Otros

.....

6. ¿Cuáles son las actividades económicas que se desarrolla en su comunidad?

- Agricultura
- Manufactura y artesanías
- Gastronomía
- Turismo
- Otros.....

7. ¿De acuerdo con su percepción a qué afecta más el desarrollo de las actividades humanas?

- Calidad de aire
- Calidad del agua
- Calidad del suelo

8. ¿Ha sufrido usted, algún familiar o conocido alguna afectación debido al deterioro y baja calidad del aire, agua o suelo?

- Si
- No

De ser positiva su respuesta indicar su afectación:

.....
.....
.....

9. ¿Por qué cree usted que es importante el cuidado y protección de los espacios naturales de su localidad?

- Presencia de fuentes y/o cuerpos de agua
-

- Presencia de biodiversidad
- Destino turístico
- Valor histórico y cultural

Otro

.....

10. ¿Cuáles son las soluciones más viables que considera usted que sirvan para reducir los impactos ambientales en su localidad?

- Promover la conservación de los espacios naturales
- Evitar la expansión de las zonas de cultivos (frontera agrícola)
- Planificar la expansión urbana
- Aplicación de buenas prácticas ambientales
- Reducción del turismo

Otros

11. ¿Cómo contribuye usted en la conservación del ecosistema de la microcuenca del lago Yahuarcocha?

- Campañas de conservación
- Participación en mingas y jornadas de trabajo comunitario
- Haciendo un buen manejo de los residuos (recolección y reciclaje)
- Ninguna de las anteriores

Otras:

.....

Anexo 6. Matriz de aplicación de estrategias de mitigación de impactos ambientales en la microcuenca del lago Yahuarcocha

Programa de gestión y regulación ambiental para restaurantes y/o locales gastronómicos de Yahuarcocha generadores de residuos a partir del eviscerado de pescado

Proyectos/Actividades	Objetivos	Metas	Indicadores	Actores involucrados	Tiempo
Mejoramiento de las instalaciones en los locales comerciales, enfocado en el adecuamiento de espacios y recipientes o contenedores para el almacenamiento temporal de los residuos del eviscerado de pescado, así como también la instalación de trampas de grasa para la retención de los sólidos.	Disponer de un sistema de almacenamiento temporal de residuos previo a su disposición final. Evitar la descarga directa de desechos y residuos sólidos orgánicos (escamas y vísceras) generada por el faenamiento del pescado.	Aplicar el sistema de manejo y control de residuos en todos los locales y restaurantes de expendio de tilapias.	(# trampas de grasas instaladas/#trampas de grasas requeridas) *100	Propietarios y trabajadores de los locales y restaurantes de expendio de tilapia	6 meses
Promover la construcción de un centro de eviscerado de pescado en Yahuarcocha dentro del marco de las normas sanitarias y procedimientos para mantener la calidad del producto.	Contar con un espacio adecuado donde se realice el faenamiento de todo el pescado receptado en Yahuarcocha cumpliendo con las normas sanitarias, de calidad y protección del ambiente.	Establecer un único punto o lugar en donde se realice el faenamiento del pescado, a fin de controlar y monitorear de forma puntal y en la fuente la generación de residuos y desechos sólidos y las descargas de efluentes.	Construcción del centro de eviscerado de pescado.	GAD de Ibarra y moradores del sector de Yahuarcocha.	1 año

<p>Actualización del registro (catastro) de los locales y/o restaurantes expendedores de tilapia para el consumo y comercialización dentro y fuera del sector del lago Yahuarcocha.</p>	<p>Mantener un registro actualizado del número de locales y especificaciones de funcionamiento, ubicados en las zonas aledañas al lago Yahuarcocha</p>	<p>Llevar un registro de cada uno de los locales o restaurantes y los servicios que ofrecen cada uno de estos.</p>	<p>(# locales registrados/ # locales totales) * 100</p>	<p>GAD de Ibarra y propietarios de locales</p>	<p>6 meses</p>
<p>Promoción de la regularización de los locales y/o restaurantes a través de la obtención de un registro ambiental, con un previo diseño de un plan de manejo ambiental para los desechos y residuos del eviscerado de pescado.</p>	<p>Regularizar a los locales y/o restaurantes aledaños al lago Yahuarcocha mediante la obtención de un Registro Ambiental y el establecimiento de un Plan de Manejo Ambiental.</p>	<p>Procurar que en su totalidad los locales comerciales, principalmente aquellos que expenden pescado posean un Registro Ambiental y a su vez un plan de manejo ambiental.</p>	<p>(# locales con Registro Ambiental/ # locales totales) * 100</p>	<p>GPI y propietarios de los locales</p>	<p>1 año</p>
<p>Controlar que los locales y/o restaurantes de expendio de tilapia posean los requisitos respectivos para el funcionamiento en el marco de normas técnicas, control sanitario, contaminación ambiental.</p>	<p>Controlar que los locales de expendio de pescado dispongan de cada uno de los permisos de funcionamiento emitidas por las autoridades gubernamentales.</p>	<p>En su totalidad los locales de expendio de pescado deben presentar los permisos actualizados y/o vigentes para el desarrollo de sus actividades.</p>	<p>(# locales con permisos de funcionamiento vigente/ # locales totales) * 100</p>	<p>GAD de Ibarra y propietarios de locales</p>	<p>1 año</p>
<p>Establecer un cronograma semestral para el monitoreo de las descargas de efluentes por parte de los locales de expendio de tilapia, con la participación directa del GPI.</p>	<p>Monitorear de forma semestral las descargas de efluentes generadas por los locales de expendio de pescado.</p>	<p>Disponer de un informe actualizado de los parámetros o contaminantes presentes en las descargas de efluentes.</p>	<p>(# monitoreos realizados / # monitoreos requeridos) *100</p>	<p>GPI y propietarios de los locales</p>	<p>1 año</p>

Programa de manejo de residuos orgánicos generados a partir del eviscerado de pescado

Proyectos/Actividades	Objetivos	Metas	Indicadores	Actores involucrados	Tiempo
Elaboración de harina de pescado a partir de las vísceras del mismo, cumpliendo de forma estricta normas sanitarias, ambientales y estándares técnicos para la elaboración de este producto, garantizando condiciones higiénicas, laborales y de seguridad apropiados en la recolección y almacenamiento de los residuos.	<p>Minimizar la contaminación ambiental de la microcuenca del lago Yahuarcocha a partir de la elaboración de harina de pescado a partir de las vísceras generadas en el desarrollo de la gastronomía del sector.</p> <p>Crear un centro de acopio, donde se realice la pre selección, pesaje y producción de la harina.</p>	Reducir la contaminación a través de la reutilización de los residuos de pescado generados en locales y restaurantes de expendio de tilapias.	(# de tilapias/# vísceras) *100	Propietarios y trabajadores de los locales y restaurantes de expendio de tilapia	6 meses
Elaboración de compost en un biodigestor a partir de las vísceras del pescado, generando un fertilizante de excelente calidad para su aplicación en las zonas de cultivos de la microcuenca del lago Yahuarcocha.	Contar con un espacio adecuado donde se realice el compost cumpliendo con las normas sanitarias, de calidad y protección del ambiente.	Contra las instalaciones y el personal capacitado para elaborar, controlar y monitorear el proceso de compostaje	Construcción del centro de compostaje	GAD de Ibarra y moradores del sector de Yahuarcocha.	1 año
Establecimiento de espacios adecuados para el almacenamiento temporal de los residuos biológicos, estos espacios deben presentar características que garanticen la	Implementar un registro de cantidad de vísceras de pescado en peso y volumen que genere cada local o restaurante por día.	Llevar un registro basado en peso y volumen diario de generación de residuos de pescado.	(# locales registrados/ #peso de residuos) * 100	GAD de Ibarra y propietarios de locales	6 meses

seguridad, salud e higiene de la población local evitando la generación y/o aparición de vectores.

Monitoreo y control de los residuos biológicos del eviscerado de pescado en los locales gastronómicos de venta de tilapias y pescado, desde el almacenamiento hasta su disposición final.

Crear un sistema de control de residuos del eviscerado de pescado donde se distribuya la cantidad su disposición final (harina, compost).

Procurar que en su totalidad los residuos orgánicos generados en los locales comerciales tengan un correcto manejo y disposición final de los mismos.

(# monitoreos realizados / # monitoreos requeridos) *100

GPI y propietarios de los locales 1 año

Anexo 7. Registro fotográfico

	
<p>a) Aplicación de encuestas a los habitantes de la microcuenca del lago Yahuarcocha</p>	<p>b) Toma de muestra de agua de la acequia Polo Golo</p>
	
<p>c) Toma de muestra del punto de salida de agua del lago Yahuarcocha</p>	<p>d) Envasado y etiquetado de las muestras de agua</p>



e) Instalaciones de lavado y eviscerado del pescado



f) Limpieza y retiro de las vísceras del pescado