

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



EVALUACIÓN DE CONCENTRACIÓN DE PLOMO Y CROMO EN
POBLACIONES DE *Typha latifolia* EN LA LAGUNA DE
YAHUARCOCHA

Trabajo de Titulación para obtener el título de Ingeniero/a en Recursos
Naturales Renovables

AUTORA: SALCEDO RECALDE EVELYN LIZETH

DIRECTOR: Biol. Jorge Renato Oquendo Andino. MSc.

JUNIO 2019

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

**“EVALUACIÓN DE CONCENTRACIÓN DE PLOMO Y CROMO EN
POBLACIONES DE *Typha latifolia* EN LA LAGUNA DE YAHUARCOCHA”**

Trabajo de Titulación revisada por el Comité Asesor, previa a la obtención del Título
de: **INGENIERA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES**

APROBADA:

Biol. Renato Oquendo MSc.

Director



Ing. Melissa Layana MSc.

Asesora



Ing. Mónica León MSc.

Asesora



Ing. Santiago Cabrera MSc.

Asesor





UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

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

I. 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:	100286580-4		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Salcedo Recalde Evelyn Lizeth		
DIRECCIÓN:	Santa Lucía del Retorno		
EMAIL:	lisdlnotec@gmail.com		
TELÉFONO FIJO:	062-512-408	TELÉFONO MÓVIL:	0991208769
DATOS DE LA OBRA			
TÍTULO:	"EVALUACIÓN DE CONCENTRACIÓN DE PLOMO Y CROMO EN POBLACIONES DE <i>Zypha latifolia</i> EN LA LAGUNA DE YAHUARCOCHA"		
AUTORA:	Salcedo Recalde Evelyn Lizeth		
FECHA:	10 de junio de 2019		
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO			
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO		
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniería en Recursos Naturales Renovables		
ASESOR /DIRECTOR:	Biol. Renato Oquendo		

2. CONSTANCIAS

La autora manifiesta 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 la titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Barra, a los 10 días del mes de junio de 2010

EL AUTORA:



Salcedo Recalde Evelyn Lizeth

AGRADECIMIENTO

En primer lugar quiero agradecer a Dios por darme la dicha de la vida, poder cumplir uno de mis sueños, a mis papas Jorge y Marilud por el apoyo incondicional que me han brindado, a mis abuelitos maternos porque sin ellos este sueño no se hubiera hecho realidad, a mis hermanos Jefferson e Indra por sus consejos y por siempre estar ahí cuando más los necesito, a mi pareja y mi hijo por su cariño y amor que me han brindado en estos años.

Mi sincero agradecimiento al Biol. Retano Oquendo, a la Ing. Mónica León, a la Ing. Melisa Layana y al Ing. Santiago Cabrera por su apoyo constante en el transcurso de este trabajo de investigación, al Ing. Roberto Ortega, al Ilustre Municipio de Ibarra, por todas las colaboraciones que realizaron para que esta investigación se llevara a cabo, a mis compañeras de campo Paty y Fernanda que estuvieron a mi lado en todo momento, gracias a todos

Evelyn Lizeth Salcedo Recalde

DEDICATORIA

El presente trabajo esta de dicado a mis padres y abuelitos maternos, pero de manera especial a mi hijo Fernando Daniel, que junto a mi pasó malas noches y días enteros sin vernos, por la fortaleza que me brinda en cada abrazo y sonrisa esto es para ti mi amor.

Evelyn Lizeth Salcedo Recalde.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

AGRADECIMIENTO	V
DEDICATORIA	VI
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	VII
CAPÍTULO I.....	1
INTRODUCCIÓN	1
1.1 Revisión de antecedentes o estado del arte.....	1
1.2 Problema de investigación y justificación	3
1.3 Objetivos.....	4
Objetivo general.....	4
Objetivos específicos	5
1.4 Pregunta directriz de la investigación.....	5
CAPÍTULO II	6
MARCO TEÓRICO	6
2.1 Marco teórico referencial.....	6
2.1.2 Crecimiento poblacional en la Laguna de Yahuarcocha	6
2.1.3 Fuentes de contaminación en la Laguna de Yahuarcocha	6
2.1.3 Actividades alrededor de la Laguna de Yahuarcocha.....	7
2.1.4 La agricultura causa de contaminación para la Laguna de Yahuarcocha.	7
2.1.5 Depuración de contaminantes con especies macrófitas.....	8
2.1.6 Importancia de las macrófitas	10
2.1.7 Macrófitas y los lagos alto andinos	11
2.1.8 Contaminación de agua por metales pesados	12
2.1.9 Generalidades del plomo	13
2.1.10 Generalidades del Cromo	14
2.1.11 Generalidades de <i>Typha latifolia</i>	15
2.2 Marco legal.....	18

CAPÍTULO III.....	20
METODOLOGÍA	20
3.1 Objetivo I: Determinar la cobertura vegetal en la Laguna de Yahuarcocha de las especies <i>Typha latifolia</i> y <i>Schoenoplectus californicus</i> mediante el cálculo del índice NDVI	22
-Procesamiento de datos	23
3.2 Objetivo II: Determinar la concentración de los metales pesados plomo y cromo en los rizomas de <i>Typha latifolia</i> en la Laguna de Yahuarcocha	23
3.2.1 Análisis estadísticos	28
3.3 Objetivo III: Proponer estrategias de manejo y conservación de la <i>Typha latifolia</i> como biorremediador en la laguna: Yahuarcocha.	28
3.3.1 Aplicación de análisis FODA	30
CAPÍTULO IV	32
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	32
4.1 Densidad de vegetación en la Laguna de Yahuarcocha	32
4.2 Determinación de metales pesados entre épocas	37
4.3 Determinación de metales pesados en la especie por sitio	38
4.4 Correlaciones de plomo, cromo y parámetros fisicoquímicos (pH y conductividad) en época seca y lluviosa.....	40
4.4.1 Correlación plomo – pH época seca y lluviosa.....	40
4.4.2 Correlación plomo - conductividad época seca y lluviosa.....	41
4.5 Correlaciones cromo y parámetros físico-químicos	41
4.5.1 Correlación cromo – pH.....	41
4.5.2 Correlación cromo – conductividad.....	42
4.6 Análisis de Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas (FODA) del manejo de la especie <i>Typha latifolia</i>	44
4.6.1 Programa: Cultivo de la especie <i>Typha latifolia</i> para utilizarla como materia prima para la elaboración de artesanías.	46
4.6.2 Programa: conservación del hábitat de la especie <i>Typha latifolia</i> en los humedales de la Laguna de Yahuarcocha	48

4.6.3 Programa: Monitoreo de la especie vegetal <i>Typha latifolia</i> en la Laguna de Yahuarcocha.....	49
CAPÍTULO V.....	63
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	63
7.1 Conclusiones.....	63
7.2 Recomendaciones	64
Bibliografía	65

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Taxonomía <i>Typha latifolia</i>	17
Tabla 2. Medidas aproximadas de las partes de la flor femenina	17
Tabla 3. Materiales y equipos	22
Tabla 4. Densidad de vegetación en época seca de la Laguna de Yahuarcocha. .	32
Tabla 5. Densidad de vegetación en época lluviosa de la Laguna de Yahuarcocha	34
Tabla 6. Superficie de los sitios en estudio durante época lluviosa	35
Tabla 7. Superficie de los sitios en estudio época seca.....	35
Tabla 8. Análisis FODA de las entrevistas realizadas en el pueblo de la Laguna de Yahuarcocha.....	45
Tabla 9. Actividades del programa cultivo de la especie <i>Typha latifolia</i>	47
Tabla 10. Actividades del programa de conservación de humedales naturales de la especie <i>Typha latifolia</i>	48
Tabla 11. Monitoreo de la especie vegetal <i>Typha latifolia</i> en la Laguna de Yahuarcocha.....	50

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Disposición de macrófitas en sistemas de fitorremediación.....	8
Figura 2. Funcionamiento de macrófitas.....	9
Figura 3. Características morfológicas de (A) raíz, (B) hojas y (C) flores de las especies de <i>T. latifolia</i> y <i>T. domingensis</i>	16
Figura 4. Mapa de ubicación.....	21
Figura 5. Muestreo aleatorio estratificado	24
Figura 6. Extracción de la raíz de <i>Typha latifolia</i> en la laguna de Yahuarcocha.	25
Figura 7. a) Secado de las muestras etiquetadas	26
Figura 8. Muestras de <i>Typha latifolia</i> digeridas	26
Figura 9 Curva de calibración en espectrofotómetro	27
Figura 10. Funcionamiento de horno de grafito.....	27
Figura 11 Índice de vegetación época lluviosa 2018 en la laguna de Yahuarcocha	33
Figura 12. Índice de vegetación época seca 2017 en la laguna de Yahuarcocha.	34
Figura 13. a) Índice de vegetación época seca.....	36
Figura 14. Niveles en ppm de Pb encontrados en la raíz de <i>Typha latifolia</i> entre las dos épocas.....	37
Figura 15. Niveles en ppm de Cr encontrados en la raíz de <i>Typha latifolia</i> entre las dos épocas.....	38
Figura 16. Niveles en ppm de Pb encontrados en la raíz de <i>Typha latifolia</i> en sitios de la laguna de Yahuarcocha	39
Figura 17. Niveles en ppm de Cr encontrados en la raíz de <i>Typha latifolia</i> en sitios de la laguna de Yahuarcocha.	39
Figura 18. a) Correlación Pb vs pH época lluviosa b) Correlación Pb vs pH época seca.....	40
Figura 19. a) Correlación Pb vs conductividad época lluviosa b) Correlación Pb vs conductividad época seca	41
Figura 20 a)Correlación Cr vs pH época seca b)Correlación Cr vs pH época seca	42
Figura 21 a) Correlación Cr vs conductividad época seca b) Correlación Cr vs conductividad época lluviosa	42

RESUMEN

Las actividades humanas que se desarrollan en los ecosistemas acuáticos como lagos alto andinos han generado un deterioro en la cantidad y calidad de agua de los mismos. El presente estudio se ejecutó en la Laguna de Yahuarcocha, en las dos épocas del año, seca y lluviosa. El objetivo de esta investigación fue evaluar la concentración de plomo y cromo en las poblaciones de *Typha latifolia* presentes en la laguna. Se realizaron salidas de campo por las riveras para identificar los sitios donde se encuentra la mayor densidad de poblaciones de la especie. En el estudio se georreferenció y se aplicó el índice de vegetación NDVI, utilizado para determinar la densidad de vegetación de las especies *Typha latifolia* y *Schoenoplectus californicus*. Para la cuantificación de metales se realizó la extracción de la raíz en los sitios seleccionados, las muestras fueron procesadas y analizadas en un espectrofotómetro modalidad horno de grafito para la determinación de concentración de Pb y Cr. Además, se obtuvo encuestas de los pobladores de San Miguel de Yahuarcocha. Se registró un análisis FODA para conocer el estado actual de la especie. Se obtuvo una alta densidad de vegetación en época lluviosa en el sitio uno ubicado en la planta de tratamiento con un valor de 0,6579, la mayor concentración de metales en la raíz fue en época seca para plomo con un valor de 4,70 ppm. No existieron diferencias significativas en la absorción de *T. latifolia* en ninguno de los sitios que se realizó la colecta de las raíces. Con los resultados obtenidos se propuso estrategias de conservación de la especie en la laguna mediante una guía de manejo sustentable de la especie.

Palabras clave: índice de vegetación (NDVI), *Typha latifolia*, concentración, cromo, plomo, laguna.

ABSTRACT

The anthropogenic activities that develop in aquatic ecosystems has led to the deterioration of the quality and quantity of water resources. The present study was carried out in the lagoon of Yahuarcocha, in the two seasons, dry and rainy seasons. The main objective of this research was to evaluate the concentration of Lead and Chromium in the populations of *Typha latifolia* in the lagoon of Yahuarcocha. Field trips were conducted by the margins of the same to identify sites where you can find the greatest density of populations of the species. For this study was conducted geo-referencing and applied the NDVI vegetation index which is used to determine the density of vegetation of the species *Typha latifolia* and *Schoenoplectus californicus*. For the quantification of metals was the removal of the root in the selected sites, the samples were processed and analyzed in a spectrophotometer graphite furnace modality for the determination of concentration of Pb and Cr at the root, it also secured surveys of the villagers San Miguel de Yahuarcocha, SWOT analysis was also done for the curren status of the species. Tero was a high density of vegetation in rainy season in the site one with a value of 0.6579, the highest concentration of metals in the root was in the dry season with the metal Lead, there were no significant differences in absorption of *Typha latifolia* at any of the sites that was held in the collection of the roots. With the results obtained, it was proposed strategies for the conservation of the species in the lagoon.

Key words: index of vegetation (NDVI), *Typha latifolia*, concentration, density, roots, lagoon.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 Revisión de antecedentes o estado del arte

El agua es un recurso necesario para el desarrollo de la vida en el planeta, sin embargo, es el recurso más degradado por diferentes actividades antrópicas, como la agricultura, asentamientos urbanos, y el comercio insostenible en las zonas de influencia de la laguna que han generado contaminación por metales pesados alterando la cadena trófica y los ciclos fisicoquímicos en ecosistemas acuáticos (Gunkel, 2002). A nivel local y global se identifica una creciente problemática de contaminación de los diferentes sistemas lacustres, esto se debe al manejo inadecuado de los mismos; los metales pesados llegan por medio de escorrentía a los cuerpos de agua, mismos que comprometen severamente a la salud y el ambiente (Reyes; Vergara; Torres; Díaz y González, 2016).

Cuando los sistemas acuáticos interaccionan, se producen procesos físicos, químicos y biológicos, estos procesos ambientales naturales ayudan a la autodepuración de diferentes afluentes con macrófitas flotantes o sumergidas, formando un filtro mismo que ayuda a que exista una regeneración del ecosistema (Martelo y Borrero, 2012).

Las macrófitas acuáticas son uno de los componentes más importantes en la estructura y funcionamiento de los ecosistemas lacustres, las cuales son responsables de la productividad primaria, suministrar nichos para otros niveles tróficos, reciclar los nutrientes y estabilizar sedimentos. También son un recurso natural de gran importancia, brindando beneficios directos para las personas a nivel global y son apreciadas por su valor nutritivo, medicinal y cultural. (Ramos, Cárdenas-Avella y Herrera, 2013).

Las especies macrófitas: *Eichharnia crassipes* (lechuguin), *Nasturtium officinale* (berro) y *Lemna minor* (lenteja de agua) son especies sumergidas que tienen la

facilidad de vivir en lugares sombreados y bien iluminados. Sin embargo, la familia Typhaceae es definida como depuradora de materia orgánica, en la mayoría de los casos es encontrada en nichos que poseen altas concentraciones de metales pesados (Sasmaz, Obek, y Hasar, 2008; Delgadillo, Gonzáles, Prieto, Villagómez, y Acevedo, 2011; Chen, 2014; Zhou, 2015; Boada, 2016).

El género *Typha* es una planta herbácea perteneciente a las monocotiledóneas, con tallo envainador, las hojas son planas, gruesas y esponjosas; en la selección transversal se puede observar numerosos canales aeríferos. La familia Typhaceae es caracterizada por su capacidad de capturar y metabolizar metales pesados (Sasmaz et al., 2008)

La especie *Typha latifolia* es considerada una macrófita fitorremediadora, la cual ayuda a la depuración en los sistemas lacustres. Además, esta especie es tolerante a grandes exposiciones y concentraciones elevadas de contaminantes, los cuales son perjudiciales para el ser humano y el ecosistema acuático. Por otra parte, la absorción de metales pesados es realizada a través de los rizoides existentes en la raíz de la especie, esto se debe a la profundidad que se encuentra en los cuerpos de agua (Tejeda, 2010).

Varias publicaciones proponen a la especie *Typha latifolia* para fitorremediación con uso de humedales (Fernández, 2005). En su descripción general la familia Typhaceae, está formada por un único género. La especie *Typha latifolia*, mide hasta dos metros de altura, con un sistema radicular arraigado al fango, esta planta tiene la cualidad de enraizarse muy profundo, a la vez es monoica con inflorescencia en espiga compuesta (Braun y Scholz, 1989).

La fitorremediación es un proceso que utiliza especies macrófitas para concentrar contaminantes sean orgánicos e inorgánicos. Uno de los mecanismos de fitorremediación incluye a la rizofiltración, donde los diferentes contaminantes son captados por las raíces en el agua (Agudelo; Macías y Suárez, 2006).

1.2 Problema de investigación y justificación

Los sistemas acuáticos alto andinos son de gran importancia para los países que se encuentran ubicados en la cordillera de Los Andes por arriba de los 300 m.s.n.m considerados como sistemas de importancia ecológica y social. En la estructura y funcionamiento de la laguna, se analiza las partes físicas, químicas y biológicas que lo conforman y como se transforma la materia mediante el sistema abierto de entrada y salida de energía (Roldán y Ramírez, 2008).

López y Blanco (2004) mencionan que: “la fuerte presión antrópica en el sistema lacustre de Yahuarcocha se debe a la existencia de zonas agrícolas, urbanas, pequeñas plantaciones de árboles exóticos y cuenta con algunas obras de infraestructura”. Mientras que Pabón (2015), afirma que la contaminación es debido al uso excesivo de agroquímicos, desechos biológicos de animales domésticos (aguas servidas), basura, entre otros, los cuales llegan al afluente por efecto de arrastre.

El plomo es considerado un elemento tóxico para el ser humano y diferentes especies animales y vegetales. Además, el cromo (III) y (VI) son utilizados en colorantes y pigmentos, en curtido del cuero, en la preservación de la madera y en el tóner para copadoras. Molina, Aguilar y Cordovez (2010) explican que el cromo (VI) causa erupciones cutáneas, malestar de estómago y úlceras además causa problemas respiratorios y debilitamiento del sistema inmune.

Por otra parte, las poblaciones de macrófitas alrededor del sistema lénticos proporcionan: varios servicios ecosistémicos como: alimento, oxígeno y hábitats para muchas otras especies (aves, reptiles, peces, insectos, algas y zooplancton) y sobre todo ayudan a la depuración y captura de metales pesados (Sasmaz et al., 2008).

Justificación

La importancia de los sistemas lacustres para la sociedad y economía se puede apreciar fácilmente, considerando la gran variedad de bienes y servicios vitales que proveen para la subsistencia humana (provisión de energía, alimento, captación de carbono, servicios culturales y de recreación). La disponibilidad y calidad de estos servicios dependen de que sean ecosistemas sustentables, para lo cual, es necesario proporcionar de herramientas a la sociedad local y regional acerca de estos sistemas.

Los estudios elaborados con respecto a la Laguna de Yahuarcocha se han enfocado en estudios limnológicos. El presente estudio está encaminado a obtener datos ecológicos de la especie *Typha latifolia* ante absorción de plomo y cromo (Ramos, Cárdenas-Avellab y Herrera, 2013). Esta especie hidrófita se encuentra en la laguna y es considerada como invasora ya que necesita los mismos nutrientes que *Schoenoplectus californicus* para poder subsistir dentro de un sistema lacustre (Steven, 2009).

La investigación fue encaminada a la evolución de absorción de la especie *Typha latifolia* ante plomo y cromo, existen estudios en los que se comprueba que estas macrófitas tienen una alta capacidad para acumular metales pesados en su sistema radicular (Sasmaz et al., 2008; Singh, Richa y Archana, 2011). Además, argumentan que *Typha latifolia* es una especie con una amplia gama de eco tipos y un gran potencial de vivir en sistemas contaminados con metales pesados, su absorción y acumulación por medio de la raíz ayuda a regenerar al sistema lacustre.

1.3 Objetivos

Objetivo general

Evaluar la concentración de plomo (Pb) y cromo (Cr) en poblaciones de *Typha latifolia* en la Laguna de Yahuarcocha.

Objetivos específicos

- Determinar la cobertura vegetal en la Laguna de Yahuarcocha de las especies *Typha latifolia* y *Schoenoplectus californicus* mediante el cálculo del índice NDVI
- Determinar la concentración de los metales pesados plomo y cromo en los rizomas de *Typha latifolia* en la Laguna de Yahuarcocha
- Proponer estrategias de manejo y conservación de la *Typha latifolia* como biorremediador en la laguna Yahuarcocha.

1.4 Pregunta directriz de la investigación

¿Cuál es la concentración de plomo (Pb) y cromo (Cr) contenido en las poblaciones de *Typha latifolia* de la laguna Yahuarcocha?

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Marco teórico referencial

2.1.2 Crecimiento poblacional en la Laguna de Yahuarcocha

El aumento demográfico ha ocasionado la destrucción de ecosistemas lacustres, el cambio de uso de suelo; con el fin de utilizar espacios necesarios de este ecosistema para la construcción de viviendas, recreación, industrialización, agricultura y ganadería, ayudando a la producción de bienes y servicios, además de satisfacción del ser humano en la vida diaria, siendo un agente preponderante en el desarrollo de las comunidades. Rodríguez (2015) explica que la pérdida y fragmentación de los ecosistemas se debe a la modificación de la diversidad y supervivencia de las especies mediante la reducción de calidad y cantidad del hábitat disponible que existe en la laguna.

El último censo realizado por el INEN (2010) establece que en la provincia de Imbabura existen 181.175 habitantes, donde 3.000 habitantes aproximadamente ocupan el espacio geográfico en los alrededores de la Laguna de Yahuarcocha. Este crecimiento poblacional ha perjudicado al ecosistema acuático, debido a las diferentes actividades antrópicas generadas alrededor de la laguna, las descargas directas que se realizan a este sistema léntico son de materia orgánica en descomposición y metales pesados, ocasionando la contaminación del mismo (Pabón, 2015).

2.1.3 Fuentes de contaminación en la Laguna de Yahuarcocha

Las principales fuentes de contaminación son: descargas de aguas residuales, turismo insostenible, emanación de desechos orgánicos y actividad agrícola y ganadera en las zonas aledañas a la laguna especialmente cerca de la planta de

tratamiento de aguas residuales. Las partículas contaminadas del suelo son arrastradas hacia las fuentes de aguas frecuentemente transportan metales pesados por medio de aguas residuales las cuales han sido utilizadas previamente en fuentes fijas y no han sido tratadas, (Oquendo, 2016; Espinoza, 2013).

Guerrero (2014), menciona el alto nivel de contaminación que existe en el espejo de agua son ocasionadas por las diversas actividades turísticas que desarrollan alrededor de la misma y la mala infraestructura turística desordenando el crecimiento poblacional, siendo el pueblo de San Miguel de Yahuarcocha la principal fuente de contaminación para la laguna. El desemboque de alcantarillado en la Laguna de Yahuarcocha produce la existencia de contaminación por coliformes fecales (Vizcaíno, 2013).

2.1.3 Actividades alrededor de la Laguna de Yahuarcocha

La gran demanda de producción de servicios se ha enfocado en el crecimiento económico, las causas y efectos negativos que existe es la contaminación por desperdicios tóxicos de la agricultura. Este tipo de situaciones generan que afluentes y efluentes de diferentes sistemas acuáticos presenten altos grados de contaminación por múltiples tipos de sustancias orgánicas o inorgánicas (Tognelli, Lasso, Bota-sierra, Jiménez y Cox, 2016).

Boada (2016), identifica diferentes lugares de influencia en los alrededores de la Laguna de Yahuarcocha, las cuales son clasificadas por zonas de desarrollo de actividades acuáticas, terrestres, turísticas ubicada en el muelle de la laguna; zona no intervenida por vegetación natural y la zona de comercialización de activos e insumos no perecibles se encuentran en la planta de tratamiento; zona de vegetación económicamente viable y zonas no intervenidas por vegetación natural.

2.1.4 La agricultura causa de contaminación para la Laguna de Yahuarcocha.

La agricultura es una de las principales fuentes de contaminación de los ecosistemas acuáticos, debido al incremento de nutrientes como fertilizantes, uso de sustancias tóxicas para el control de plagas que ingresan a las fuentes de agua como producto de la escorrentía. En las últimas décadas, los problemas ambientales han adquirido

gran importancia en los grupos sociales ambientales y políticos, destacando la legislación ambiental estando involucradas a sancionar por algún tipo de desastre ambiental. La mayoría de las descargas de las actividades mencionadas con anterioridad se las realiza a los cuerpos de agua léntico, los cuales transportan y son depositados por medio de escorrentía en los sistemas lenticos cercanos como es el caso de la Laguna de Yahuarcocha que tiene entradas de agua (Pabón, 2012; Terneus, 2014; Pabón, 2015 y Boada, 2016).

2.1.5 Depuración de contaminantes con especies macrófitas

Las diferentes actividades humanas que se realizan en sistemas lénticos han generado la contaminación de los mismos. Por este motivo desde algunos años atrás se ha adoptado un mecanismo de depuración para los afluentes, mismo que se realizan con especies macrófitas o plantas acuáticas (Figura 1), los cuales se encuentran en los diferentes ecosistemas acuáticos (Martelo y Borrero, 2012). Estas especies son utilizadas para descomposición de materia orgánica e inorgánica y asimilación de nutrientes, además son caracterizadas por su alta absorción de metales pesados (Celis, Junod y Sandoval, 2005).

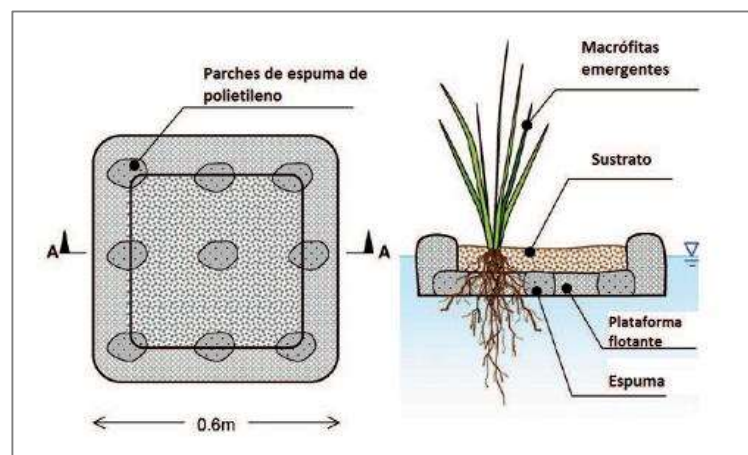


Figura 1. Disposición de macrófitas en sistemas de fitorremediación

Fuente: Martelo y Borrero, 2012

Las especies macrófitas tienen la capacidad de reproducirse sexual y asexualmente, en su mayoría su reproducción es asexual, muchas especies de macrófitas usan mecanismos de dispersión aéreo, acuático y animal (Durán, 2010). Los lagos

eutrofizados son el medio adecuado para el desarrollo de especies acuáticas como las macrófitas, macro o micro invertebrados (Roldan y Ramírez, 2008).

La definición de las macrófitas, hidrofitos o plantas acuáticas según Cirujano, Meco y Cezón (2011) son plantas macroscópicas, su vegetación puede ser observada a simple vista, la mayoría de sus órganos vegetativos se encuentran sumergidas y adheridas al sustrato o se los puede observar flotando libremente.

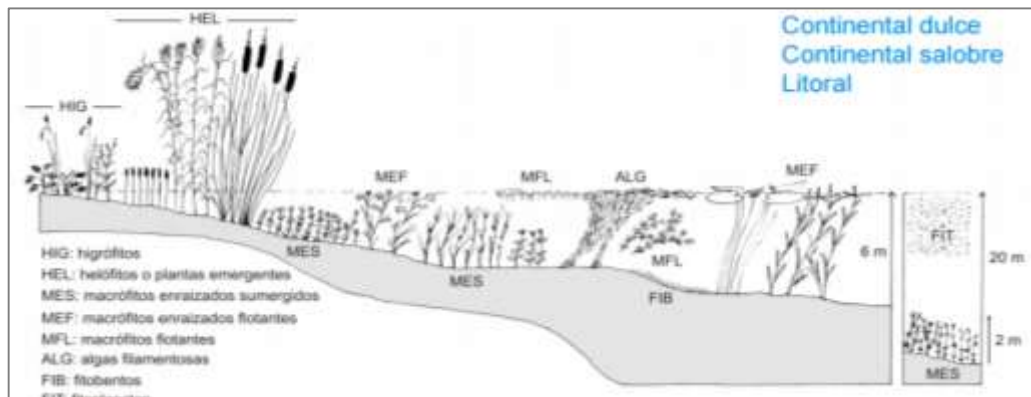


Figura 2. Funcionamiento de macrófitas
Fuente: Cirujano, Molina y Cezón, 2011

Se puede decir que las macrófitas acuáticas son las plantas perennes, las cuales son clave para la cadena trófica en ecosistemas acuáticos. Para Cirujano *et al*, (2011) y Roldán y Ramírez (2008), las macrófitas se clasifican desde un punto de vista funcional, tomando en cuenta la relación del medio en que viven y su forma de crecimiento. (Figura 2).

- **Plantas Flotantes.** - Son aquellas que poseen la mayoría de sus órganos (tallos y hojas) en o por encima de la superficie del agua, sus raíces pueden o no estar adheridos al sustrato ejemplo: *Lemna minor* – *Marsilea quadrifolia*
- **Heliófitos/ Plantas Emergentes.** - Crecen firmemente en el fondo de áreas poco profundas y la mayor parte de sus tallos y hojas viven por encima del agua sus órganos reproductores son aéreos. Su sistema de rizomas permite la expansión subterránea de los individuos. En general son plantas rizomatosas. Muchas especies no son necesariamente acuáticas, pero pueden vivir en suelos anegados permanente o temporalmente. Se localiza en los bordes de las lagunas, además Sculthorpe (1967), menciona que se

encuentran cubiertas por la columna de agua la cual puede superar el 1.50 m. Ejemplo: *Typha latifolia*

- **Higrófitos o plantas de borde:** plantas situadas en suelos húmedos. La mayor parte de sus órganos vegetales se encuentran sobre el agua. berro (*Rorippa nasturtium-aquaticum*).

2.1.6 Importancia de las macrófitas

Las macrófitas acuáticas constituyen uno de los componentes de mayor importancia en la estructura y funcionamiento de los ecosistemas lacustres, las cuales son responsables de la productividad primaria, de suministrar nichos para otros niveles tróficos, reciclar los nutrientes y estabilizar sedimentos. A la vez, son un recurso natural de significativa relevancia suministrando beneficios directos para las personas, a nivel global son apreciadas por su valor nutritivo, medicinal y cultural. (Ramos et al, 2013). La escasa información que existe sobre la importancia y el papel que cumplen las macrófitas en los ecosistemas acuáticos ha causado desconocimiento de la mayoría de especies para las zonas tropicales y subtropicales (Saelens, 2015).

Todas las especies macrófitas tienen preferencia por ocupar espacios, ricos en nutrientes, poco profundos e intensamente iluminados. Es por eso que la ubicación geográfica del Ecuador favorece mucho a estas especies ya que el país posee estas características, por el contrario, esto no sucede en las zonas templadas y con cambios estacionales drásticos por largos periodos, esto ha impedido mucho el establecimiento de varias especies macrófitas en algunos lugares del planeta (Terneus, 2002). Dentro de los sistemas acuáticos cuando interactúan el agua, suelo, plantas, microorganismos y la atmósfera, se producen procesos físicos, químicos y biológicos, estos procesos ambientales naturales ayudan a la autodepuración de diferentes afluentes que cuentan con plantas acuáticas ya que esta posee un filtro vivo, mismo que ayuda a que exista una regeneración del ecosistema (Martelo y Lara, 2012).

La fitorremediación mediante la implementación de este tipo de plantas, es usada para el tratamiento aguas residuales de fuentes fijas. Los procesos que intervienen

en los sistemas de tratamiento natural son muchos la absorción y posterior acumulación dependen de (Tognelli, 2016):

- El movimiento de los metales desde la solución suelo a la raíz de la planta,
- El paso de los metales por las membranas de las células corticales de la raíz,
- El transporte de los metales desde las células corticales a la xilema desde donde la solución con metales se transporta de la raíz a los tallos, y
- La posible movilización de los metales desde las hojas hacia tejidos de almacenamiento usados como alimento (semillas, tubérculos y frutos) por el floema

Su amplia habilidad para la asimilación y absorción de nutrientes ayuda a la acumulación y la creación de algunas condiciones, mismas que deben ser favorables para la descomposición de materia orgánica y la encapsulación de metales pesados en los sistemas lacustre. Este proceso es el primer paso de entrada a la cadena alimenticia para el mismo (Méndez, et al 2009).

Se cuenta con diversos estudios en Latinoamérica con varias especies de macrófitas, donde se identificaron una gran capacidad de absorción de materia orgánica. La diversidad de plantas hidrófilas, que existe en el Ecuador en los diferentes sistemas lénticos ha ayudado a la depuración de los mismos, los cuales se han visto afectados por diversas actividades. Poveda (2014) realizó un estudio con macrófitas en el Ecuador, investigación en la que comprobó su capacidad como depuradoras en los sistemas lacustre de Ambato.

2.1.7 Macrófitas y los lagos alto andinos

En los lagos alto andinos existen macrófitas o plantas acuáticas, mismas que se caracterizadas por su alto grado de especiación, a la vez, ayudan al control de contaminación de los diferentes sistemas lénticos donde estas habitan. Al respecto, se puede señalar que las aguas de un lago alto andino están contaminadas con nutrientes especialmente nitratos y fosfatos o con metales pesados, las macrófitas adquieren un desarrollo exuberante, cuando esto existe (Ramos, Cárdenas y Herrera, 2013).

Por otra parte, los lagos interandinos se caracterizan por tener avifauna, que son albergados por las plantas macrófitas, dando belleza escénica y aportando con la economía para los pueblos aledaños. Además, estas especies se caracterizan por tener una gran capacidad de alojar a macro invertebrados acuáticos los cuales habitan en los diferentes sistemas lénticos (Alba y Gonzáles, 2015), siendo de gran importancia en la cadena trófica y, ayudan al control de contaminación de los lagos interandinos (Raggio, sf).

Autores como Mazzeo, 1999 establecen que las profundidades de un lago son someras, y la productora principal de materia orgánica es la flora litoral. Además, los lagos se caracterizan por poseer agua permanentemente la cual ha sido acumulada en una concavidad de terreno, por otra parte, la profundidad mínima de estos cuerpos de agua es de 2 metros de profundidad (Maldonado *et al.* 2005; Moreano, 2008; Benítez, 2013), ya que Laguna de Yahuarcocha posee una profundidad de siete metros es considerado como lago. Sin embargo, el presente estudio está encaminado al ámbito social es por esta razón que sea tomado en cuenta el nombre más conocido por la población como Laguna de Yahuarcocha.

2.1.8 Contaminación de agua por metales pesados

La concentración de metales pesados en el agua es perjudicial para los diferentes ecosistemas acuáticos y el ser humano, puesto que existen varios estudios donde confirman la toxicidad de los mismos. Entre ellos se cuenta el plomo (Pb) y cromo (Cr), estos metales han sido encontrados en varios sistemas lacustres o sistemas lénticos, que se han visto afectados por estos metales antes mencionados.

El plomo y sus aleaciones es encontrado comúnmente en baterías para diferentes medios de transporte, tuberías y gasolina (Pineda et al, 2010); la cual es usada para actividades turísticas como paseo en lancha dentro de la laguna y competencias en los diferentes circuitos del autódromo de Yahuarcocha. Por otra parte, el cromo es más común de encontrarlo en desechos de animales, rocas, plantas y suelo, además se lo puede encontrar en diferentes estados ya sea sólido, líquido o gaseoso (ATDRS, 2006).

Los metales pesados como plomo y cromo son considerados peligrosos para los seres vivos, ya que poseen una gran toxicidad y su tendencia de bioacumularse. Todo proceso de bioacumulación se agrava con el paso de cadena trófica cuando estas toxinas se encuentran en concentraciones mayores se denomina biomagnificación y suelen ser dañinas para las células (Molina; Ibáñez y Gibón, 2012).

2.1.9 Generalidades del plomo

El plomo se encuentra en la corteza terrestre, y se transporta por escorrentía hacia los diferentes cuerpos de agua (Echarri, 2007), las acciones humanas generadas a los alrededores hacen que este elemento se multiplique y sea considerado como un contaminante, el cual es peligroso para el ser humano y para el ecosistema acuático donde se alojan estos compuestos.

Dentro de la historia el plomo fue utilizado cuatro siglos antes de Cristo, los egipcios fueron los primeros en haber aprovechado este metal, por su fácil aleación con otros compuestos, de esta manera pudieron obtener diferentes aleaciones como son el Hierro y Plata. Por otra parte, Roma que fue un imperio extremadamente poderoso incluyó el uso del plomo en todos sus sectores tecnológicos, esto provocó que exista la primera perturbación ambiental, debido a que este elemento fue utilizado para transportar agua (Limo, 2003).

-Características físicas y químicas del plomo

El plomo posee un color gris azulado brillante; mismo que es blando, por ende, se puede rayar con el roce de la uña. A la vez este metal es conocido en estado natural por poseer cuatro isótopos estables, aunque en total se los conoce con 27 isótopos. Es un metal maleable, posee una densidad de 11,85; este es el valor más alto de la familia IV A, este factor lo convierte en un metal denso, tóxico y acumulable, su punto de fusión es de 327°C, con una masa atómica de 207,2 u (Sierra, 2006).

-Toxicidad del plomo

Los principales efectos tóxicos debidos al plomo son conocidos desde hace más de 2.000 años. Aunque el cuerpo humano posee 120 mg de plomo en su organismo, el

plomo orgánico puede ocasionar afectaciones al sistema nerviosos, las mujeres son más susceptibles que los hombres, si este elemento llega a ser inhalado, o su exposición es prolongada puede llegar a ser mortal para el ser humano. Por otra parte, en el período prenatal el plomo puede entrar al feto a través de la placenta de la madre y puede ocasionar el aborto o malformaciones de mismo (Boada, 2016).

-Fuentes generadoras de plomo

El plomo (Pb) se encuentra en la corteza terrestre, las olas arrastran a este elemento en sus aguas, proporciones que varían entre 2 y 200 ppm, estas son emisiones pequeñas comparadas con emisiones antrópicas. Limo (2003) explica que “del 100% del plomo que se produce, un 65%, se utiliza como plomo metálico y el 35%, como compuestos ya sean óxidos o sales, de naturaleza orgánica e inorgánica”. Las fuentes inorgánicas pueden ser: metalurgia, minerías, recubrimiento de pinturas, vidrios, cañerías.

2.1.10 Generalidades del Cromo

Desde la antigüedad el ser humano ha dado uso a los diferentes químicos, uno de ellos el cromo, elemento que se encuentra normalmente en rocas, animales, plantas y el suelo. Puede existir en formas diferentes y éstas determinan su estado líquido, sólido o gas. El cromo, también llamado cromo metálico, es utilizado en la fabricación de acero y cromo (III) y (VI), en colorantes y pigmentos, así como en curtido del cuero, en la preservación de madera y tóner de copadoras, compuestos que representan elementos de alto contenido contaminante con repercusiones ambientales y para la salud humana (ATDRS, 2006).

-Características físicas y químicas del cromo

El cromo es un metal pesado tiene un peso atómico de 72, y se encuentra en varios estados de oxidación, como cromo III y cromo VI, donde el cromo III está en el acero, mientras que el cromo VI se lo localiza en la producción industrial, por sus propiedades ácidas y oxidantes, de la misma manera se toma en cuenta por la capacidad de formar sales muy cloradas e insolubles (Nordberg et al, 2001). Su punto de función es de 1580°, su punto de ebullición es de 2000°. Mientras que las

valencias químicas son $+2$ $+3$ $+4$ $+5$ y $+6$. Químicamente, la unión de cromo y carbono no permite su rápida combustión, mientras que el ácido crómico no puede aislarse de una solución. A la vez el dicromato con ácido sulfúrico es un violento oxidante y, en solución, constituye el principal componente del cromado (Nordberg et al, 2001).

-Toxicidad del cromo

El cromo en los sistemas lacustres se presenta con una oxidación de III y VI. Las altas concentraciones de cromo VI, una de estas sustancias es el dicromato de potasio, cromato de plomo los cuales se usan en industrias: metalúrgicas, química y de materiales refractarios (Naveed Ahmed Qambrani, Ji-Hoon Hwang, 2016). Los residuos de cromo que van a los diferentes afluentes son consumidos por especies acuáticas especialmente por las que se alimentan de sedimentos que se encuentran al fondo de los sistemas lénticos, (Albert, et al, 1997).

A pesar de los beneficios que aporta el cromo para la industria, es considerado tóxico para la salud humana (Naveed Ahmed Qambrani, Ji-Hoon Hwang, 2016), que puede llegar al ser humano, por medio de vías respiratorias, alimentos que contengan el metal o manipulación directa del mismo en la industria, causa de enfermedades como: dermatitis, secuelas en el aparato respiratorio. Además de produce la incidencia de cáncer al pulmón, (Nordberg et al, 2001).

-Fuentes generadoras de cromo

El cromo es usado en las industrias con otros metales como pigmentos y sub usos, por esta razón se lo considera como un subproducto. Otra aplicación importante de este metal es en la curtación de pieles con cromo, ya que ayuda al desengrasado de las mismas. Además, este compuesto es útil para diversas fracciones de destilación del petróleo hidrocarburos lineales (Ambisat, 2004).

2.1.11 Generalidades de *Typha latifolia*

La especie *Typha latifolia* es considerada una macrófita fitorremediadora, la cual ayuda a la depuración en los sistemas lacustres de las que conforman elementos de

hábitat, además esta especie es tolerante a elevadas concentraciones de contaminantes los cuales son perjudiciales para el ser humano y el ecosistema acuático. Por otra parte, la absorción de metales pesados lo realiza a través de los rizoides existentes en la raíz de la especie, esto se debe a la profundidad que se encuentra la misma en los cuerpos de agua, (Tejada, 2015).

Typha latifolia puede alcanzar una altura de más de dos metros, sus hojas son cilíndricas, de color verde grisáceo, el ancho de las mismas es de 8-20 mm (Fura 3). La vaina de la hoja es abierta y a la vez se puede observar aurículas, las flores de este género son unisexuales, las femeninas tienen la cualidad de carecer de bractéolas (primera bráctea de una rama axilar) (Fernández de la Mora, 2005).

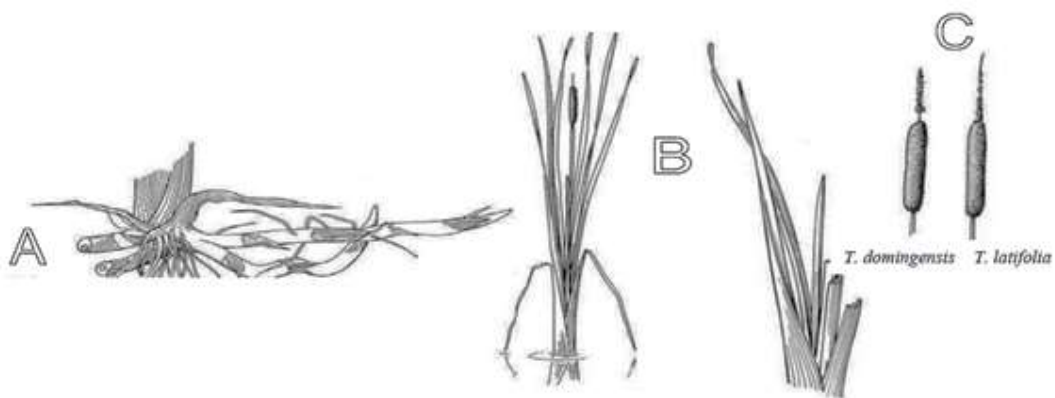


Figura 3. Características morfológicas de (A) raíz, (B) hojas y (C) flores de las especies de *T. latifolia* y *T. domingensis*

Fuente. Fernández de la Mora 2005

Varias publicaciones proponen a la especie *Typha latifolia* para fitorremediación con uso de humedales (Fernández de la Mora, 2005). En su descripción general la familia Typhaceae, está formada por un único género (Tabla 1). El género *Typha* se caracteriza por ser una especie herbácea monocotiledónea, con tallo envainador, las hojas son planas, gruesas y esponjosas; al seccionarlas transversalmente se puede observar numerosos canales aeríferos. La especie *Typha latifolia* se la conoce con nombres alternativos como: Banderas, juncos, espadañas, gato de nueve colas, cosaco espárragos, espadaña, baco (totora), su altura es de 2 metros de altura, con un sistema radicular arraigado al fango, esta planta tiene la cualidad de enraizarse

muy profundo, a la vez es monoica con inflorescencia en espiga compuesta (Braun y Scholz, 1989).

Tabla 1. Taxonomía *Typha latifolia*

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Liliopsida
Subclase	Commelinidae
Orden	Typhales
Familia	<i>Typhaceae</i>
Especie	<i>Typha latifolia</i>

La parte femenina de este género se caracteriza por su color pardo oscuro, sus espigas son de 9 a 24 cm, agudas en el ápice y a la vez más largas que los pelos del ginoforo, el cual es de 2.8 a 4.1 de largo. El ovario de las flores femeninas es fusiforme mientras que en las masculinas es de color pardo amarillento. A la vez poseen una o más brácteas foliáceas caducas, el tamaño de las espigas es de 10 a 25 cm de largo y 2.5 a 3.2 cm de ancho. Estas espigas están separadas por siete cm de las espigas femeninas. Las bractéolas de las flores masculinas están soldadas en la base (Tabla 2) (Barbosa y Araúz, 2012).

Tabla 2. Medidas aproximadas de las partes de la flor femenina

Fuente: Barbosa y Araúz, 2012.

Estilo	1 a 3 mm de largo
Estigma	Lanceolado ovalado de 0,3 a 0,8 cm
Fruto	Fusiforme de 0,8 a 1,3 mm de largo

2.2 Marco legal

En el presente trabajo de titulación está sustentado a la Constitución de la República del Ecuador considerado un país democrático con una amplia historia en modificaciones de normativa legal, sin embargo, en el 2008 Constitución actual por primera vez se otorga derechos a la naturaleza, donde sus leyes promueven la protección, restauración del ambiente y un uso adecuado de sus recursos para promover el desarrollo sustentable y sostenible el título II (Derechos del buen vivir) menciona en el **Art 12** el derecho al agua siendo fundamental e irrenunciable, además de constituir al agua un patrimonio nacional, por otra parte, en la sección segunda (Ambiente sano) en el **Art 14** reconoce los derechos de la población en vivir en un ambiente ecológicamente equilibrado y garantizando la sostenibilidad del mismo.

En el capítulo séptimo (Derechos de la naturaleza) del **Art 71** y **Art 72** establece la responsabilidad de personas naturales o jurídicas a proteger la naturaleza además de tener derecho a una restauración, en caso de impactos ambientales graves o permanentes el Estado establecerá medidas eficaces para alcanzar la restauración. Además, en los **Art 396** y **Art 397** el estado acogerá medidas que eviten impactos ambientales, si existe evidencia del mismo el Estado actuará de manera inmediata para garantizar la salud y restauración de los ecosistemas además de la sanción correspondiente garantizando el derecho colectivo de a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado.

Dentro de las leyes orgánicas en el Código Orgánico de Organización Territorial (COOTAD) en el capítulo II sección primera (Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal) **Art 54** es función del gobierno autónomo descentralizado regular, prevenir y controlar la contaminación en territorio cantonal, además de mencionar en la sección tercera **Art 65** incentivar del desarrollo de actividades comunitarias con el fin de preservar y proteger al ambiente. En la sección cuarta **Art 431** asegura el control de contaminantes y la gestión integral de manejo ambiental.

El Código Orgánico del Ambiente (2018) en su Libro Segundo del Patrimonio Natural, Título I de la Conservación de la Biodiversidad en su **Art 29** regula la

conservación de la biodiversidad y el uso sostenible de sus componentes, mientras que en el **Art 30** regula el acceso a los recursos biológicos, así como su manejo, aprovechamiento y uso sostenible. En su **Art 31** dice que la conservación de la biodiversidad se la realizará in situ o ex situ, en función de las características ecológicas de la especie con el fin de salvaguardar el patrimonio biológico.

La población deberá usar de manera sostenible los componentes biológicos de una especie vegetal de forma tal que no se ocasione su disminución a largo plazo, para mantener su potencial de satisfacer las necesidades de las generaciones presentes y futuras según menciona en el **Art 33** del Título II de la Conservación in situ.

Los recursos hídricos son de vital importancia para la supervivencia de los seres vivos en el planeta tierra por esta razón el Código Orgánico de Recursos Hídricos y Aprovechamiento del Agua en el título I capítulo I en los **Art 1 y Art 3** establecen el recurso agua como patrimonio nacional y normaliza la conservación y preservación de los recursos hídricos. En el Título V Acuerdo 061 TULSMA capítulo VIII (Calidad de los Componentes Bióticos y Abióticos) **Art 196** garantiza no autorizar las descargas de aguas servidas o industriales a cuerpos que el caudal no pueda soportar la descarga, la capacidad de descarga a un cuerpo hídrico será determinada por la autoridad única del agua.

En el Plan Nacional de Desarrollo 2017 – 2021 Toda una vida, en su Objetivo 3: Garantizar los derechos de la naturaleza para las actuales y futuras generaciones, adoptará una política de ordenamiento, conservación y manejo de los recursos naturales con el fin de potenciar su aprovechamiento sostenible. A demás dentro de sus políticas destaca la 3.1 sobre conservar, recuperar y regular el aprovechamiento del patrimonio natural y social, y la 3.4 sobre promover buenas prácticas que aporten a la reducción de la contaminación, la conservación la mitigación y la adaptación a los efectos del cambio climático.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

La metodología de la investigación está enfocada a los tres objetivos específicos, en el primer objetivo se establece los sitios de muestreo, el cual fue escogido tomando en cuenta características de la especie en estudio y la morfología de la laguna. Por otra parte, en el segundo objetivo se realizó un muestreo aleatorio y la frecuencia del muestreo; se obtuvo la cuantificación de concentración de Pb y Cr en la raíz de *Typha latifolia*. Las muestras de raíz fueron trasladadas a laboratorios de Análisis Físicos, Químicos y Microbiológicos de la Universidad Técnica de Norte para el respectivo análisis de metales plomo y cromo. Para el último objetivo se realizaron encuestas a la población de San Miguel de Yahuarcocha y el análisis FODA con sus respectivas interacciones.

El estudio se realizó en la rivera de la Laguna de Yahuarcocha que se encuentra en la parte norte de los Andes del Ecuador, de ahí su nombre como lago alto andino específicamente en la provincia de Imbabura en el cantón Ibarra. Se caracteriza por originarse en el Pleistoceno siendo producto de la glaciación, está ubicada a 3 750 (zonas del callejón interandino) – 2 200 (valle del chota) m.s.n.m, con una temperatura que oscila desde los 5°C a 25°C, en la parte baja es donde está ubicado el cuerpo de agua, que cuenta con un área de 2,61 km² y una profundidad de 7 metros (Pabón, 2012) (Figura 4).

EVALUACIÓN DE CONCENTRACIÓN DE PLOMO Y CROMO EN POBLACIONES DE *Typha latifolia* EN LA LAGUNA DE YAHUARCOCHA

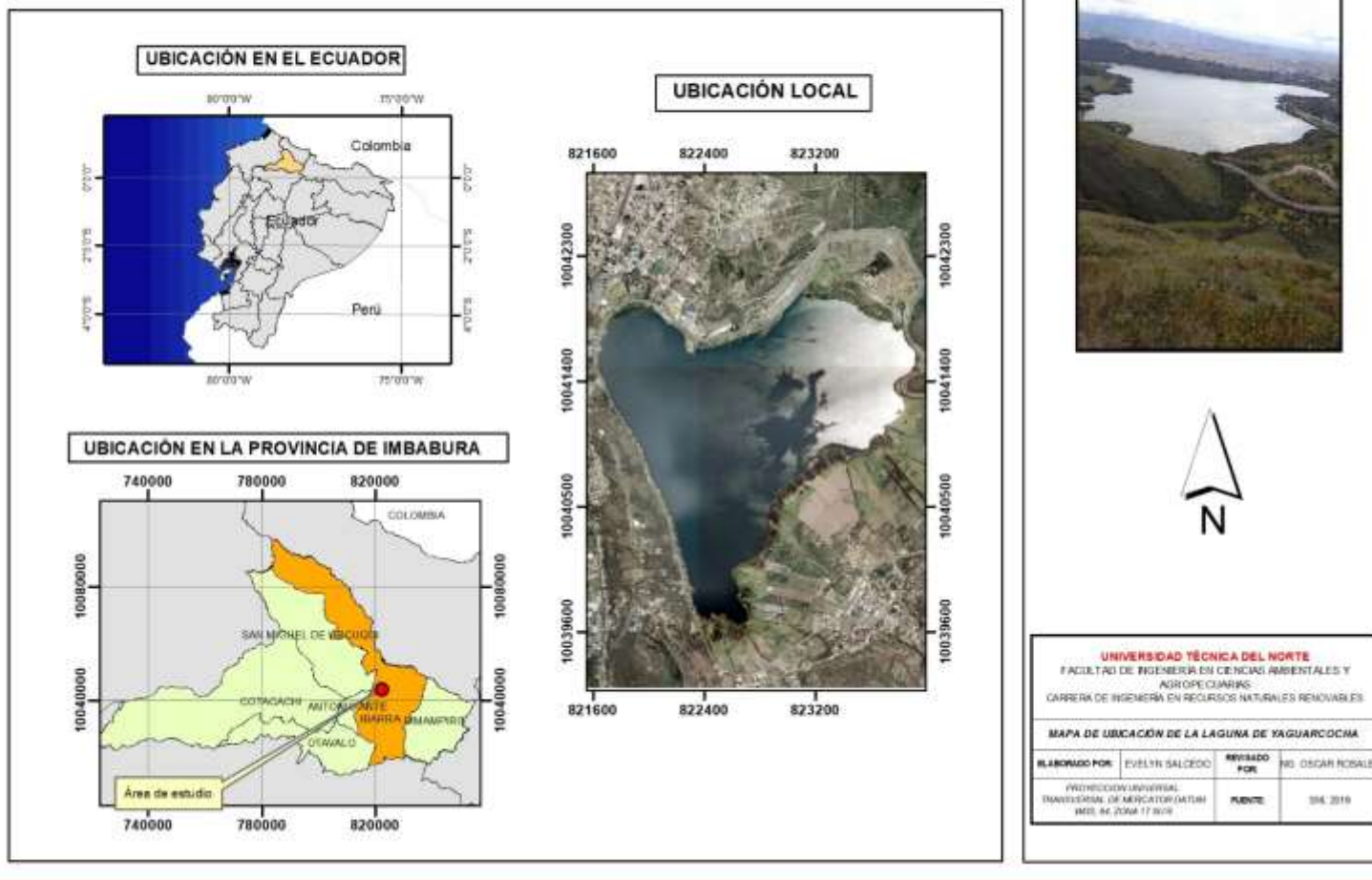


Figura 4. Mapa de ubicación

3.1 Objetivo I: Determinar la cobertura vegetal en la Laguna de Yahuarcocha de las especies *Typha latifolia* y *Schoenoplectus californicus* mediante el cálculo del índice NDVI

Se determinó los sitios donde se encuentran las poblaciones de *Typha latifolia* y en la Laguna de Yahuarcocha con ayuda de un GPS, mediante salidas de campo previas al muestreo, en las que se logró determinar los cuatro sitios ubicados; cerca de la planta de tratamiento, frente a la tribuna del Autódromo de Yahuarcocha, autódromo de Yahuarcocha y muelle del cuerpo de bomberos, con mayor densidad de la especie, para poder realizar estas salidas de campo de utilización de materiales de campo (Tabla 3).

Tabla 3. Materiales y equipos

Materiales.	Equipos
<ul style="list-style-type: none">• Cartas topográficas digitales de IGM a escala 1:50000: Mapa, con escalas compatibles con el muestreo de las poblaciones de <i>Typha latifolia</i>• Fichas de campo• Libreta u hoja de campo• Claves de identificación y guía de campo• Lápices• Software ArcGIS 10.5• Traje de neopreno• Sellos, etiquetas, cinta adhesiva• Fundas plásticas• Guantes quirúrgicos• Salvavidas	<ul style="list-style-type: none">• Computadora Portátil• GPS Garmín• Cámara Fotográfica• Vehículo alquilado• Bote (bomberos)

-Procesamiento de datos

Se analizó la información existente de fuentes escritas y electrónicas de la Laguna de Yahuarcocha. Esta información se interpretó a nivel cartográfico, con cartas del Instituto Geográfico Militar (IGM) 2014 y con las imágenes satelitales SPOT (Systeme Pour l'Observation de la Terre) que son tomadas por satélites franceses, éstas ayudaron a la identificación de la densidad de las poblaciones de la especie *Typha latifolia* y *Schoenoplectus californicus* con la ayuda del Sistema de Información Geográfica Arc GIS 10.5. Se procedió a realizar correcciones atmosféricas de la imagen, con el fin de mejorar el procesamiento de la foto satelital, además, se realizaron índices de vegetación espectrales con banda infrarroja NDVI (vegetación) para la obtención de información de las poblaciones de la especie en estudio.

$$NVI = \frac{IRC - R}{IRC + R}$$

Dónde: IRC es la reflectividad en el infrarrojo cercano y R es la reflectividad en el rojo.

3.2 Objetivo II: Determinar la concentración de los metales pesados plomo y cromo en los rizomas de *Typha latifolia* en la Laguna de Yahuarcocha

-Diseño de muestreo de *Typha latifolia*

Para el diseño del muestreo se tomó en cuenta el tamaño poblacional y la densidad de *Typha latifolia* en los sitios identificados y georreferenciados en la Laguna de Yahuarcocha. Además, Mostacedo y Fredericksen (2000), recomienda para poblaciones de macrófitas un muestreo aleatorio simple, con tres repeticiones por cada sitio donde se recolectaron las muestras de raíz de la especie en estudio (Figura 5).



Figura 5. Muestreo aleatorio estratificado

-Selección del período de muestreo y frecuencia

El muestreo de las poblaciones de macrófitas de la especie *Typha latifolia* se llevó a cabo en dos periodos diferentes del año de acuerdo con el cambio de épocas estacionales, las cuales fueron en el mes de septiembre del 2017 como época seca y abril del 2018 como época lluviosa; esto se realizó con el fin de registrar la relación entre los cambios estacionales y captación de metales pesados en la raíz de las poblaciones vegetales de *Typha latifolia* y con las condiciones actuales de la laguna. Los individuos recolectados presentaron las siguientes características:

1. Se recolectó individuos con las siguientes características:
 - a. Buena pigmentación.
 - b. No presentaron ningún daño o alteración en sus partes.
 - c. No presentaron síntomas de necrosis.

-Recolecta de muestras en la Laguna de Yahuarcocha

Las muestras recolectadas, fueron extraídas de la Laguna de Yahuarcocha, de los sitios previamente seleccionados; la extracción se realizó con ayuda de una barra puesto que el sistema radicular se encuentra arraigado a los sedimentos de los diferentes sitios, una vez extraída la raíz se procedió a coleccionar en fundas herméticas

de dos kg para poder ser etiquetas, y posteriormente ser lavadas continuamente con agua destilada, para poder librar las impurezas a la raíz (Figura 6).



Figura 6. Extracción de la raíz de *Typha latifolia* en la laguna de Yahuarcocha

-Cuantificación de la concentración de plomo y cromo absorbido por *Typha latifolia*.

Las muestras recolectadas fueron trasladadas al laboratorio de Análisis Físicos, químicos y Microbiológicos de la Universidad Técnica del Norte, para realizar el secado en la estufa a 70 °C por 72 horas, esto permitió reducir la humedad y poder obtener un mejor resultado en el análisis (Figura 7 a). Una vez secas, las muestras fueron molidas manualmente con ayuda del molino. Para realizar el pesado de 0,5 gramos con ayuda de la balanza de precisión digital existente en el laboratorio de la universidad (Figura 7 b).



Figura 7. a) Secado de las muestras etiquetadas
b) Pesado de las muestras

- Digestión y aforamiento de las muestras

Luego del pesaje de las muestras en la balanza de precisión existente en el laboratorio de la Universidad Técnica del Norte se procedieron a realizar la digestión de la muestra, con 0,5 ml de ácido nítrico y 0,25 ml de (HPLC), el ácido nítrico se combinó con los metales en estudio para poder formar nitratos de plomo y cromo, los metales en este estado pueden ser analizados en el horno de grafito. Posteriormente se realizó el aforamiento en balones de 100 ml con agua de HPLC de las mismas muestras (Figura 8) (Strungaru et al, 2015).



Figura 8. Muestras de *Typha latifolia* digeridas

-Cuantificación de la concentración de plomo y cromo absorbido por *Typha latifolia*.

-Análisis en espectrofotómetro modalidad horno de grafito

Antes de analizar las muestras en horno de grafito PEKINELMER AS800 Autosampler se calibró la curva para los metales de plomo y cromo (Figura 9). El horno de grafito se basa en la absorción de luz por parte de un elemento que se encuentra en estado atómico, la longitud de onda a la cual la luz es absorbida es específica y a la vez varía de acuerdo al elemento a analizarse. Una vez que la muestra es inyectada en el tubo de grafito se logra calentar a una temperatura de 80 a 180°C (punto de ebullición), en este proceso se logra evaporar el solvente y los componentes volátiles de la matriz (Mañay, Clavijo y Díaz; 2009).



Figura 9 Curva de calibración en espectrofotómetro

Para poder realizar una buena lectura en el horno de grafito, de la absorción de metales pesados Pb y Cr, tiene que pasar un proceso de atomizador realizado con un calentamiento rápido del horno a altas temperaturas de 1800 – 2800°C, mediante este proceso se puede medir la absorción del plomo y cromo que ha tenido la raíz de *Typha latifolia* (Figura 10).

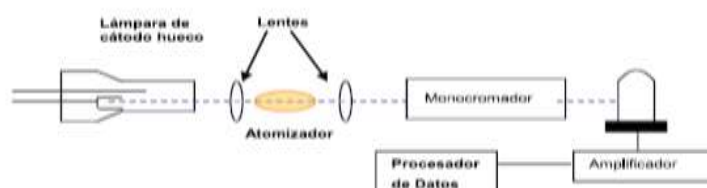


Figura 10. Funcionamiento de horno de grafito

Fuente. Mañay, Clavijo y Díaz; 2009

3.2.1 Análisis estadísticos

Para el presente estudio se realizaron análisis estadísticos un ANOVA factorial, U Mann-Whitney y el análisis correlación de Pearson, mismas que fueron aplicadas con ayuda del programa estadístico InfoStat 2014.

-ANOVA Factorial

En lo que respecta al ANOVA se lo realizó en base al diseño completamente al azar con arreglo $A \times B$, siendo el factor A los sitios de muestreo, y el factor B las épocas seca y lluviosa; se realizaron tres tomas de muestras que se consideraron como repeticiones.

-Mann-Whitney U

También conocida como la prueba de U, que es utilizada cuando existen dos muestras en la investigación, en el caso del presente estudio se considera como muestras al plomo y cromo, y a la época seca y lluviosa, esto ayudó a determinar la capacidad de absorción de metales pesados que tiene la especie *Typha latifolia* entre las dos épocas antes mencionadas.

-Correlación de Pearson

Las correlaciones que se aplicaron para el estudio fueron entre: plomo-conductividad, plomo-pH, cromo-conductividad, cromo-pH; esto ayudó a determinar la relación que existe entre los dos metales pesados y los parámetros fisicoquímicos obtenidos en campo.

3.3 Objetivo III: Proponer estrategias de manejo y conservación de la *Typha latifolia* como biorremediador en la laguna: Yahuarcocha.

-Elaboración de encuestas a la población de San Miguel de Yahuarcocha y sectores aledaños de la misma

Se elaboraron encuestas de 18 preguntas, aplicadas a los pobladores de San Miguel de Yahuarcocha, sectores aledaños y personas que son dedicadas al comercio a las

riveras de la Laguna de Yahuarcocha, las encuestas fueron ejecutadas días ordinarios puesto que los fines de semana y feriados existe más turistas que personas oriundas de la zona, las encuestas ayudaron a identificar la importancia ambiental, socio ambiental o económica que tiene la especie *Typha latifolia* para los pobladores.

-Cálculo del tamaño de la muestra

Para calcular el tamaño de la muestra de la población de San Miguel de Yahuarcocha y los sectores aledaños a la misma se aplicó la ecuación de tamaño de muestra para poblaciones finitas (Ortega, 2018).

$$n = \frac{N * Z^2 * p * q}{E^2 * (N - 1 + Z^2 * p * q)}$$

n= tamaño de la muestra

N = tamaño del universo de la población total de estudio

Z² = (valores correspondientes al nivel de significancia) valor obtenido mediante niveles de confianza, su valor constante es de 95 %, equivalente a 1,96

p = probabilidad de aceptación (0,5)

q = probabilidad de rechazo (0,5)

E = error de tolerancia, nivel de error del 5%

Cálculo del tamaño de la muestra.

$$n = \frac{(1500)(0,5^2)(1,96^2)}{(1500-1)(0,05^2)+(0,5^2)(1,96^2)} = 333$$

- Estructura de la encuesta

-Primera sección

En esta sección se obtuvo conocimiento del perfil socioeconómico que tienen los pobladores, tales como: sexo del encuestado, edad, actividad a la que se dedica, etnia, edad, tiempo de residencia en el lugar, nivel de educación.

-Segunda sección

Se realizaron interrogantes para saber el conocimiento de los pobladores acerca de la especie vegetal existente en la Laguna de Yahuarcocha, los cuales ayudaron para posteriormente poder evaluar si la especie en estudio es conocida por los pobladores.

-Tercera sección

Esta sección fue elaborada para conocer el manejo que tiene la especie *Typha latifolia* por los pobladores identificando como es la obtención de la misma y su conocimiento acerca de la importancia para la Laguna de Yahuarcocha.

3.3.1 Aplicación de análisis FODA

En esta fase se realizó un análisis detallado de las fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas que puede brindar la especie *Typha latifolia* en la Laguna de Yahuarcocha a los pobladores de San Miguel de Yahuarcocha, las comunidades aledañas y personas dedicadas al comercio.

-Análisis de Fortalezas, Oportunidades, Debilidades, Amenazas (FODA)

En esta fase se realizó un análisis detallado de las amenazas, debilidades que tiene la especie, por otra parte, se pudo identificar los beneficios que puede brindar *Typha latifolia* como fitorremediadora a la Laguna de Yahuarcocha y como materia prima para artesanos del pueblo de San Miguel de Yahuarcocha.

-Análisis de las relaciones FA FO DO DA

Este análisis ayudó a tener una mejor comprensión de las Fortalezas Amenazas y Oportunidades (Posso, 2013) realizado con los diferentes problemas que se encontraron acerca de la especie *Typha latifolia*, además de aportar con las diferentes estrategias de conservación de la especie en la Laguna de Yahuarcocha las cuatro relaciones que se realizaron fueron:

1. Fortaleza – Amenazas (FA)

2. Fortaleza – Oportunidades (FO)
3. Debilidades – Oportunidades (DO)

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de la investigación se presentan por medio de los tres objetivos específicos establecidos al inicio de la investigación. En el objetivo uno se analizó la cobertura vegetal en los cuatro sitios de muestreo existentes en la Laguna de Yahuarcocha determinados mediante los índices de vegetación espectrales con banda infrarroja NDVI (vegetación). En el objetivo dos los resultados obtenidos en laboratorio de la concentración de metales pesados como plomo (Pb) y cromo (Cr) extraídos de la raíz de *Typha latifolia* y la comparación de las dos épocas. Mientras que para el objetivo tres se proponen estrategias de conservación y manejo de la especie en estudio en la Laguna de Yahuarcocha.

4.1 Densidad de vegetación en la Laguna de Yahuarcocha

De los cuatro sitios muestreados el catalogado como número tres registró el menor valor promedio de NDVI, debido a que la vegetación acuática se encuentra en proceso de intervención por actividades automovilística, además en el sitio dos se detectó el mayor valor promedio de NDVI. El rango de densidad de vegetación de 0 -1 (Tabla 4).

Tabla 4. Densidad de vegetación en época seca de la Laguna de Yahuarcocha.

Sitio	Valor de NDVI promedio	Densidad de vegetación acuática
1	0,3121	MEDIA
2	0,3677	MEDIA
3	0,1579	BAJA
4	0,2880	MEDIA

El índice normalizado de vegetación (NDVI) indica una alta densidad de vegetación acuática en la época lluviosa ya que tiene un valor de 0,767 (Figura 11), que se interpreta como una vegetación acuática densa.



Figura 11 Índice de vegetación época lluviosa 2018 en la laguna de Yahuarcocha

Por otra parte, en la época seca dio un valor de 0,759 (Figura 12). La diferencia de valores de NDVI entre la época lluviosa y seca fue de 0,008 que representa un valor muy bajo, lo que significa que existe una pequeña pérdida de biomasa en la época seca.



Figura 12. Índice de vegetación época seca 2017 en la laguna de Yahuarcocha.

En el sitio cuatro se obtuvo el menor valor promedio de NDVI, porque la vegetación acuática se encuentra en proceso de intervención por actividades turísticas y en el sitio uno se detectó el mayor valor promedio de NDVI, por no tener actividades humanas constantes (Tabla 5).

Tabla 5. Densidad de vegetación en época lluviosa de la Laguna de Yahuarcocha

Sitio	Valor de NDVI promedio	Densidad de vegetación acuática
1	0,6579	ALTA
2	0,6253	ALTA
3	0,5354	ALTA
4	0,1826	BAJA

Los valores del NDVI en los cuatro cuadrantes durante la época seca se registró valores promedio en el rango de 0,15 hasta 0,37, lo que significa que la biomasa de la vegetación acuática presentó menor volumen, mientras que los valores promedio de NDVI en la época lluviosa se encontraron en un rango de 0,18 hasta 0,66; es decir la biomasa de la vegetación acuática aumentó en volumen.

En los cuatro sitios de muestreo que se aplicó el NDVI, se logró obtener un área de 38 706 metros cuadrados correspondientes a vegetación acuática muy densa y un

porcentaje de 69% de densidad de los sitios de muestreo realizadas en la época lluviosa (Tabla 6).

Tabla 6. Superficie de los sitios en estudio durante época lluviosa

Descripción	Sitio (m²)	Porcentaje de densidad
Vegetación acuática poco densa	11 731	21%
Vegetación acuática medianamente densa	3 879	7%
Vegetación acuática densa	36 584	65%
Vegetación acuática muy densa	38 706	69%

En el muestreo de época seca se obtuvo un resultado de 31792 metros cuadrados de vegetación acuática muy densa, equivalente al 35% de la densidad total del cuadrante cuatro de la vegetación (Tabla 7).

Tabla 7. Superficie de los sitios en estudio época seca

Descripción	Sitio (m²)	Porcentaje de densidad
Vegetación acuática poco densa	410	0,45%
Vegetación acuática medianamente densa	6613	7.28%
Vegetación acuática densa	51 920	57%
Vegetación acuática muy densa	31 792	35%

Por otra parte, se logró realizar una comparación del índice NDVI entre las dos épocas, donde se puede diferenciar un cambio de densidad en el sitio uno y cuatro entre la época seca y lluviosa figura 13 a y b.

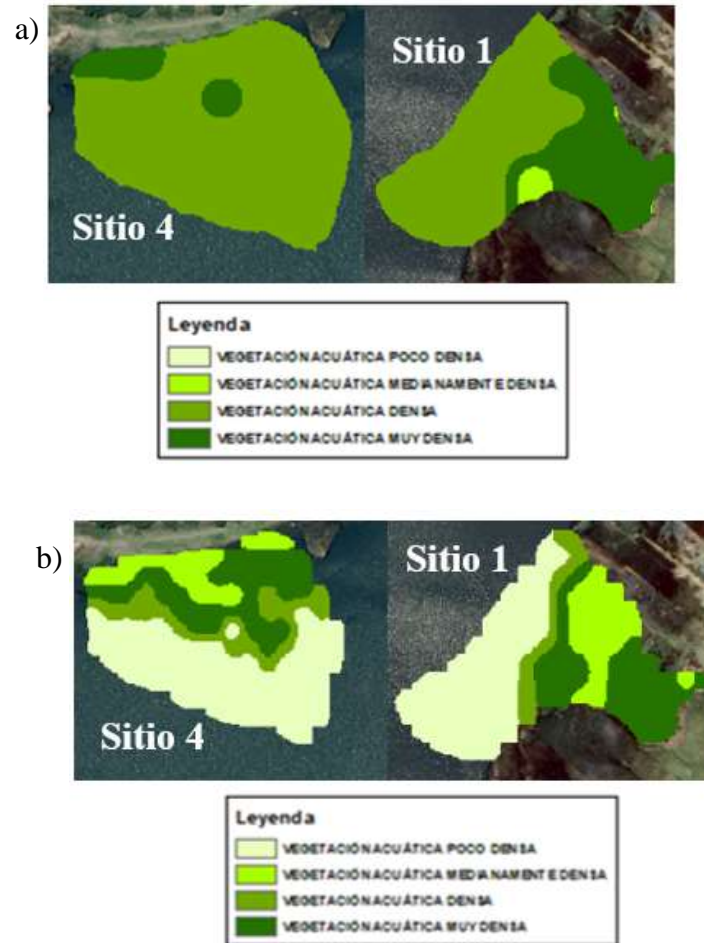


Figura 13. a) Índice de vegetación época seca
 b) Época lluviosa b de la laguna de Yahuarcocha

El índice normalizado de vegetación es aplicado para la determinación de la biomasa en la cobertura vegetal en bosques. Gonzaga (2015), empleó el índice NDVI para el análisis de la cobertura vegetal en bosques de Loja, sin embargo, existen autores como Cartaya; Zurita y Ríos (2015) que han aplicado el índice NDVI en el Ecuador en una comparación de cobertura vegetal en la provincia de Manabí, donde demuestra su efectividad para analizar la cobertura en zonas con interés ecológico. Además, se comparó la densidad que existe en el lugar de estudio con un valor de 0,40 de vegetación densa; por otra parte, el presente estudio demostró la efectividad del índice NDVI en la identificación de cuerpos de agua con imágenes SPOT ya que indica un valor de 0,65 en vegetación densa en la época lluviosa equivalente al 69% de vegetación acuática que existió en el año 2018 en la Laguna de Yahuarcocha.

Isla y Espinoza (2010), emplearon el NDVI para analizar la vegetación en una de las marismas de la Patagonia, adquiriendo como resultado que en la época lluviosa se obtuvo un valor máximo de 0,68, mientras que el valor mínimo fue de 0,17 correspondiente a la época lluviosa. En el presente estudio, entre las dos épocas de obtención de datos por NDVI se obtuvo una mayor densidad de vegetación en la época lluviosa ya que existió un incremento de densidad vegetal en la época mencionada.

4.2 Determinación de metales pesados entre épocas

Dentro de la prueba de U Mann-Whitney realizada se puede observar que existe una diferencia de absorción del metal plomo entre las dos épocas analizadas estadísticamente ya que se logró obtener un rango mayor en la época seca a comparación de la época lluviosa (Figura 14).

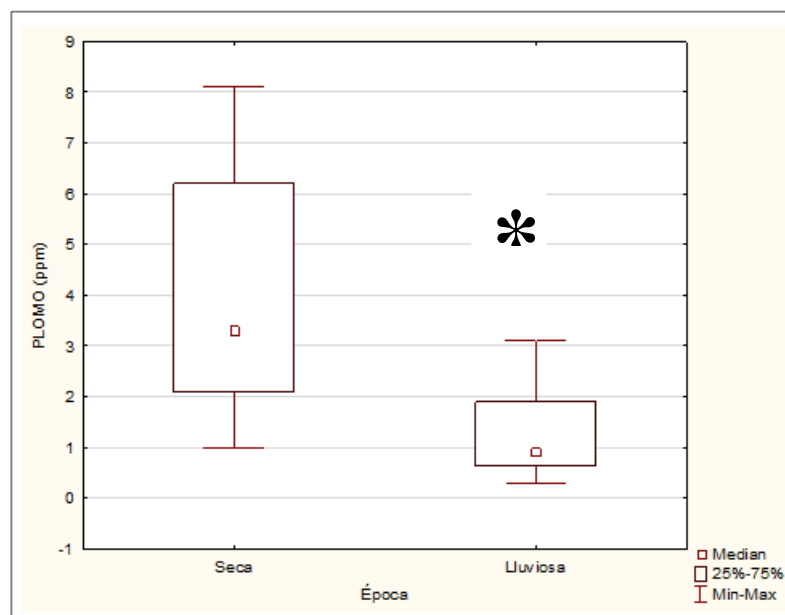


Figura 14. Niveles en ppm de Pb encontrados en la raíz de *Typha latifolia* entre las dos épocas

Mientras que en los resultados de concentración en la época lluviosa para cromo fue fueron similares a la del plomo ya que se notó mayor concentración en la época con menos pluviosidad (Figura 15).

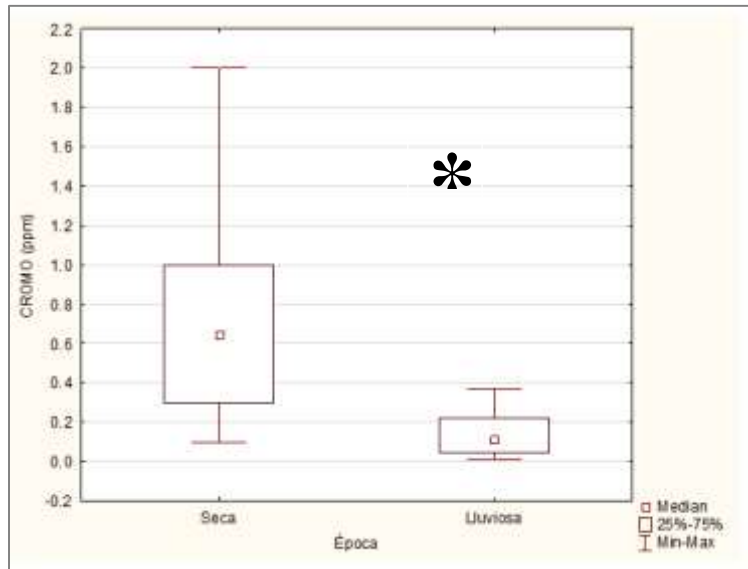


Figura 15. Niveles en ppm de Cr encontrados en la raíz de *Typha latifolia* entre las dos épocas

4.3 Determinación de metales pesados en la especie por sitio

En los análisis estadísticos realizados entre sitios para el metal plomo, se pudo determinar que no existe una diferencia en la absorción de los metales en la raíz de *Typha latifolia* ya que hubo una variación de 3,67 ppm hasta 4,70 ppm correspondientes los sitios uno y dos equivalentes a la época seca en el mes de noviembre del 2017, mientras que en la época lluviosa en el mes de abril del 2018 se obtuvo un rango de 0,74 ppm en el sitio dos y 1,94 ppm en el tres (Figura 16).

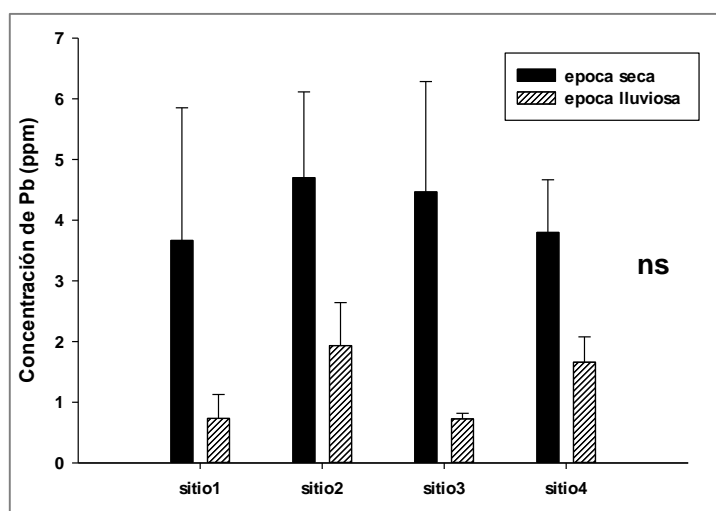


Figura 16. Niveles en ppm de Pb encontrados en la raíz de *Typha latifolia* en sitios de la laguna de Yahuarcocha

Por otra parte, en el cromo existió una variación de 1,5 ppm hasta 0,57 ppm en los sitios uno y dos respectivamente, correspondientes a la época seca, mientras que en la época lluviosa se logró obtener un rango de 0,1 ppm de los sitios uno al tres y de 0,2 ppm en el sitio cuatro (Figura 17). Cabe recalcar que no se registró diferencias significativas entre los sitios que se realizaron los análisis.

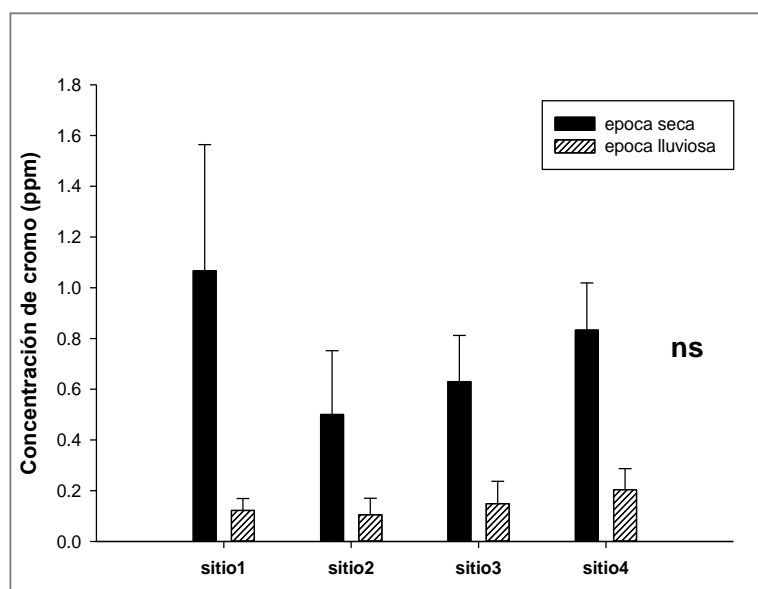


Figura 17. Niveles en ppm de Cr encontrados en la raíz de *Typha latifolia* en sitios de la laguna de Yahuarcocha.

4.4 Correlaciones de plomo, cromo y parámetros fisicoquímicos (pH y conductividad) en época seca y lluviosa.

La relación química que existe entre los metales, el pH y la conductividad, se debe a que los metales actúan como aniones en los ecosistemas los cuales llegan a formar sales, el exceso de las mismas provocan una alteración a la conductividad y al pH, por ende, la alteración de estos dos valores será proporcional a la concentración de metales pesados que exista en la Laguna de Yahuarcocha.

4.4.1 Correlación plomo – pH época seca y lluviosa

En las correlaciones realizadas entre pb vs pH en las dos épocas, no existió una correlación estadísticamente significativa obteniendo en la época lluviosa un valor r de 0,70497 (Figura 18b) con un p valor de 0,403; mientras que en la época seca el valor r fue de 0,59672 (Figura 18a) con un p valor 0,295.

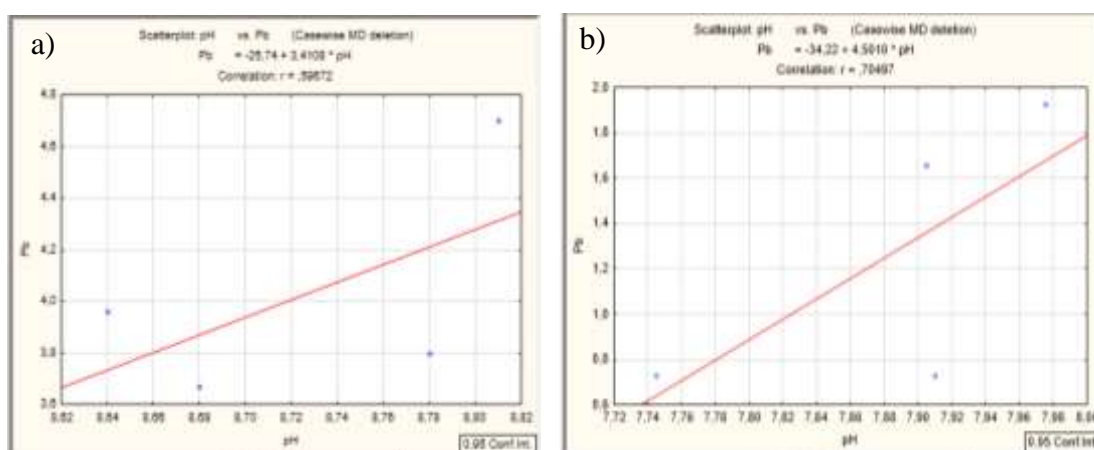


Figura 18. a) Correlación Pb vs pH época lluviosa

b) Correlación Pb vs pH época seca

4.4.2 Correlación plomo - conductividad época seca y lluviosa

En el análisis de correlaciones analizadas entre Pb vs conductividad en las dos épocas, no existió una correlación estadísticamente significativa. Obteniendo un p valor de 0,823 y un valor de $r = -0,1771$ correspondiente a la época lluviosa (Figura 19a), mientras que en la época seca se obtuvo un valor r de 0,75492 (Figura 19b) y en el p valor de 0,245.

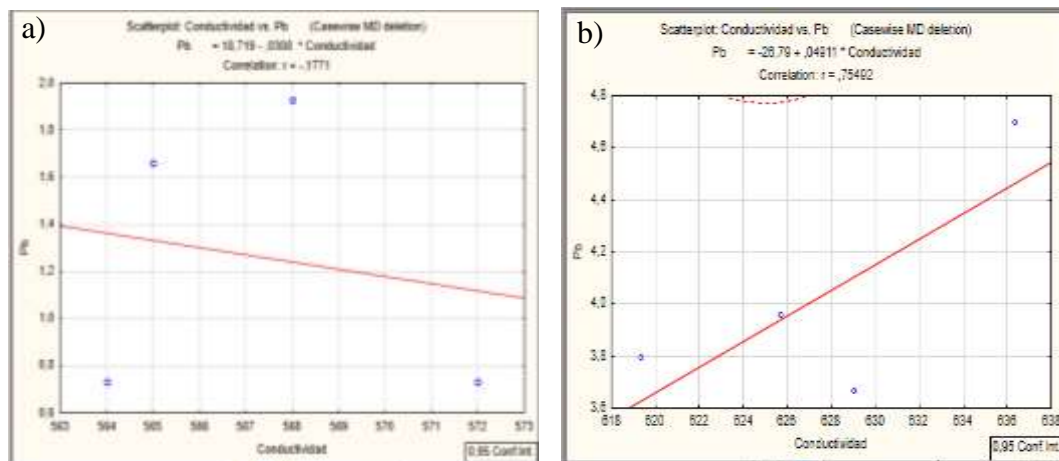


Figura 19 a) Correlación Pb vs conductividad época lluviosa
b) Correlación Pb vs conductividad época seca

4.5 Correlaciones cromo y parámetros físico-químicos

4.5.1 Correlación cromo – pH

La correlación de Cr vs pH que existe en la Laguna de Yahuarcocha en la época seca no fue estadísticamente significativa, obteniendo un valor r de 0,79316 (Figura 20a) y un p valor de 0,207, mientras que en época lluviosa el valor r fue de 0,73198 (Figura 20b), con un p valor de 0,268.

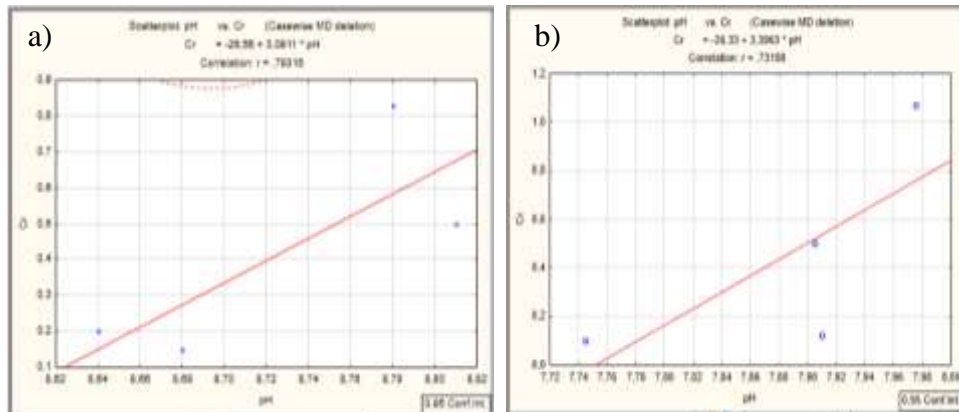


Figura 20 a) Correlación Cr vs pH época seca
b) Correlación Cr vs pH época lluviosa

4.5.2 Correlación cromo – conductividad

La correlación realizada con Cr vs conductividad fue no significativa para las dos épocas, obteniendo un p valor de 0,604 y un valor r de -0,3964 (Figura 21a) para la época seca, mientras que para la época lluviosa el p valor fue de 0,951 y un valor r de -0,0485 (Figura 21b).

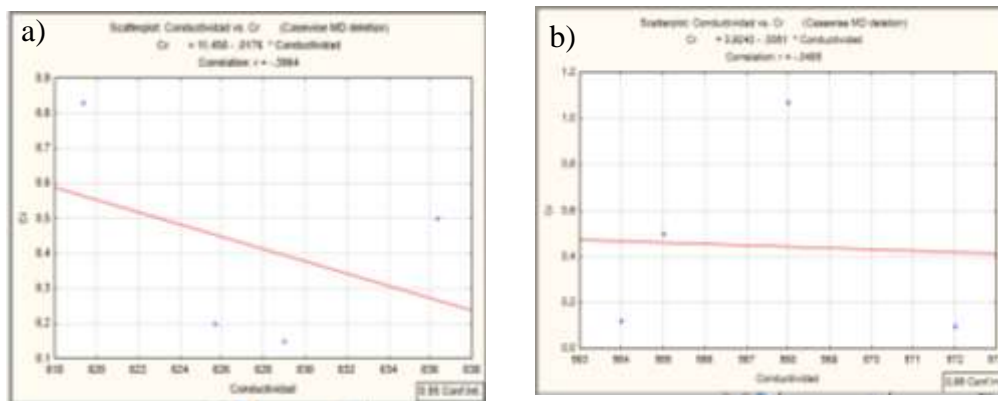


Figura 21 a) Correlación Cr vs conductividad época seca
b) Correlación Cr vs conductividad época lluviosa

En este estudio no se encontró una significancia en los análisis de raíz, entre los cuatro sitios de muestreo en la Laguna de Yahuarcocha, Strungaru (2015), realizó un estudio en el río Nicolina en Rumania el muestreo lo realizó en cinco diferentes sitios del río analizando metales pesados que se encontraban con más intervención

antrópica, obteniendo como resultado una no significancia de absorción por parte de la hoja de *Typha latifolia* entre los sitios de muestreo.

Sasmaz (2008) afirma que la especie *Typha latifolia* absorbe metales como plomo y cromo en la raíz, puesto que los análisis realizados obtuvieron como resultado 5,8 ppb (0,0058 ppm) de absorción de Pb, mientras que en cromo se obtiene 10,6 ppb (0,0106 ppm), por otra parte, que en el estudio actual la mayor concentración fue de 3,81 ppm para plomo y de 1,95 ppm para cromo, se pudo observar una mayor absorción de cromo. Mientras que el presente estudio se logró evidenciar una mayor concentración de plomo, ya que la Laguna de Yahuarcocha existe mayor intervención antrópica con este metal por las diferentes actividades automotoras que se realizan en los litorales del cuerpo de agua (López; Blanco, 2004 y Pabón, 2015).

Oquendo, (2016), realizó una investigación ex-situ, orientada a determinar la capacidad de acumulación de plomo en la raíz de *Typha latifolia*, obteniendo un resultado favorable para la especie ya que existió un 62% de remoción del contaminante en el medio, con una concentración de 2 ppm de Pb.

Brankovi, (2011) realizó estudios de absorción de metales pesados como Fe, Mn, Cu, Pb, en lago un artificial en Serbia usando macrófitas como *Typha latifolia*, *Typha angustifolia*, *Bidens tripartitus* y *Polygonum amphibium* utilizando raíz, tallo y hojas de las especies antes mencionadas. Obteniendo una mejor absorción de Pb y Fe en las dos especies del género *Typha*, la mayor concentración de metales fue en la raíz con un valor de 31,23 ppm en peso seco, en el tallo 3,85 ppm y en las hojas 4,85 ppm.

Sasmaz, (2015) realizó un estudio de absorción de metales pesados como Ni, Cu, Pb y Zn en la raíz, hojas de *Typha latifolia* además de analizar los mismos metales en sedimentos y agua en donde se encuentra la especie, obteniendo una concentración de 10 y 25 mg/kg – 1 (10 ppm y 20 ppm) para el metal plomo correspondiente a la raíz, esta fue la mayor concentración que se obtuvo a comparación con los otros metales que se analizaron, por otra parte se confirma la capacidad de absorción que tiene la raíz de la especies.

En el presente estudio se obtuvo una mayor concentración en la época seca puesto que existe una menor precipitación en esta época que en la lluviosa, además se observó una mayor absorción de plomo y cromo por parte de la especie, tomando en cuenta que en la época lluviosa existe mayor escorrentía en la laguna, por esta razón el cuerpo de agua atraviesa una autodepuración (Terneus y Buñay 2014).

En la investigación realizada no existe una diferencia de absorción de metales entre los sitios, esto se debe al diferente comportamiento de los cuerpos de agua, puesto que los sedimentos en muchos sistemas lacustres actúan como un sumidero de metales pesados obteniendo una acumulación de largo plazo, además de existir reacciones inorgánicas causadas por actividades de diferentes organismos, esta interacción de procesos biológicos y geoquímicos se refleja en la expresión de los ciclos biogeoquímicos (Lampert y Sommer, 2007)

Strungaru, (2015) realizó correlaciones entre la absorción de Pb en las hojas de *Typha latifolia* con el pH y la conductividad en los diferentes sitios del río Nicolina en Rumania, obteniendo una correlación positiva entre Pb y conductividad la cual confirmó que la actividad de la ciudad afecta a la captación de metales pesados en la especie, mientras que las correlaciones de Pb vs pH fueron no significativas con un valor r de 0,488. En el presente estudio se realizó una correlación similar estableciendo como primeros datos la absorción de metales pesados de las dos épocas y la conductividad de las mismas en la Laguna de Yahuarcocha, siendo estas no significativas en el estudio, por otra parte, también se realizaron correlaciones entre Pb y pH obteniendo el mismo resultado en las dos épocas. Es preciso mencionar que en la relación Cr vs pH para la época seca se logró obtener la mayor correlación con un valor r de 0,79.

4.6 Análisis de Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas (FODA) del manejo de la especie *Typha latifolia*.

Se logró entrevistar a 76 personas adultas, donde se obtuvo información de gran importancia (Anexo 4), esto ayudó a obtener datos acerca del conocimiento de los pobladores de San Miguel de Yahuarcocha sobre la existencia e importancia de la especie *Typha latifolia* en la Laguna de Yahuarcocha.

Además de tener un conocimiento de que el 100% de la población encuestada conoce la existencia de la especie en estudio, mientras que para el 99% de la misma no tiene ningún valor ambiental para la laguna.

Con los datos obtenidos de la encuesta se realizó el análisis FODA (Tabla 8).

Tabla 8. Análisis FODA de las entrevistas realizadas en el pueblo de la Laguna de Yahuarcocha

Fortalezas	Oportunidades	Debilidades	Amenaza
A la población de San Miguel de Yahuarcocha le gustaría aprender a trabajar con la especie en artesanías	La especie <i>Typha latifolia</i> es conocida por todo el pueblo de San Miguel de Yahuarcocha además de ser abundante.	<i>Typha latifolia</i> no tiene un valor artesanal como la totora para la población	La especie es podada para permitir el crecimiento de otras especies que existen en la laguna.
La especie ha demostrado una gran resistencia a metales pesados a comparación de con las otras especies existentes en la laguna	La capacidad de crecimiento de la especie es más rápida y eficaz en comparación de otras especies que habitan en la Laguna de Yahuarcocha	—	Extracción de la especie <i>Typha latifolia</i> con draga en la Laguna de Yahuarcocha
Los pobladores consideran a la especie como refugio y alimento para las diferentes especies de aves y	La especie puede ser aprovechada para crear nichos ecológicos para aves.	En su mayoría los pobladores no dan un uso adecuado a la especie <i>Typha latifolia</i> .	Extracción de la especie <i>Typha latifolia</i> en la Laguna de Yahuarcocha.

peces que existen en la laguna.			
La especie forma parte de la biodiversidad de la laguna.	La especie aporta belleza escénica a la Laguna de Yahuarcocha.	Poco interés de conservación de la especie <i>Typha latifolia</i> por parte de los pobladores	La especie no posee un control adecuado por parte de las autoridades.
Según la literatura la especie <i>Typha latifolia</i> es considerada como biorremediador para cuerpos de agua contaminados.	La especie puede ser utilizada como fitorremediadora para la laguna (Humedales).	La población de San Miguel de Yahuarcocha desconoce los beneficios que tiene la especie para la laguna	La población considera a la especie como mala hierba para la laguna
Disminución de metales pesados en el de Yahuarcocha	La menor concentración fue en la época lluviosa y fue igual en toda los sitios de estudio.	La mayor concentración de Pb y Cr fue en la época seca y no sobrepasa los límites permisibles	

4.6.1 Programa: Cultivo de la especie *Typha latifolia* para utilizarla como materia prima para la elaboración de artesanías.

De acuerdo a las interacciones realizadas del análisis FODA (Anexo 5) se ha identificado la necesidad de la implementación de cultivos de la especie *Typha latifolia* para el uso de fibras resistentes que posee la especie, como materia prima en la elaboración de artesanías, además del diseño de una guía del uso sustentable de la especie (Tabla 9), misma que ayudará a la conservación y manejo de la especie en la Laguna de Yahuarcocha. Esta estrategia se la propone ya que en Cordoba,

Venezuela y Colombia es utilizada como materia prima para las artesanías de la gente del área de influencia de los cuerpos lacustres (Negrete, 2007; Celis, 2016; Castro et al, 2018).

Tabla 9. Actividades del programa cultivo de la especie *Typha latifolia*

PROGRAMA: Cultivo de la especie <i>Typha latifolia</i> para utilizarla como materia prima para la elaboración de artesanías.				
OBJETIVO: Conservar la especie vegetal <i>Typha latifolia</i> en la Laguna de Yahuarcocha				
METAS: Capacitar al 100 % de la población de San Miguel de Yahuarcocha				
Cantidad de personas asistentes a talleres				
Acciones	Objetivo específico	Recursos	Responsable	Presupuesto referencial
Talleres de socialización de la importancia de <i>Typha latifolia</i> para Laguna de Yahuarcocha y comunidades	Socializar sobre <i>Typha latifolia</i> y los beneficios ecológicos y económicos que proporciona	<ul style="list-style-type: none"> - Laptop - Infocus - Material didáctico - Parlantes - Guías - Insumos de oficina 	<p>Técnicos ambientales encargados del proyecto</p> <p>Universidad Técnica del Norte</p> <p>Capacitador en uso de artesanías</p>	1000\$
Talleres sobre la elaboración de artesanías de la especie <i>Typha latifolia</i> como fuente de ingresos para la comunidad	Desarrollar alternativas de uso de la especie <i>Typha latifolia</i> como base para artesanías	<ul style="list-style-type: none"> - Laptop - Infocus - Material didáctico - Parlantes - Guías - Insumos de oficina - <i>Typha latifolia</i> 	<p>Técnicos ambientales encargados del proyecto</p> <p>Universidad Técnica del Norte</p> <p>Capacitador en uso de artesanías</p>	1000 \$

Elaboración de una guía de uso sustentable de la especie <i>Typha latifolia</i> para la elaboración de artesanías	Proporcionar conocimiento a artesanos acerca de las utilidades artesanales que brinda la especie	<ul style="list-style-type: none"> - Material didáctico - Parlantes - Guías - Insumos de oficina - Acta de creación del grupo 	Técnicos ambientales encargados del proyecto Universidad Técnica del Norte Capacitador en uso de artesanías	1000 \$
Implementación de un vivero con <i>Typha latifolia</i> en la Laguna de Yahuarcocha	Sembrar individuos de la especie <i>Typha latifolia</i> en el vivero	<ul style="list-style-type: none"> - Malla de grava - Estructura metálica - Plástico de polivinilo 	Mano de obra Técnicos de la Universidad Técnica del Norte	
INDICADORES	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Número de personas asistentes a talleres ➤ Construcción del vivero ➤ Elaboración de artesanías 			
MEDIOS DE VERIFICACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Registro de asistencia a talleres ➤ Registro fotográfico de entrevistas y talleres 			

4.6.2 Programa: conservación del hábitat de la especie *Typha latifolia* en los humedales de la Laguna de Yahuarcocha

Se realiza esta estrategia tomando en cuenta investigaciones de autores como Fernández de la Mora (2005) considera a la especie como fitorremediadora para diferentes cuerpos de agua (Tabla 10).

Tabla 10. Actividades del programa de conservación de humedales naturales de la especie *Typha latifolia*

Programa: Conservación del hábitat de la especie <i>Typha latifolia</i> en los humedales de la Laguna de Yahuarcocha				
OBJETIVO: Conservación de la especie <i>Typha latifolia</i> en la Laguna de Yahuarcocha.				
META: Asesoramiento técnico a pobladores y técnicos del Municipio de Ibarra.				
Acciones	Objetivo específico	Recursos	Responsable	Presupuesto referencial
Concientización a los pobladores acerca de la importancia de la especie para la Laguna de Yahuarcocha	Fortalecer el conocimiento sobre la importancia de la especie <i>Typha latifolia</i> en la Laguna de Yahuarcocha.	-Laptop -Infocus -Material didáctico -Parlantes -Guías -Insumos de oficina	Técnicos ambientales encargados del proyecto Universidad Técnica del Norte	1000 \$
Socialización de los beneficios de humedales con <i>Typha latifolia</i> en la Laguna de Yahuarcocha a técnicos del Municipio de Ibarra	Dar a conocer la importancia de <i>Typha latifolia</i> en la Laguna de Yahuarcocha	-Laptop -Infocus -Material didáctico -Parlantes -Guías -Insumos de oficina	Técnicos ambientales encargados del proyecto Universidad Técnica del Norte	400 \$
INDICADORES	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Porcentaje de pobladores y técnicos capacitados ➤ Porcentaje de participantes en talleres 			
MEDIOS DE VERIFICACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Registro de personas asistentes a capacitaciones ➤ Registro fotográfico de la salida de campo y talleres ➤ Acta de verificación de talleres y salidas de campo 			

4.6.3 Programa: Monitoreo de la especie vegetal *Typha latifolia* en la Laguna de Yahuarcocha

El monitoreo y control de una especie en sistemas lacustres es crucial, para prevenir la sobrepoblación de la especie en estudio, además de ayudar con el manejo

sustentable de *Typha latifolia*. Para que la población pueda obtener un bien ambiental y económico de la especie, además de controlar los diferentes ecosistemas de vida acuática existentes al borde de la Laguna de Yahuarcocha (Tabla 11).

Tabla 11. Monitoreo de la especie vegetal *Typha latifolia* en la Laguna de Yahuarcocha

PROGRAMA: Monitoreo de la especie vegetal <i>Typha latifolia</i> en la Laguna de Yahuarcocha				
OBJETIVO: Monitorear a la especie vegetal <i>Typha latifolia</i> en la Laguna de Yahuarcocha				
Acciones	Objetivo específico	Recursos	Responsable	Presupuesto referencial
Monitorear en época seca y lluviosa la presencia, ausencia y tamaño poblacional de <i>Typha latifolia</i> en la laguna.	Verificar la conservación de la especie <i>Typha latifolia</i>	- GPS	Técnicos del Municipio de Ibarra Técnicos ambientales encargados del proyecto Universidad Técnica del Norte	
Muestreo de raíz en poblaciones <i>Typha latifolia</i>	Recoger una muestra representativa de individuos de la especie <i>Typha latifolia</i> en la Laguna de Yahuarcocha	-Mapas -Trajes de neopreno -GPS -Cinta adhesiva -Fundas herméticas	Técnicos del Municipio de Ibarra Técnicos ambientales encargados del proyecto Universidad Técnica del Norte	

		-Pala, pico, azadón, etc.		
Análisis de las muestras de raíz de <i>Typha latifolia</i>	Actualizar datos sobre la capacidad de absorción de metales en raíces de <i>Typha latifolia</i> .	-Estufa de secado -Molino - Espectrofotómetro		
MEDIOS DE VERIFICACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Mapas elaborados de cobertura vegetal ➤ Registro fotográfico de individuos en la Laguna de Yahuarcocha 			



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

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

**CARRERA DE INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES
RENOVABLES**



GUÍA DE MANEJO DE ESPECIES DEL GENERO *Typha* sp.

EVELYN LIZETH SALCEDO RECALDE

Junio 2019

La presente guía de manejo establece la importancia de las especies del género *Typha* como fitorremediadoras de cuerpos lacustres, además de proporcionar de manera detallada el manejo sustentable de estas.

Por otra parte, este instrumento ayudará a una mejor comprensión y valoración de la importancia de la existencia de humedales artificiales con plantas acuáticas como opción de remediación ambiental.

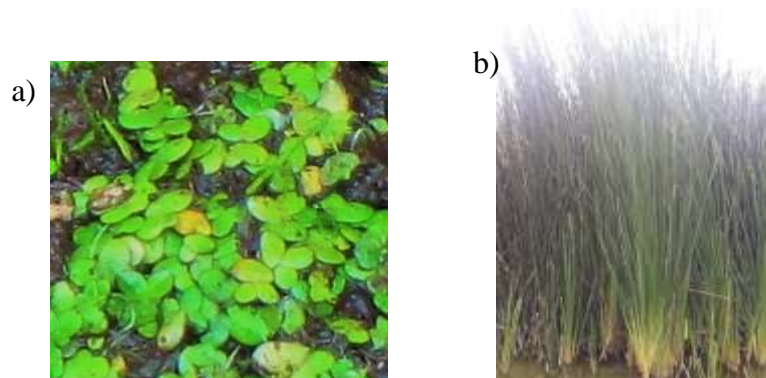


Figura 1. a) *Lemna minor linnaeus*
b) *Typha latifolia*

Introducción

El agua es un recurso necesario para el desarrollo de la vida en el planeta, sin embargo, es el más degradado por actividades antrópicas. Actividades como la agricultura, los asentamientos urbanos, y el comercio insostenible en los litorales de la laguna han generado contaminación por metales pesados alterando la cadena trófica y los ciclos fisicoquímicos en ecosistemas acuáticos (Gunkel, 2002).

A nivel global y local se identifica una creciente problemática de contaminación de los diferentes sistemas lacustres, esto se debe al manejo inadecuado de los mismos; por medio de escorrentía los metales pesados llegan a los cuerpos de agua, mismos que compromete severamente a la salud y el ambiente (Reyes, 2016)

La fuerte presión antrópica en el sistema lacustre de Yahuarcocha se debe a la existencia de zonas agrícolas, urbanas, pequeñas plantaciones de árboles exóticos y cuenta con algunas obras de infraestructura. Las intervenciones antrópicas más

importantes de la laguna son: la erosión, contaminación, manejo inadecuado de la cuenca (López y Blanco 2004).



Figura 2. Presión antropica en cuerpos de agua.

Importancia de las macrófitas

Las macrófitas acuáticas son uno de los componentes más importantes en la estructura y funcionamiento de los ecosistemas lacustres, las cuales son responsables de la productividad primaria, ayudando a suministrar nichos para otros niveles tróficos, reciclar los nutrientes y estabilizar sedimentos (Ramos, Cárdenas-Avellab y Herrera, 2012).

Todas las especies macrófitas tienen preferencia por ocupar espacios, ricos en nutrientes, poco profundos e intensamente iluminados. Es por eso que la ubicación geográfica del Ecuador favorece mucho a estas especies ya que el país posee estas características (Terneus, 2002). Además, la interacción de estas plantas acuáticas con los componentes que ayudan a que el cuerpo de agua desarrolle una autodepuración de metales pesados y materia orgánica (Martelo y Lara, 2012).

La poca información que existe sobre la importancia y el papel que cumplen las macrófitas en los ecosistemas acuáticos ha causado que no exista conocimiento sobre el manejo de este género en zonas tropicales y subtropicales (Saelens, 2015).

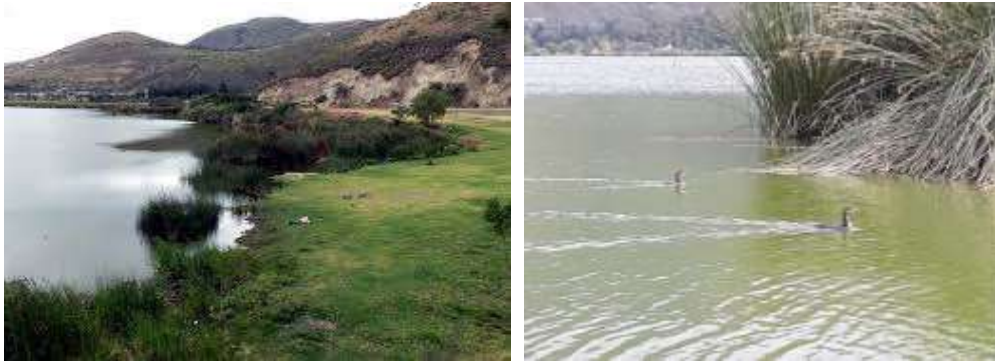


Figura 3. Macrófitas en la Laguna de Yahuarcocha

Limpieza de contaminantes con especies macrófitas

Estas especies son utilizadas para descomposición de materia orgánica e inorgánica y asimilación de nutrientes, además son caracterizadas por su alta absorción de metales pesados (Hidalgo, Montano, y Sandoval, 2005).

Las especies macrófitas tienen la capacidad de reproducirse sexual y asexualmente, en su mayoría su reproducción es asexual, muchas especies de macrófitas usan mecanismos de dispersión aéreo, acuático y animal (Durán, 2010), los lagos eutrofizados son el medio adecuado para el desarrollo de especies acuáticas como las macrófitas, macro o microinvertebrados (Roldan y Ramírez, 2008).

Las macrófitas crecen firmemente en el fondo de áreas poco profundas y la mayor parte de sus tallos y hojas viven por encima del agua sus órganos reproductores son aéreos. Su sistema de rizomas permite la expansión subterránea de los individuos. En general son plantas rizomatosas. Muchas especies no son necesariamente acuáticas, pero pueden vivir en suelos anegados permanente o temporalmente. Se localiza en los bordes de las lagunas, además Sculthorpe (1967), menciona que se encuentran cubiertas por la columna de agua la cual puede superar el 1,50 m. Ejemplo: *Typha latifolia*

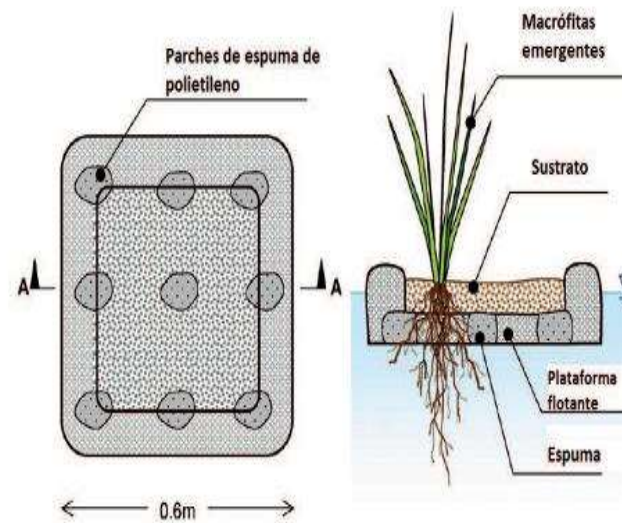


Figura 4. Funcionamiento de macrófita en los cuerpos de agua

Fuente. Martelo y Borrero, 2012

Macrófitas y los lagos alto andinos

En los lagos interandinos existen macrófitas o plantas acuáticas, mismas que se caracterizan por su alto grado de especiación, a la vez, ayudan al control de contaminación de los diferentes sistemas lénticos donde estas habitan. En relación con lo antes mencionado, se puede señalar que las aguas de un lago alto andino están contaminadas con nutrientes especialmente nitratos y fosfatos o con metales pesados, las macrófitas adquieren un desarrollo óptimo, cuando esto existe (Ramos, Cárdenas, y Herrera, 2013).

Fitorremediación

La fitorremediación es un proceso que utiliza plantas para concentrar contaminantes ya sean orgánicos e inorgánicos, uno de los mecanismos de fitorremediación incluye a la rizofiltración, donde los diferentes contaminantes son captados por las raíces en el agua (Agudelo, 2006). Para este mecanismo de fitorremediación son necesarias las macrófitas.

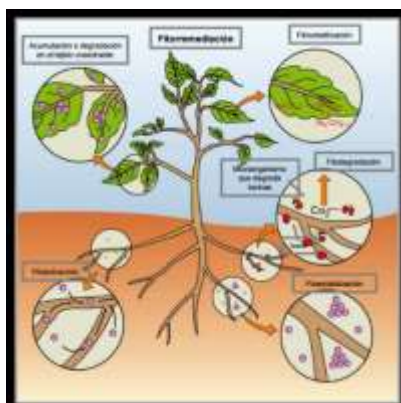


Figura 5. Uso de raíces en fitorremediación (Rizofiltración)

Genero Typha

El género *Typha* posee características homogéneas, con raíces sumergidas profundamente al fango donde se encuentran estas especies, la estructura vegetativa se encuentra por encima de la superficie de la laguna, estas plantas alcanzan una altura de tres metros aproximadamente, las especies de este género son *Typha latifolia*, *Typha angustifolia* y *Typha domingensis*.



Figura 7. *Typha domingensis*

Fuente. Blasco, 2013



Figura 8. *Typha angustifolia*

Fuente. Cirujano, Meco, García y Chirino, 2014

Typha latifolia

Esta especie puede alcanzar una altura de 1,6 a 2,2 metros, sus hojas son cilíndricas, de color verde grisáceo, la anchura de las mismas es de 8-20 mm. La vaina de la hoja es abierta y a la vez se puede observar aurículas, las flores de este género son unisexuales, las femeninas tienen la cualidad de carecer de bractéolas (primera bráctea de una rama axilar) (Fernández de la Mora, 2005).

Tabla 1. Taxonomía de *Typha latifolia*

Reino:	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase:	Liliopsida
Subclase:	Commelinidae
Orden	Typhales
Familia:	<i>Typhaceae</i>
Especie:	<i>Typha latifolia</i>

Typha domingensis

Alcanza una altura de dos a tres metros, con tallos erectos simples, sus inflorescencias cilíndricas divididas en dos partes, siendo la parte superior masculina y la inferior femenina, la separación entre los dos es un espacio desnudo de tres centímetros aproximadamente (Blasco, 2013), sus flores poseen un color pardo oscuro, esta planta vive en ambientes como lagos, presas pantanos o zonas inundadas, produce una gran cantidad de semillas que son esparcidas por el viento (Bonilla y Santamaría, 2012)

Tabla 2. Taxonomía de *Typha domingensis*

Reino:	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase:	Liliopsida
Subclase:	Commelinidae
Orden	Typhales
Familia:	<i>Typhaceae</i>
Especie:	<i>Typha domingensis</i>

Typha angustifolia

Esta planta coloniza humedales limpios, generalmente en cotas superiores a los 900 metros (Cirujano y Morales, 1995), además, la especie no sobrepasa los dos metros de altura, sus hojas son envolventes en toda su longitud, sus flores masculinas y femeninas están separadas entre sí por un espacio de tres a ocho centímetros, la inflorescencia femenina es de color marrón oscuro son más claros que la planta *Typha latifolia*.

Tabla 3. Taxonomía de *Typha angustifolia*

Reino:	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase:	Liliopsida
Subclase:	Commelinidae
Orden	Typhales
Familia:	<i>Typhaceae</i>
Especie:	<i>Typha angustifolia</i>

Humedales artificiales

Los humedales artificiales son áreas que se encuentran inundadas por aguas subterráneas o superficiales, a la vez existe la presencia de especies macrófitas mismas que aprovechan las interacciones entre la atmósfera y microorganismos para remover materia orgánica y permite la transferencia de oxígeno (Arias y Brix, 2003).

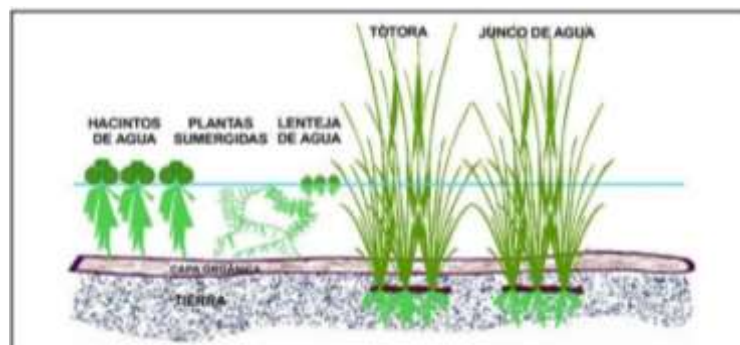


Figura 9. Macrófitas en humedales artificiales

Fuente. Gómez, 2009

Beneficios de humedales artificiales

Los humedales artificiales contribuyen con a la captura de carbono además de ayudar a crea y mantener diferentes nichos ecológicos, retienen suelos y lodos en el lugar donde se encuentre el humedal, genera zonas de amortiguamiento en zonas de descarga de aguas subterráneas (Delgadillo, 2010).

Manejo de humedales artificiales

Los humedales son necesarios para la descontaminación de los cuerpos de agua además de brindar diferentes beneficios ecológicos a diferentes especies que habitan los mismos lugares donde se encuentra localizado el humedal.

Siembra de las plantas en los humedales:

Las plantas pueden ser transportadas de un vivero al humedal teniendo en cuenta que para la implantación de estas deben tener un aproximado de 20 a 30 cm de altura, la siembra en este caso se puede realizar en épocas seca o lluviosa o a su vez pueden ser sembradas directamente con las raíces esto se debe realizar antes de que exista el brote de la planta, además las raíces deben tener buen aspecto (Fernández y Fernández de la Mora, 2005).



Figura 10. Disposición de *Typha domingensis*

Fuente. Samudio, 2014

Cosecha de plantas en los humedales

Para poder realizar la cosecha de las plantas es necesario tomar en cuenta que las plantas estén en reposo de renovación es decir después de su floración o a la vez antes de que inicie el brote de las siguientes plantas a ubicar en el humedal, esto

ayudará a remover la carga contaminante del humedal en donde se está realizando el corte de las plantas (Hidalgo, 2005), la cosecha debe realizarse periódicamente esto ayudara a la optimización de la eficiencia de remoción de los metales por parte de las plantas (Martelo y Borrero, 2012)



Figura 11. *Typha latifolia* Laguna de Yahuarcocha

¿Qué hacer con la cosecha?

Varias plantas usadas en humedales son utilizadas después de sus cosechas como potencial económico, para poder ser utilizado con fin artesanal es necesario realizar:

Selección de fibras

Para esta selección se escoge plantas verdes con longitudes de 2 a 3 metros de alto, además el corte se lo debe realizar a en el agua o a cinco centímetros por encima del agua (Barrera y Ramírez, 2010)

Pre-secado

Se lo debe realizar en el mismo lugar donde se realiza la recolección, aislando las fibras seleccionadas del agua, de esta manera se logra un secado ambiente (Barrera y Ramírez, 2010).

Organización de las hojas

La recolección se realiza en los humedales para posteriormente lograr agrupar las cosechas y transportar al lugar donde se realizarán los procesos artesanales (Barrera y Ramírez, 2010).

Almacenamiento de las fibras

Se lo realiza en espacio donde exista una libre circulación de aire además se debe evitar la aglomeración de fibras recolectadas este procedimiento ayudará a que no exista la proliferación de hongos bacterias en las fibras (Barrera y Ramírez, 2010).

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 Conclusiones

Los resultados del índice de vegetación espectral con banda infrarroja (NDVI) realizados en los diferentes sitios de la Laguna de Yahuarcocha, registraron una mayor cobertura vegetal de las especies analizadas en los sitios de estudio en la época lluviosa correspondiente al mes de abril del año 2018 en comparación de la época seca en el mes de septiembre del 2017.

Para determinar la diferencia de la concentración entre las dos épocas se aplicó Mann-Whitney U y se determinó que existe una mayor concentración de plomo y cromo en la raíz de *Typha latifolia* en época seca.

No existieron diferencias significativas en la capacidad de absorción de *Typha latifolia* entre los sitios que se realizó la colecta de las raíces de la especie en la Laguna de Yahuarcocha.

No existió una correlación estadística entre los parámetros fisicoquímicos como el pH y conductividad que se obtuvo en los diferentes sitios de muestreo la Laguna de Yahuarcocha y la concentración de plomo y cromo en la raíz de *Typha latifolia*.

Los registros encontrados con el índice de vegetación espectral con banda infrarroja (NDVI) y las comparaciones de absorción de plomo y cromo que se realizaron entre las dos épocas, se establece que entre más vegetación exista menor es la concentración de plomo y cromo que existen en la Laguna de Yahuarcocha

7.2 Recomendaciones

Fomentar el uso sustentable de *Typha latifolia* como base para la generación de artesanías por parte de la población de San Miguel de Yahuarcocha. Proyecto para la creación de nichos ecológicos utilizando *Typha latifolia* para el uso de las diferentes especies de fauna existentes en la Laguna de Yahuarcocha.

Al ser una especie capaz de absorber metales pesados, y su adaptación a diferentes ecosistemas, permite que se pueda utilizar en otros sistemas lacustres donde se evidencia una alta intervención antrópica.

Creación de humedales en los sitios muestreados realizado en la investigación, además de las fuentes de ingreso de agua a la Laguna de Yahuarcocha, utilizando *Typha latifolia*.

Realizar la correlación de Pearson con diferentes parámetros físico químicos, con el fin de saber si existe una relación entre los metales pesados y otras variables asociadas a la evaluación de la calidad de agua.

Bibliografía

- Alba, A., González, G. (2015). *Macroinvertebrados habitando macrófitas en la laguna la virginia, páramo sumapaz, Colombia, Bogotá*. Tesis maestría, Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano
- Albert, L. A. (1997). Cromo. *Introducción a La Toxicología Ambiental*
- Agudelo B, Macías K, Suárez A. 2006. Fitorremediación: la alternativa para absorber metales pesados de los biosólidos. *Revista Lasallista de Investigación*. 2(1): 57- 60
- Agency for Toxic Substances and disease Registry (ATSDR). (2006). Chromium Toxicity. *Case Studies in Environmental Medicine*.
- Alonso-castro, et al. (2009). Removal and accumulation of Cadmium and lead by *Typha latifolia* exposed to single and mixed metal solutions, 688–696. <https://doi.org/10.1007/s00244-009-9351-6>
- Ambisat, (2004). Actividades industriales generadoras de sustancias contaminantes.
- Agency for Toxic substances and disease Registry, (2006). Estudios de caso en medicina ambiental. Recuperado de <https://www.atsdr.cdc.gov/hec/csem/chromium/docs/chromium.pdf>.
- Arias, C., Brix, H. (2003). Humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*.(13). 17-24
- Barrera, V., Ramirez, D., (2010). Cartilla para la producción sostenible de artesanías en enea. *Artesanías de Colombia*. Recuperado de <file:///C:/Users/Home/Downloads/INST-D%202010.%2044.pdf>.
- Barbosa, J; Santamaría, B., (2012). Typhaceae. *Flora del bajo y regiones adyacentes*, 1-11.

- Benítez, M. (2013). Evaluación de la Calidad de agua y riesgo de contaminación del embalse el Azúcar en época de verano. Universidad Tecnológica Equinoccial, Quito.
- Boada, E. (2016). *Identificación de consorcios bacterianas asociadas a la rizosfera de Typha latifolia en humedales en la laguna Yahuarcocha con resistencia al plomo para uso en remediación por biosorción* (Tesis maestría). Quito.
- Braun, E. A., y Scholz, H. (1989). Plant Guide. *United states departament of agriculture natural resources conservation Service*, 5–7.
- Brankovic, S., Pavlovic, D. (2011). Environmental study of some metals on several aquatic macrophytes. *African Journal of biotechnology*, 10 (56). 11956-11965
- Calderón, R., y Sumarán, R. (2011). *Aplicando el enfoque ambiental hacia una educacion para el desarrollo sostenible*.
- Cartaya, S., Zurita, S., Rodriguez, E., y Montalvo, V. (2015). Comprovación del NDVI en imagenes rapideye para cobertura vegetal y usos de la tierra en la provincia de Manabí, Ecuador. *San Gregorio*. 2 (10). 75- 92.
- Castro, M., Lastres, M., Ruiz, T., Magallanes, A., Araujo, E. (2018). Plantas utilizadas para la elaboración de artesanías en comunidades costeras de Venezuela. *Polibotánica*. 46. 305-325.
- Carranza, C., y Castro, A. (2008). Accumulation and distribution of havy metals in *Scripus americanus* and *Typha latifolia* from an Artificial Lagoon in San Luis Potosí, Mexico. *Water air soil pollut.* 188. 241-248. Paginas.
- Carranzas, C., Fugueroa, L., Hernández, A., Hernandez, D., y Medellín, N. (2014). Determinacion de la capacidad de adsorcion de Pb(II) en solucion acuosa por raices de *Typha latifolia* (espadaña), Mexico. *Water air soil pollut.* 188. 297-309. Páginas.
- Celis, J; Junod, J; Sandoval, M. (2005). Resientes aplicaciones de la depuración de aguas residuales con plantas acuáticas. *Theoria*. 14. 17-25. Páginas.

- Celis, L. (2016). Plan de manejo y aprovechamiento de las especies junco (*Schoenoplectus californicus*) y enea (*Typha sp.*), Colombia. Artesanías Colombia.
- Cirujano, S., Molina, A. M., y Cezón, K. (2011). Flora acuática: Macrófitos. *Consejo Superior de Investigación Científica Real Jardín Botánico*. Retrieved from http://www.magrama.gob.es/es/agua/formacion/06-macrofitos-santos_cirujano_tcm7-174291.pdf
- Cordova, C. (2016). *Biosorción de Pb y Cd en solución bajo diferentes condiciones de laboratorio usando la macrófita acuática Typha latifolia inerte* (tesis de posgrado). Universidad Nacional Autónoma de México Posgrado en Ciencias de la Tierra Centro de Geociencia, Santiago de Querétaro, México
- Chen, Y., Hong, X. (2014). Bioresource Technology Biosorption of Cr (VI) by *Typha angustifolia*: Mechanism and responses to heavy metal stress. *Bioresource Technology*, 160, 89–92. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2014.01.022>
- Delgadillo, A., Gonzáles, C., Prieto, F., Villagómez, J., y Acevedo, O. (2011). Tropical and Subtropical Agroecosystems, 597- 612. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 14, 597–612.
- Dias, C. (2015). *Estudios de índices de vegetación a partir de imágenes aéreas tomadas desde UAS/RPAS y aplicación de estos a la agricultura de precisión* (tesis de posgrado). Master en Tecnologías de Información Geográfica.
- Durán, C. (2010). *Asistencia técnica para el control de macrófitos: Mejora de la gestión de los embalses del Bajo Ebro*. URS España. Madrid: Registro mercantil de Madrid.
- Echarri, L. (2007). La Tierra como ecosistema. *Universidad de Navarra*.

- Espinoza, C. (2013). *Evaluación de la calidad del agua de la Laguna de Yahuarcocha para elaborar un plan de monitoreo utilizando macroinvertebrados como indicadores biológicos* (tesis pregrado). Universidad Técnica del Norte. Ibarra.
- Hidalgo, C., Montano, J., Sandoval, M. (2005). Recientes aplicaciones de la depuración de aguas residuales con plantas acuáticas. *Theoría*, 14 (1). 17-25.
- Fernández de la Mora, M. (2005). Macrófitas de interés en fitodepuración., 91–106.
- Feijoo, C; Menéndez, M. (2009). La biota de los ríos: los macrófitos., 243-251.
- Guerrero, V (2014). *Incidencia socio-económica de la implementación de la fase III del proyecto de manejo integral “Laguna de Yahuarcocha” en el barrio San Miguel de Yahuarcocha, cantón Ibarra, provincia de Imbabura, año 2013* (Tesis maestría). Universidad Técnica Particular de Loja.
- Gonzaga, C. (2015). Aplicación de índices de vegetación derivados de imágenes satelitales para análisis de coberturas vegetales en la provincia de Loja, Ecuador, *C-EDAMAZ*, 5 (1), 30-40.
- Gómez, A. (2009). Utilización de humedales artificiales para tratar las aguas residuales en la Región Lima Moderna. Lima Perú.
- Gunkel (2002). Limnología de un Lago Tropical de Alta Montaña , en Ecuador : Características de los sedimentos y tasa de sedimentación, (Athens 1997).
- Isla, F., y Espinosa, M., (2010). Patagonian salt marshes: the soil effects on the NDVI response. *Thalassas* (1). 23-31.
- Lampert, W. y Sommer, U. (2007). Limnoecology: the ecology of lake and stream. *Oxford University, Oxford* (2). 324
- Limo, U. (2003). *Estudio sobre la presencia del plomo en el medio ambiente de Talara en el año 2003* (Tesis pregrado). Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima.

- López, B y Blanco, D. (Ed). (2004). *El censo neotropical de aves acuáticas 2004 Una herramienta para la conservación. Buenos Aires, Argentina: Editorial Wetlands Internacional.*
- Malataxi, D. (2016). *Evaluación de metales pesados (Pb) y Cadmio (Cd) en la especie tilapia (Tilapia mossambica), como bioindicador de calidad de agua mediante técnicas de absorción atómica, en la Laguna de Yahuarcocha, provincia de Imbabura.* Pontificia Universidad Católica del Ecuador sede Ibarra “PUCE-SI” Ibarra, Ecuador.
- Maldonado, M., Maldonado-Ocampo, J., Ortega, H., Encalada, A., Carvajal-Vallegos, F., Revadeneira, J., Rivera-Rondón, C. (2005). Diversidad en los Sistemas Acuáticos. *Cambio Climático y Biodiversidad en los Andes Tropicales.* 325-347.
- McNaughton, S. J., Folsom, T. C., Lee, T., Park, F., Price, C., Roeder, D., Schmitz, J. and Stokwell, C.: 1974, ‘Heavy metal tolerance in *Typha latifolia* without the evolution of tolerant races’, *Ecology* 55, 1163–1165.
- Mandonx, T. (2014). Trophic status and phytoplankton ecology of two lakes in northern Ecuador: Yahuarcocha y Mojanda. *Ku Leuven*, 1–70.
- Mañay, N., Clavijo, G., y Díaz, L., (2009). Absorción atómica con horno de grafito. M.I: LITTER, M.A. ARMIENTA, S.S. FARIAS (ed), Metodologías analíticas para la determinación y especialización de arsénico en aguas y suelos (pp 79-90), Argentina: CYTED.
- Martinez. C., Torres. L., y Garcia, R. (2013). Evaluación de la cinética de adsorción de Zn y Cd a partir de soluciones unitarias y binarias por raíces *Eichhornia crassipes* y *Typha latifolia*. *Avances en Ciencias e Ingeniería.* 4 (2), 1-14. Páginas.

- Martelo, J., y Lara, J. (2012). Macrófitas flotantes en el tratamiento de aguas residuales: una revisión del estado del arte, 8, 221–243
- Maxe, M y Lloclla, H (2016). Microorganismos depuradores asociados con enas (*Typha latifolia*) en la depuración de agua residuales. *Revista de investigación y Cultura, Universidad César Vallejo*, 5 (1), 10-15. Páginas
- Mazzeo, N. (1999). Métodos en ecología de aguas continentales con ejemplos de limnología en Uruguay. Movimientos, *Uruguay: D.I.R.A.C. Facultad de Ciencias*. 143-166.
- Méndez, J., González, C., Román, A., Prieto, F. (2009). Contaminación y fitotoxicidad en plantas por metales pesados provenientes de suelos y agua. *Tropical and subtrropical Agroecosystems*, 10 (2009). 29-44
- Mostacedo, B., y Fredericksen, T. S. (2000). Manual De Métodos Básicos De Muestreo Y Análisis En Ecología Vegetal. *Manual de Métodos Básicos de Muestreo Y Análisis En Ecología Vegetal*, 1–92. Retrieved from <http://www.bio-nica.info/biblioteca/Mostacedo2000EcologiaVegetal.pdf>.
- Molina, C; Ibañez, C y Marie, F. (2012). Proceso de biomagnificación de metales pesados en un lago hiperhalino (Poopó, Oruro, Bolivia): posible riesgo en la salud de consumidores. *Ecología en Bolivia*, 47 (2). 99-118.
- Molina, N; Aguilar, P; Cordovez, C. (2010). Plomo, cromo III y cromo VI y sus efectos sobre la salud humana. *Ciencia para la salud visual y ocular*. 8 (1). 77-88.
- Moreano, M. (2008). Yaku, Parque-Museo del Agua *Humedales Ecuatorianos*, Quito.
- Mufarrage, M. (2012). *Tolerancia y eficiencia de Typha dominguensis pers. En la retención de metales y nutrientes de efluentes industriales* (tesis de posgrado). Universidad Nacional del Litoral.

- Naveed Ahmed Qambrani, Ji-Hoon Hwang, S.-E. O. (2016). Comparison of chromium III and VI toxicities in water using sulfur-oxidizing bacterial bioassays. *Chemosphere*, 160, 342–348.
- Negrette, A. (2007). Características de los sistemas de producción artesanal en enea (*Typha latifolia*) en las zonas rural y urbana del municipio de Montería departamento de Córdoba.
- Nordberg, G., Langard, S., Sunderman, F. W., Mager Stellman, J., Osinsky, D., Markkanen, P., ... Atsdr. (2001). Metales: propiedades químicas y toxicidad. *Enciclopedia de Salud Y Seguridad En El Trabajo*, 1–76.
- Oquendo, J. (2016). *Evaluación de T. latifolia con plomo y propuesta de fitorremediación de metales pesados en la Laguna de Yahuarcocha* (Tesis maestría), Universidad Internacional SEK, Quito-Ecuador.
- Pabón, J. (2015). *Distribución y evaluación de la vegetación macrofítica en el Lago de Yahuarcocha, Provincia de Imbabura*. Tesis pre grado, Universidad Técnica Del Norte, 246.
- Pabón, G., Reascos, D., Yépez, L., Oña, T., Velarde, E., Vásquez, L., y Molina, P. (2012). Actualización del plan de manejo integral de la microcuenca hidrográfica de Yahuarcocha, Provincia de Imbabura. Ibarra.
- Pineda, N; Aguilar, P; Cordovez, C. (2010). Plomo, cromo III Y cromo VI y sus efectos sobre la salud humana. *Ciencia y Tecnología para la salud visual y ocular*. 160 (1). 77-88.
- Posso, M. (2013). *Proyectos tesis y marco lógico*. Ibarra, Ecuador: Trece.
- Porrás, Á. C. (2010). Descripción de La nocividad del cromo proveniente de la industria curtiembre y de las posibles formas de removerlo. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 9(17), 41–49.

- Poveda, R. A. (2014). *Evaluación de especies acuáticas para la fitorremediación de aguas residuales industriales y de uso agrícola previamente caracterizadas en el cantón Ambato. Provincia de Tungurahua* (Tesis pregrado). Universidad Técnica de Ambato. Ambato.
- Raggio, F.(s.f) Modelos nulos para explicar asociaciones de macrófitas en ambientes lénticos de la región de La Araucanía, Chile. *Urrutia J, R Rivera, E Hauenstein, P De los Ríos (CHILE).*, 7.
- Ramos Montaña, C., Cárdenas-Avella, N. M., y Herrera Martínez, Y. (2013). Caracterización de la comunidad de Macrófitas acuáticas en lagunas del Páramo de La Rusia (Boyacá-Colombia). *Ciencia en desarrollo*, 4(2), 73-82.
- Reyes, Y; Vergara, I; Torres, O; Díaz, M y González, E. (2016). Contaminación por metales pesados: implicaciones en salud, ambiente y seguridad alimentaria. *Revista Ingeniería, Investigación y Desarrollo*. 16 (2). 66-77.
- Rodríguez, M, (2015). *Efecto de los mecanismos de transporte de calcio hierro y zinc en la captación de cadmio y plomo en plantas fitorremediadoras* (Tesis de posgrado). Universidad Autónoma de San Luis Potosí. San Luis Potosí, México.
- Roldán, G., y Ramírez, J. (2008). *Fundamentos de limnología neotropical*. Colombia: Editorial Universidad de Antioquía.
- Rueda, F., Peñaranda, L., Velásquez, W., y Díaz, S. (2015). Aplicación de una metodología de análisis de datos obtenidos por percepción remota orientados a la estimación de la productividad de caña era panela al cuantificar NDVI (índice de vegetación de diferencia normalizada). *Corpoica. Cienc. Tecnol. Agropecu*, 16(1),25-40 paginas
- Saelens, P. (2015). Ecological functioning of a shallow lake in Ecuador , Laguna Yahuarcocha. KU LEUVEN. Lovaina, Bélgica.

- Samudio, A., Nakayama, H., Peralta, I., Cardozo, C. (2014). Calidad fisiológica de semillas de *Typha dominguensis* Pers. (totorá) y su propagación en condiciones controladas. *Rojasiana*. 13 (2). 53-62.
- Sasmaz, A., Obek, E., y Hasar, H. (2008). The accumulation of heavy metals in *Typha latifolia* L. grown in a stream carrying secondary effluent, 3, 278–284.
- Sierra, R (2006). *Fitorremediación de un suelo contaminado con plomo por actividad industrial*. Universidad Uautónoma Agraria "Antonio Narriro".
- Singh, O.V., Labana, S., Pandey, G., Budhiraja R. and Jain, R.K. 2003. Phytoremediation: An Overview of Metallic Ion Decontamination from Soil. *Applied Microbiology and Biotechnology*. 61: 405-412
- Sculthorpe, C.D., 1967. *The biology of aquatic vascular plants*. Edward Arnold, London
- Strungaru, A., Nicoara, M., Jitar, O., y Plavan, G, (2015). Influence of urban activity in modifying water parameters, concentration and uptake metals in *Typha latifolia* L. into a river that crosses an industrial city. *Journal de environmental health science y engineering*, 13 (5).
- Tejeda, C. (2015). *Diseño de un humedal para la remoción de Cd, As y Cr con plantas de Typha latifolia (espadaña)* (Tesis de posgrado). Universidad Autónoma de San Luis Potosí. San Luis Potosí, México.
- Tejada, J (2010). *Diseño de humedales para la remoción de Cd, As y CR con plantas de Typha latifolia (Espadaña)*. Universidad Autónoma de San Luis Potosí
- Terneus, E. (2002). *Estructura y Composición florística de las plantas acuáticas en 70 lagunas altoandinas del Ecuador*. Tesis doctoral. Escuela de Ciencias Biológicas, Pontificia Universidad Católica del Ecuador., Quito, Ecuador.

- Terneus, E., Buñay, D., (2014). Efectos del embassamiento de las laguna de mogotes y loreto sobre las poblaciones de truchas y las comunidades macrófitas en el sector de Papallacta, Universidad Internacional del Ecuador., Quito, Ecuador.
- Tognelli, M. F., Lasso, C. A., Bota-sierra, C. A., Jiménez-segura, L. F., & Cox, N. A. (2016). *Estado de conservación y distribución de la biodiversidad de agua dulce en los andes tropicales.*
- Vera, A., Ramos, K., Camargo, E., Andrade, C., Núñez, M., Delgado, J., y Cárdenas, C. (2016). Phytoremediation of wastewater with high lead content and using *Typha domingensis* and *Canna generalis*. *Tec. Ing. Univ. Zulia.* 39 (2), 88-95. Pagina
- Vizcaíno, D. (2013). *Elaboración de un documental sobre la situación ambiental de los principales lagos y lagunas de la provincia de Imbabura,* Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra., Ibarra, Ecuador.
- Zhou, B., Yu, D., Ding, Z., y Xu, X. (2015). Comparison of genetic diversity in four *Typha* species (Poales, Typhaceae) from China. *Hydrobiologia*, 770, 117-128. Recuperado de <http://link.springer.com/article/10.1007/s10750-015-2574-9>

ANEXOS


Anexo 1. Índice de vegetación época seca



Anexo 2. Índice de vegetación época lluviosa



Anexo 3. Resultados de los análisis en época seca.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

UNIVERSIDAD ACREDITADA RESOLUCIÓN 002 – COMEA – 2010 – 129 – DC.
Resolución No. 001 – 073 – CEAGES – 2013 – 13.

FICAYA

Laboratorio de Análisis Físicos, Químicos y Microbiológicos


Informe N°:	07 - 2017
Solicitud solicitada por:	Srta. Evelyn Salcedo
Empresa:	No aplica
Muestreador:	Programista
Fecha de recepción:	08 de noviembre de 2017
Fecha de entrega informe:	22 de diciembre de 2017
Ciudad:	Quito
Provincia:	Cotacachi
Muestra:	Residuo de la planta
No. de lote:	No aplica
No. Inóculos Analizados:	6

Análisis Microbiológico


Parámetro Analizado	Unidad	Resultado						Método de conteo
		F1M9	F1M0	F2M9	F2M0	F3M9	F3M0	
Haces Totales	ppm	8,0	2,0	1,0	1,0	0,8	2,3	Espectrofotómetro
Germe Total	ppm	3,0	0,0	0,3	1,2	0,6	0,7	Almohadilla de color

Los resultados obtenidos pertenecen exclusivamente para los asuntos señalados

Atentamente:



Msc. José Luis Méndez
Técnico de Laboratorio



Visión Institucional
La Universidad Técnica del Norte en el año 2020, será un referente dentro de tecnología e innovación en el país, con estándares de excelencia institucional

Ay. 11 de mayo 21 y José María
Córdova Benito D. Oliva
Teléfono: 062628700
Fax: Ext. 7711
Email: un@un.edu.ec
www.un.edu.ec
Quito - Ecuador

Anexo 4. Encuesta realizada en San Miguel de Yahuarcocha.



CUESTIONARIO SOBRE CONOCIMIENTOS DE LA PLANTA COLLA
(*Typha latifolia*) EN LA COMUNIDAD DE SAN MIGUEL DE
YAHUARCOCHA

Sección I: Perfil Socioeconómico

1. Vive usted en San Miguel de Yahuarcocha.

Sí___ No___

2. Edad: 16-25___ 26-35___ 36-45___ 46 o más___

3. Sexo: Masculino___ Femenino___

4. Grupo étnico: Negra ___ Mestizo___ Blanco___ Montubio___

5. Nivel de educación: Primaria___ Secundaria___ Ed. Superior___ Ninguno___

6. Acceso a servicios básicos: Agua___ Luz___ Telf. Convencional___
Todos___

7. Años que vive en este lugar: >1___ 1-5___ 6-10___ 11 o más___

8. Actividad económica que realiza:

Agricultura___ Ganadería___ Turismo___ Otra: ___

Anexo 5. Análisis FA FO DO DA

Interacción 1	Fortaleza	A la población de San Miguel de Yahuarcocha le gustaría aprender a trabajar con la especie en artesanías
	Amenaza	La especie es podada para permitir el crecimiento de otras especies que existen
	Estrategia	Cultivo de la especie para utilizarla como materia prima para la elaboración de artesanías.
Interacción 2	Fortaleza	A la población de San Miguel de Yahuarcocha le gustaría aprender a trabajar con la especie en artesanías
	Oportunidad	La especie <i>Typha latifolia</i> es conocida por todo el pueblo de San Miguel de Yahuarcocha además de existir una gran cantidad de individuos.
	Estrategia	Aprovechamiento artesanal de la especie <i>Typha latifolia</i> por parte de artesanos del lugar
Interacción 3	Debilidad	<i>Typha latifolia</i> no tiene un valor artesanal como la totora para la población
	Amenaza	La especie es podada para permitir el crecimiento de otras especies que existen
	Estrategia	Concientización a la población de la importancia dela especie
Interacción 4	Debilidad	<i>Typha latifolia</i> no tiene un valor artesanal como la totora para la población
	Oportunidad	La especie <i>Typha latifolia</i> es conocida por todo el pueblo de San Miguel de Yahuarcocha además de existir una gran cantidad de individuos
	Estrategia	Concientización a la población dela importancia dela especie

Anexo 6. Análisis FA FO DO DA

interacción 5	Fortaleza	La especie ha demostrado una gran resistencia a metales pesados a comparación de las otras especies existentes en la laguna
	Amenaza	Extracción de la especie <i>Typha latifolia</i> con draga en la Laguna de Yahuarcocha
	Estrategia	Conservación de la especie mediante humedales naturales
Interacción 6	Fortaleza	La especie ha demostrado una gran resistencia a metales pesados a comparación de con las otras especies existentes en la laguna
	Oportunidad	La capacidad de crecimiento de la especie es más rápida y eficaz a comparación de otras especies que habitan en la Laguna de Yahuarcocha
	Estrategia	Monitoreo en la época que exista mayor vegetación
Interacción 7	Debilidad	La biomasa de la especie no permite el crecimiento de otras especies que son consideradas importantes para San Miguel de Yahuarcocha
	Oportunidad	La capacidad de crecimiento de la especie es más rápida y eficaz a comparación de otras especies que habitan en la Laguna de Yahuarcocha
	Estrategia	Monitoreo en la época que exista mayor vegetación

Anexo 7. Análisis FA FO DO DA

Interacción 8	Fortaleza	Los pobladores consideran a la especie como refugio y alimento para las diferentes especies de aves y peces que existen en la laguna.
	Amenaza	Extracción de la especie <i>Typha latifolia</i> en la Laguna de Yahuarcocha.
	Estrategia	Concientización de la importancia de la especie para los pobladores

Interacción 9	Fortaleza	Los pobladores consideran a la especie como refugio y alimento para las diferentes especies de aves y peces que existen en la laguna.
	Oportunidad	La especie puede ser aprovechada para crear nichos ecológicos para aves.
	Estrategia	Creación de un plan de manejo para la especie <i>Typha latifolia</i>
Interacción 10	Debilidad	En su mayoría los pobladores no conocen el rol ecológico de la especie como depurador de sistemas lacustres
	Amenaza	Extracción de la especie <i>Typha latifolia</i> en la Laguna de Yahuarcocha.
	Estrategia	Concientización de la importancia de la especie para la laguna
Interacción 11	Debilidad	En su mayoría los pobladores no dan un uso adecuado a la especie <i>Typha latifolia</i> .
	Oportunidad	La especie puede ser aprovechada para crear nichos ecológicos para aves.
	Estrategia	Creación de un plan de aprovechamiento y manejo para la especie <i>Typha latifolia</i>

Anexo 8. Análisis FA FO DO DA

Interacción 12	Fortaleza	La especie forma parte de la biodiversidad de la laguna.
	Amenaza	La especie no posee un control adecuado por parte de las autoridades.
	Estrategia	Monitoreo y control de la especie <i>Typha latifolia</i>
Interacción 13	Fortaleza	La especie forma parte de la biodiversidad de la laguna.

	Oportunidad	La especie aporta belleza escénica a la Laguna de Yahuarcocha.
	Estrategia	Programa de conservación de la especie <i>Typha latifolia</i> como nicho ecológico para otras especies.
Interacción 14	Debilidad	Poco interés de conservación de la especie <i>Typha latifolia</i> por parte de los pobladores
	Amenaza	La especie no posee un control adecuado por parte de las autoridades.
	Estrategia	Concientización de la importancia de la especie para la laguna
Interacción 15	Debilidad	Poco interés de conservación de la especie <i>Typha latifolia</i> por parte de los pobladores
	Oportunidad	La especie aporta belleza escénica a la Laguna de Yahuarcocha.
	Estrategia	Concientización de la importancia de la especie para la laguna

Anexo 9. Análisis FA FO DO DA

Interacción 16	Fortaleza	Según literatura la especie <i>Typha latifolia</i> es considerada como biorremediador para cuerpos de agua contaminados.
	Amenaza	La población considera a la especie como especie invasora para la laguna
	Estrategia	Concientización de la importancia de la especie para la laguna belleza escénica
Interacción 17	Fortaleza	Según literatura la especie <i>Typha latifolia</i> es considerada como biorremediador para cuerpos de agua contaminados.
	Oportunidad	La especie puede ser utilizada como fitorremediadora para la laguna.

	Estrategia	Creación de humedales artificiales
Interacción 18	Debilidad	La población de San Miguel de Yahuarcocha desconoce los beneficios que tiene la especie para la laguna.
	Amenaza	La eliminación de la especie eliminaría un depurador natural en la Laguna de Yahuarcocha
	Estrategia	Concientización de la importancia de la especie para la laguna.
Interacción 19	Debilidad	La población de San Miguel de Yahuarcocha desconoce los beneficios que tiene la especie para la laguna
	Oportunidad	La especie puede ser utilizada como fitorremediadora para la laguna (Humedales).
	Estrategia	Socialización de los beneficios de humedales con <i>Typha latifolia</i> en la Laguna de Yahuarcocha