



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

CARRERA DE INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES

“DISTRIBUCIÓN Y EVALUACIÓN DE LA VEGETACIÓN MACROFÍTICA EN EL LAGO DE YAHUARCOCHA, PROVINCIA DE IMBABURA”

**TESIS PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERA EN
RECURSOS NATURALES RENOVABLES**

AUTORA:

Joseline Patricia Pabón García

DIRECTORA:

Ing. Elizabeth Velarde.

Ibarra, Diciembre 2015



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS
Y AMBIENTALES

CARRERA DE INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES
RENOVABLES

“DISTRIBUCIÓN Y EVALUACIÓN DE LA VEGETACIÓN MACROFÍTICA EN EL LAGO DE YAHUARCOCHA, PROVINCIA DE IMBABURA”

Tesis de Grado revisada por el Comité Asesor, previa a la obtención del Título de:

INGENIERA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES

APROBADA:

Ing. Elizabeth Velarde

DIRECTORA

FIRMA

Ing. Mónica León, MSc.

ASESORA

FIRMA

Ing. Sania Ortega, MSc

ASESORA

FIRMA

Ing. Oscar Rosales, MSc

ASESOR

FIRMA



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN

A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

La Universidad Técnica del Norte dentro del proyecto Repositorio Digital Institucional, determinó la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la Universidad.

Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

| DATOS DE CONTACTO | | | |
|-----------------------------|-------------|--------------------------------|------------|
| CÉDULA DE IDENTIDAD: | DE | 100346408-6 | |
| APELLIDOS Y NOMBRES: | Y | Pabón García Joseline Patricia | |
| DIRECCIÓN: | | Pilanquí Mz: 8 Casa:3-12 | |
| EMAIL: | | joselin_1872@hotmail.com | |
| TELÉFONO FIJO: | 062 604 590 | TELÉFONO MÓVIL: | 0983513786 |

| DATOS DE LA OBRA | |
|--------------------------------|---|
| TÍTULO: | “DISTRIBUCIÓN Y EVALUACIÓN DE LA VEGETACIÓN MACROFÍTICA EN EL LAGO DE YAHUARCOCHA, PROVINCIA DE IMBABURA” |
| AUTORA: | Pabón García Joseline Patricia |
| FECHA: | 21.12.2015 |
| PROGRAMA: | PREGRADO |
| TÍTULO POR EL QUE OPTA: | Ingeniera en Recursos Naturales Renovables |

2. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

2. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

Yo, **Joseline Patricia Pabón García**, con cédula de identidad Nro. **100346408-6**, en calidad de autor y titular de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en formato digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión; en concordancia con la Ley de Educación Superior Artículo 144.

3. CONSTANCIAS

El autor 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 el 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.

AUTOR:

ACEPTACIÓN:



Joseline Patricia Pabón García
C.I. 100346408-6



Ing. Betty Chávez
JEFE DE BIBLIOTECA

Ibarra, a los 21 días del mes de Diciembre de 2015



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

**CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE
GRADO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL
NORTE**

Yo, Joseline Patricia Pabón García, con cédula de identidad Nro. 100346408-6, manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículos 4, 5 y 6, en calidad de autora de la obra o trabajo de grado denominado: **“DISTRIBUCIÓN Y EVALUACIÓN DE LA VEGETACIÓN MACROFÍTICA EN EL LAGO DE YAHUARCOCHA, PROVINCIA DE IMBABURA”**, que ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniera en Recursos Naturales Renovables en la Universidad Técnica del Norte, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En mi condición de autora me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

Ibarra, a los 21 días del mes de Diciembre del 2015.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Joseline Pabón García", is written over a horizontal line.

Joseline Patricia Pabón García

REGISTRO BIBLIOGRÁFICO

Guía: FICAYA – UTN

Fecha: Ibarra, a los 21 días del mes de Diciembre de 2015

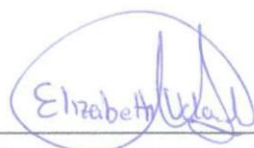
PABÓN GARCÍA JOSELINE PATRICIA. “DISTRIBUCIÓN Y EVALUACIÓN DE LA VEGETACIÓN MACROFÍTICA EN EL LAGO DE YAHUARCOCHA, PROVINCIA DE IMBABURA”

TRABAJO DE GRADO. Ingeniera en Recursos Naturales Renovables. Universidad Técnica del Norte. Carrera de Ingeniería en Recursos Naturales. Ibarra. EC.

DIRECTORA: *Velarde, Elizabeth*

El estudio de la distribución de macrófitas o plantas acuáticas es esencial para la investigación limnológica ya que son bioindicadores para el monitoreo de contaminación ambiental ya que al proliferar en un ecosistema de manera excesiva estos pueden llegar a afectar a las comunidades biológicas. El fin de este estudio es generar estrategias básicas de manejo y conservación en base a la vegetación acuática.

Fecha: 21 de Diciembre de 2015.



Ing. Elizabeth Velarde

Directora de Tesis



Joseline Patricia Pabón García

Autora

AGRADECIMIENTO

Mi más grato agradecimiento a la Ing. Elizabeth Velarde, directora de esta tesis, por su valiosa orientación y apoyo para la conclusión del mismo, por demostrar día a día el gran esfuerzo que pone por sus estudiantes; y por siempre buscar una solución ante cualquier problema que se presente, con el fin de crear estudiantes con ingenio, conocimiento y compañerismo.

Agradezco a la Ing. Mónica León, Ing. Sania Ortega e Ing. Oscar Rosales, sus conocimientos, sus orientaciones, su manera de trabajar, su persistencia y su motivación han sido fundamentales para mi formación como profesional.

Así mismo quiero agradecer de manera especial a todos quienes estuvieron vinculados de alguna manera con este trabajo, Santiago Cabrera, Byron Andrade, Henry Escaleras y el resto del equipo perteneciente a LABINAMB por proporcionar apoyo necesario para completar la investigación.

Y, desde luego, agradezco a Dios; y al invaluable apoyo de mis padres, hermanos, sobrinos y amigos, a quienes tengo siempre presente por ser el pilar fundamental para que cada día sea una persona de bien, y siga cumpliendo mis metas propuestas.

Joseline Pabón

DEDICATORIA

Dedico esta tesis, a mi madre Patricia García, mi ejemplo diario de responsabilidad y amor, a mi padre Ricardo Pabón quien cada día lucha por que nada me falte con el fin de cumplir mis sueños y metas, a mis hermanos Cristina y Alexis mis compañeros de vida. A mis mejores amigas Verónica y Alejandra quienes con sus consejos han sido una voz de motivación cada día. A Santiago un hombre incondicional que estuvo cada día dando consejos y palabras de aliento. Finalmente a Dios que sin su bendición esta meta de mi vida no hubiese sido cumplida.

RESUMEN

El Lago de Yahuarcocha perteneciente a la provincia de Imbabura es un ecosistema acuático con gran importancia ecológica, además proveen de diversos beneficios a la sociedad como su belleza escénica, importancia para el turismo, alta diversidad, provisión de hábitat acuático y litoral; y alimento para una gran diversidad de organismos asociados al ecosistema. El presente estudio se realizó en base a las plantas acuáticas del lago, para evaluar su distribución y características en dos épocas climáticas diferentes, además se determinó la distribución de la vegetación macrofítica en el lago y su relación con parámetros físicos y químicos con el fin de determinar cuál es su variación y como es el comportamiento de la vegetación ante cambios de las variables. Se registró un mayor número de especies en la época lluviosa con 1.13×10^8 organismos, distribuyéndose en 17 especies, 16 géneros y 14 familias. Las especies más abundantes pertenecen a *Schoenoplectus californicus* con $2,04 \times 10^7$ individuos/transecto correspondiente al 70,71%, *Typha latifolia* con $6,0 \times 10^6$ individuos/transecto y 45,17%. Por su parte los géneros *Myriophyllum*, *Hydrocotyle* y *Polygonum* reportaron un alto número de individuos con 15.2, 12.03 y 13.03%. En cuanto a las variables físicas, químicas, la mayor interacción con la vegetación acuática fueron la temperatura del aire, temperatura del agua, nutrientes, y en menor cantidad la turbidez y la profundidad. Se determinó como la estrategia más viable para la conservación de las plantas acuáticas la elaboración de un catálogo de florístico, como medida de mitigación del problema que enfrenta actualmente el lago, causado por el avance de los procesos eutróficos en el lago de Yahuarcocha. Es importante continuar en la línea de investigación limnológica en los lagos del norte de Ecuador con el fin de incrementar acciones encaminadas a un manejo integral del área, con medidas a corto, mediano y largo plazo, especialmente tendientes a mejorar la calidad de agua y por ende a los organismos que habitan en él.

SUMMARY

Yahuarcocha lake is in the province of Imbabura, it is an aquatic ecosystem with a great ecological importance, it also provides various benefits to society like its scenic beauty, touristic activities, high diversity, provision of water and coastal habitat; and food for a wide variety of organisms associated with the ecosystem. This study was performed about aquatic plants of the lake, to evaluate their distribution and characteristics of two different climate seasons; furthermore, the distribution of macrophytes vegetation in the lake and its relationship to physical and chemical parameters in order to determine what is their variation, and how is the behavior of vegetation to change in the variables. It was possible to register a great number of species in the rainy season with 1.13×10^8 organisms, distributed in 17 species, 16 genera and 14 families. The most abundant species belong *Schoenoplectus californicus* with 2.04×10^7 individuals/transect corresponding to 70.71%, *Typha latifolia* with 6.0×10^6 individuals/transect corresponding to 45.17%. Meanwhile the genera *Myriophyllum*, *Hydrocotyle* y *Polygonum* reported a high number of individuals with 15.2, 12.03 and 13.03% respectively. According to physical-chemical variables, the most interaction with aquatic vegetation were the air temperature, water temperature, nutrients, and about a few quantity turbidity and depth. It was determined as the most viable strategy for the conservation of aquatic plants the development it was a floristic catalog as a measure of mitigation the problem that the lake faces currently today, it was caused by the advance of eutrophic processes in the Yahuarcocha lake. Its important to continue on the line of limnological research in the lakes of northern Ecuador in order to increase actions for a integral comprehensive management of the area, with short, medium and long terms, and then it will be possible improving water quality and the inhabitat of its organisms.

ÍNDICE DE CONTENIDO

| | |
|--|----|
| CAPÍTULO I..... | 1 |
| 1. INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| 1.1. Objetivos | 5 |
| 1.1.1. Objetivo General: | 5 |
| 1.1.2. Objetivos Específicos: | 5 |
| 1.2. Pregunta Directriz | 5 |
| CAPÍTULO II | 6 |
| 2. REVISIÓN DE LITERATURA | 6 |
| 2.1. Marco Legal | 6 |
| 2.1.1. Constitución de la República del Ecuador | 6 |
| 2.1.2. Plan Nacional del Buen Vivir 2013 - 2017 | 8 |
| 2.1.3. Ley Orgánica del Régimen Municipal Ibarra vigente año 2009 | 9 |
| 2.2. Ecosistemas Lacustres Lénticos Tropicales | 10 |
| 2.2.1. Factores físico-químicos en los lagos y su relación con las plantas acuáticas ¹² | |
| 2.2.2. Factores biológicos en los lagos y su interacción con plantas acuáticas | 17 |
| 2.3. Macrófitas | 18 |
| 2.3.1. Distribución de las Macrófitas..... | 18 |
| 2.3.2. Clasificación de las Macrófitas | 19 |
| 2.4. Importancia del estudio de Macrófitas | 21 |
| 2.5. Las macrófitas como indicadores de estado ecológico de lagos | 23 |
| 2.5.1. Hidrófitos..... | 24 |
| 2.5.2. Heliófitos | 24 |
| 2.6. Especies Invasivas o Invasoras | 25 |

| | | |
|---------------------------------|--|----|
| 2.6.1. | Plantas acuáticas invasivas en el Ecuador | 26 |
| 2.7. | Problemas asociados a las Macrófitas | 26 |
| 2.8. | Estrategias de manejo y conservación..... | 27 |
| 2.8.1. | Manejo Integral | 29 |
| CAPÍTULO III..... | | 31 |
| 3. MATERIALES Y MÉTODOS..... | | 31 |
| 3.1. | Caracterización del área de estudio..... | 31 |
| 3.2. | Materiales..... | 34 |
| 3.3. | Métodos..... | 35 |
| 3.3.1. | Caracterización del área de estudio | 35 |
| 3.3.2. | Caracterización de las condiciones bióticas y abióticas actuales del Lago de Yahuarcocha..... | 36 |
| 3.3.3. | Identificación y distribución de la vegetación macrofítica asociada al lago de Yahuarcocha en relación a los parámetros bióticos y abióticos | 37 |
| 3.3.4. | Proponer estrategias de manejo y conservación en el Lago de Yahuarcocha en base a la vegetación macrofítica..... | 46 |
| CAPÍTULO IV..... | | 48 |
| 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN | | 48 |
| 4.1. | Zonificación de puntos de muestreo | 48 |
| 4.2. | Caracterización de las condiciones bióticas y abióticas actuales del Lago de Yahuarcocha..... | 52 |
| 4.2.1. | Características abióticas o físicas | 52 |
| 4.2.2. | Características bióticas | 60 |
| 4.2.3. | Principales problemas identificados | 63 |
| 4.3. | Identificar la vegetación macrofítica asociada al lago de Yahuarcocha | 64 |
| 4.3.1. | Las formas de vida y de crecimiento | 70 |

| | | |
|--------|--|-----|
| 4.3.2. | Descripción de los biotipos, fisiotipos y las especies..... | 73 |
| 4.4. | Comunidad de macrófitas acuáticas y su distribución en el Lago de Yahuarcocha en relación a los parámetros bióticos y abióticos..... | 93 |
| 4.4.1. | Evaluación Físicoquímica del agua en los transectos de muestreo ubicados en el Lago de Yahuarcocha..... | 99 |
| 4.4.2. | Diversidad, riqueza específica, equidad y dominancia | 121 |
| 4.5. | Proponer estrategias de manejo y conservación en el Lago de Yahuarcocha en base a la vegetación macrofítica..... | 126 |
| 4.5.1. | Catálogo Florístico | 126 |
| | CAPÍTULO V | 198 |
| 5. | CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 198 |
| 5.1. | Conclusiones | 198 |
| 5.2. | Recomendaciones..... | 200 |
| | CAPÍTULO VI..... | 202 |
| 6. | BIBLIOGRAFÍA CITADA | 202 |
| | CAPÍTULO VII | 217 |
| 7. | ANEXOS | 217 |
| | ANEXO 1: MAPAS..... | 217 |

ÍNDICE DE CUADROS

| | |
|---|----|
| Cuadro 2.1. Especies acuáticas invasivas del Ecuador | 26 |
| Cuadro 3.1. Coordenadas UTM y coordenadas geográficas del área de estudio...31 | 31 |
| Cuadro 3.2. Características de la Microcuenca del Lago de Yahuarcocha.....33 | 33 |
| Cuadro 3.3. Materiales y Equipos | 35 |
| Cuadro 3.4. Datos y Muestras Complementarias para muestreo de plantas acuáticas | 41 |
| Cuadro 3.5. Tamaño de cuadrantes sugeridos para diferentes comunidades de macrofitas.....42 | 42 |
| Cuadro 3.6. Escala de cobertura de especies.....43 | 43 |
| Cuadro 4.1. Puntos y transectos de muestreo Lago de Yahuarcocha.....49 | 49 |
| Cuadro 4.2. Áreas de transectos de muestreo del Lago de Yahuarcocha | 50 |
| Cuadro 4.3. Variación de temperatura en el Lago de Yahuarcocha a lo largo del tiempo.....54 | 54 |
| Cuadro 4.4. Datos de temperatura por transecto en el Lago de Yahuarcocha55 | 55 |
| Cuadro 4.5. Superficies de las microcuencas y drenajes menores.....56 | 56 |
| Cuadro 4.6. Tipos de suelo presentes en el área de estudio del lago de Yahuarcocha.....57 | 57 |
| Cuadro 4.7. Uso Actual del Suelo del Lago de Yahuarcocha.....59 | 59 |
| Cuadro 4.8. Lista de aves acuáticas representativas del Lago de Yahuarcocha .61 | 61 |
| Cuadro 4.9. Listado de organismos que compone la vegetación macrofítica en el Lago de Yahuarcocha.....64 | 64 |
| Cuadro 4.10. Composición (Presencia) de la vegetación macrofítica en el Lago Yahuarcocha en comparación con otros estudios | 65 |
| Cuadro 4.11. Número de familias, géneros y especies de macrófitos acuáticos encontrados para cada una de las clases presentes en el Lago de Yahuarcocha66 | 66 |
| Cuadro 4.12. Distribución geográfica por del número de especies en los géneros de macrófitas presentes en el lago de Yahuarcocha.....70 | 70 |
| Cuadro 4.13. Lista de especies de macrófitos acuáticos, clasificación biotipológica y formas de vida en el Lago de Yahuarcocha (LF= Libre Flotante, S= Sumergida, EE= Enraizada Emergente).....71 | 71 |

| | |
|--|-----|
| Cuadro 4.14. Valores de las variables físicas, químicas y biológicas en todo el periodo del estudio del lago de Yahuarcocha | 99 |
| Cuadro 4.15. Correlación de Spearman (Significancia de 0.05) entre especies acuáticas y variables físico químicas en el Lago de Yahuarcocha..... | 101 |
| Cuadro 4.16. Clave de iconos para identificación de plantas acuáticas..... | 127 |
| Cuadro 4.17. Escala de abundancia de especies en porcentaje en el Lago de Yahuarcocha..... | 129 |
| Cuadro 4.18. Parámetros de indicación de estado ecológico en el lago de Yahuarcocha..... | 139 |
| Cuadro 4.19. Esquema sistemático de especies acuáticas del Lago de Yahuarcocha..... | 144 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 2.1 Esquema de eutrofización y efectos sobre plantas acuáticas..... | 16 |
| Figura 2.2. Clasificación de las plantas acuáticas | 20 |
| Figura 3.1. Mapa de Ubicación del Lago de Yahuarcocha | 32 |
| Figura 3.2. Mapa Base del Lago de Yahuarcocha | 34 |
| Figura 3.3. Salida de agua del Lago Yahuarcocha..... | 38 |
| Figura 3.4. Planta de Tratamiento del lago de Yahuarcocha | 38 |
| Figura 3.6. Ubicación de los trasnectos de monitoreo | 40 |
| Figura 3.5. Recolección de datos de campo en el bote acuático | 40 |
| Figura 3.7. Relación entre tamaño del cuadrante de muestreo y número de especies registradas | 42 |
| Figura 3.8. Recorrido y recolección de especies alrededor del Lago de Yahuarcocha..... | 44 |
| Figura 3.9. Identificación de muestras colectadas en el laboratorio LABINAMB | 44 |
| Figura 4.1. Mapa de transectos de muestreo en el lago de Yahuarcocha..... | 50 |
| Figura 4.2. Mapa de Entradas y Salida de Agua del lago de Yahuarcocha | 51 |
| Figura 4.3. Mapa de Climas del lago de Yahuarcocha | 53 |
| Figura 4.4. Mapa Hidrológico del lago de Yahuarcocha | 56 |
| Figura 4.5. Mapa de Tipo de suelos del lago de Yahuarcocha | 58 |
| Figura 4.6. Mapa de Uso Actual del Suelo del lago de Yahuarcocha..... | 59 |
| Figura 4.7. Mapa de Cobertura Vegetal Acuática del lago de Yahuarcocha | 60 |
| Figura 4.8. Mapa de Ecosistemas del área de estudio en el lago de Yahuarcocha..... | 62 |
| Figura 4.9. Proporción porcentual (%) de familias, géneros y especies de macrófitos acuáticos en el lago de Yahuarcocha | 68 |
| Figura 4.10. Comparación fitogeográfica entre los diferentes géneros de macrófitos acuáticos en el lago de Yahuarcocha | 69 |
| Figura 4.11. Comparación fitogeográfica entre los diferentes géneros de macrófitos acuáticos en el lago de Yahuarcocha | 72 |

| | |
|--|----|
| Figura 4.12. Espectro biotipológico de la proporciones de especies en las diferentes formas de crecimiento (fisiotipos) registrados en el lago de Yahuarcocha | 73 |
| Figura 4.13. Esquema de fisiotipos encontrados en la subdivisión Acroleustófitos | 74 |
| Figura 4.14. <i>Azolla Caroliniana</i> A. Estructura de las hojas B. Formando un tapete sobre el agua, en asociación la totora..... | 75 |
| Figura 4.15. <i>Lemna minor</i> A. Estructura de las hojas B. Formando un tapete sobre la orilla, en asociación con <i>H. verticillata</i> | 76 |
| Figura 4.16. <i>Eichhornia crassipes</i> A) Flores B) Hábito libre flotante..... | 77 |
| Figura 4.17. Esquema de fisiotipos encontrados en la biotipo Rizophyta | 78 |
| Figura 4.18. <i>Typha latifolia</i> A) Flores B) Hábito libre | 79 |
| Figura 4.19. <i>Arundo donax</i> A) Hojas B) Hábito libre..... | 80 |
| Figura 4.20. <i>Cyperus papyrus</i> A) Hojas B) Hábito libre | 81 |
| Figura 4.21. <i>Cyperus odoratus</i> A) Hojas B) Hábito libre | 82 |
| Figura 4.22. <i>Schoenoplectus californicus</i> A) Hábito libre B) Inflorescencia | 83 |
| Figura 4.23. <i>Juncus arcticus</i> A) Hábito libre B) Inflorescencia | 84 |
| Figura 4.24. <i>Polygonum hydropiper</i> A) Hábito libre B) Inflorescencia | 85 |
| Figura 4.25. <i>Calceolaria tripartita</i> A) Hábito libre B) Inflorescencia | 86 |
| Figura 4.26. <i>Rumex conglomeratus</i> A) Hábito libre B) Inflorescencia..... | 87 |
| Figura 4.27. <i>Hydrocotyle verticillata</i> A) Hábito libre en asociación con azolla B) Inflorescencia | 88 |
| Figura 4.28. <i>Egeria densa</i> Hábito libre B) Hojas | 90 |
| Figura 4.29. <i>Myriophyllum aquaticum</i> A) Hábito libre B) Hojas | 91 |
| Figura 4.30. . <i>Potamogeton striatus</i> A) Hábito libre B) Extracción mediante gancho | 92 |
| Figura 4.31. <i>Bacopa monnieri</i> A) Hábito libre B) hojas y flor..... | 93 |
| Figura 4.32. Variación temporal de la densidad especies en porcentaje (eje y), en los transectos de muestreo (eje x) de la vegetación acuática en el Lago de Yahuarcocha. A) Época lluvia B) Época Seca..... | 94 |

| | |
|--|-----|
| Figura 4.33. Géneros con mayor número de especies en porcentaje (eje y), en los transectos de muestreo (eje x) durante el periodo de estudio Marzo - Agosto 2015). | 95 |
| Figura 4.34. Porcentaje de la vegetación acuática de acuerdo a su tipo de hábitat en todo el periodo de muestreo en el Lago de Yahuarcocha..... | 97 |
| Figura 4.35. Distribución de la vegetación acuática de acuerdo a su tipo de hábitat en los transectos de muestreo todo el periodo de muestreo en el Lago de Yahuarcocha..... | 98 |
| Figura 4.36. A) Variación temporal del oxígeno disuelto en el Lago de Yahuarcocha B) Variación espacial del oxígeno disuelto en el lago de Yahuarcocha eje x (transectos de muestreo) eje y (valores de oxígeno disuelto mg/L)..... | 103 |
| Figura 4.37. A) Variación temporal de turbidez en el Lago de Yahuarcocha B) Variación espacial de turbidez en el lago de Yahuarcocha eje x (transectos de muestreo) eje y (valores de turbidez expresado en metros)..... | 105 |
| Figura 4.38. A) Variación temporal de la profundidad en el Lago de Yahuarcocha 1. Época lluviosa 2. Época seca B) Variación espacial de la profundidad en los transectos de muestreo lago de Yahuarcocha eje x (transectos de muestreo) eje y (valores de profundidad expresado en metros). | 107 |
| Figura 4,39, A) Variación temporal de la temperatura del agua en el Lago de Yahuarcocha B) Variación espacial del oxígeno disuelto en el lago de Yahuarcocha eje x (transectos de muestreo) eje y (valores de oxígeno disuelto mg/L)..... | 108 |
| Figura 4.40. A) Variación temporal de la conductividad del agua en el Lago de Yahuarcocha B) Variación espacial de la conductividad en el lago de Yahuarcocha eje x (épocas y transectos de muestreo) eje y (valores de conductividad)..... | 110 |
| Figura 4.41. A) Variación temporal del pH el Lago de Yahuarcocha B) Variación espacial del pH en el lago de Yahuarcocha eje x (transectos de muestreo) eje y (valores de pH)..... | 111 |
| Figura 4.42. A) Variación temporal de Nitrato N-NO ₃ -N el Lago de Yahuarcocha B) Variación espacial del Nitrato N-NO ₃ -N en el lago de Yahuarcocha eje x (transectos de muestreo) eje y (valores de nitrato expresado en mg/L)..... | 112 |

| | |
|---|-----|
| Figura 4.43. A) Variación temporal de Nitrito NO ₂ -N el Lago de Yahuarcocha B) Variación espacial del Nitrito NO ₂ -N en el lago de Yahuarcocha eje x (transectos de muestreo) eje y (valores de nitrito expresado en mg/L)..... | 114 |
| Figura 4.44. A) Variación temporal de Fosfatos PO ₄ - el Lago de Yahuarcocha B) Variación espacial de Fosfatos en el lago de Yahuarcocha eje x (épocas y transectos de muestreo) eje y (valores de Fosfato expresado en mg/L)..... | 115 |
| Figura 4.45. A) Variación temporal de Sulfatos SO ₄ - el Lago de Yahuarcocha B) Variación espacial de sulfatos en el lago de Yahuarcocha eje x (épocas y transectos de muestreo) eje y (valores de Sulfatos expresado en mg/L)..... | 117 |
| Figura 4.46. A) Variación temporal de la temperatura del aire en el Lago de Yahuarcocha B) Variación espacial de la temperatura del aire en el Lago de Yahuarcocha eje x (épocas y transectos de muestreo) eje y (valores de temperatura expresado en °C) | 118 |
| Figura 4.47. A) Variación temporal de la humedad relativa en el Lago de Yahuarcocha B) Variación espacial de la humedad relativa en el Lago de Yahuarcocha eje x (épocas y transectos de muestreo) eje y (valores de temperatura expresado en %) | 119 |
| Figura 4.48. A) Variación temporal de la luminosidad en el Lago de Yahuarcocha B) Variación espacial de la luminosidad en el Lago de Yahuarcocha eje x (épocas y transectos de muestreo) eje y (valores de lux) | 120 |
| Figura 4.49. Índice de diversidad de Shannon aplicado a la vegetación macrofítica en el Lago de Yahuarcocha. A) transectos de muestreo B) Épocas de muestreo | 122 |
| Figura 4.50. Índice de diversidad de Simpson aplicado a la vegetación macrofítica en el Lago de Yahuarcocha. A) Transectos de muestreo B) Épocas de muestreo | 123 |
| Figura 4.51. Índice de riqueza de Margalef aplicado a la vegetación macrofítica en el Lago de Yahuarcocha. A) Transectos de muestreo B) Épocas de muestreo | 124 |
| Figura 4.52. Índice de equidad de Pielou aplicado a la vegetación macrofítica en el Lago de Yahuarcocha. A) Transectos de muestreo B) Épocas de muestreo.... | 125 |

| | |
|---|-----|
| Figura 4.53. Modelo de mapa de distribución de especies acuáticas en el Lago de Yahuarcocha..... | 128 |
| Figura 4.54. <i>Myriophyllum aquaticum</i> | 132 |
| Figura 4.55. <i>Schoenoplectus californicus</i> | 132 |
| Figura 4.56. <i>Lemna minor</i> | 134 |
| Figura 4.57. <i>Eichhornia crassipes</i> | 134 |
| Figura 4.58. <i>Bacopa monnieri</i> | 135 |
| Figura 4.59. <i>Eichhornia crassipes</i> | 135 |
| Figura 4.60. <i>Eichhornia crassipes</i> | 136 |
| Figura 4.61. <i>Bacopa monnieri</i> | 136 |
| Figura 4.62. Partes de una planta acuática | 137 |
| Figura 4.63. <i>Ardea alba</i> y <i>Myriophyllum aquaticum</i> | 141 |
| Figura 4.64. <i>Procambarus clarkii</i> y <i>bacopa monnieri</i> | 141 |
| Figura 4.65. Deterioro de especie <i>Eichhornia crassipes</i> | 142 |
| Figura 4.66. Extracción de la especie <i>Schoenoplectus californicus</i> y <i>Typha latifolia</i> | 142 |
| Figura 4.67. Colección de especies acuáticas en el Lago de Yahuarcocha..... | 196 |

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

El Ecuador se caracteriza por contar con lagos de gran importancia tanto en páramos altoandinos como en los valles interandinos, estos proveen de diferentes beneficios a la sociedad entre los cuales se puede destacar su belleza escénica, importancia para el turismo, alta diversidad, provisión de hábitat acuático y litoral; y alimento para una gran diversidad de organismos asociados al sistema léntico. Los cuerpos de agua cumplen su dinámica y productividad dependiendo de diferentes variables limnológicas de importancia bióticas como abióticas; la profundidad y superficie, altitud y posición geográfica respecto al ambiente o régimen climático local en la parte abiótica y dentro de la parte biótica todos los organismos pertenecientes a la cadena trófica que se desarrollan tanto en el interior como en la parte exterior de un sistema lacustre léntico (Casallas G. & Günter , 2001; Kiersch, Mühleck, & Günter, 2004).

La provincia de Imbabura se conoce por poseer ecosistemas acuáticos diversos, de pequeño tamaño generalmente, e incluidas en cuencas hidrográficas muy grandes. El Lago de Yahuarcocha o antiguamente llamado Caranqui Cocha es conocido por su belleza paisajística, historia, turismo, gastronomía, entre otros. La gran demanda de las diferentes actividades que ocurren en el interior del lago y en sus alrededores como actividades de industria, domésticas, agricultura y recreación; ha llevado a que este ecosistema se vea

afectado ocasionando un cambio en la dinámica y en el comportamiento de las formas de vida que se desarrollan ahí, convirtiéndose en un espacio vulnerable para el proceso de eutrofización el cual afecta directamente a la fauna y flora (Meerhoff & Mazzeo, 2004; Plan de Manejo, 2012).

Las macrófitas o plantas acuáticas comprenden un grupo muy variado el cual se ha adaptado parcial o totalmente a la vida de agua dulce y cumplen con un papel esencial en estos ecosistemas, además de tener la propiedad de su alta captación de nutrientes, constituye interacciones y proporción de hábitat a otros organismos pertenecientes a la cadena trófica (García, Fernández, & Cirujano, 2010). Las plantas acuáticas se encargan de purificar el agua y extraer los compuestos que resulten tóxicos, son bioindicadores para el monitoreo de contaminación ambiental ya que al proliferar en un ecosistema de manera excesiva estos pueden llegar a afectar a las comunidades biológicas (Villabona-González, Aguire, & Estrada, 2010).

A nivel mundial se han realizado diversos estudios en cuanto a plantas acuáticas tanto en sistemas lóticos como lénticos. Debido a que estos organismos condicionan las propiedades físico-químicas del agua y la estructura de otras comunidades bióticas, y se caracterizan por tener complejas asociaciones con diferentes grupos de organismos e influir en su distribución, los estudios se han centrado en sus características y naturaleza en cuerpos de agua, relación de crecimiento y capacidad de asimilación de nutrientes, dispersión y formas de control de especies consideradas malezas y la distribución en relación a factores que inciden en un ecosistema (Ramos & Novelo, 1993; Durán *et al.*, 2010; Villabona-González, Aguire, & Estrada, 2010; Blomme, 2014).

En la actualidad se realiza investigaciones dirigidas al control de macrófitos, con el fin de mejorar la gestión de ecosistemas acuáticos, también se buscan alternativas para el manejo y conservación de macrófitas y, se enfatiza la necesidad de iniciar programas regionales de investigación en esta disciplina (Durán *et al.*, 2010; Acosta-Arce & Agüero-Alvarado,

2006). En este contexto los estudios limnológicos orientados hacia el campo de la vegetación macrofítica son escasos en nuestro país en relación a otros lugares, pero existen trabajos como lo menciona Kiersch *et al.*, 2004 que analizan a la vegetación acuática en algunos lagos alto-andinos y el potencial que estos tienen como bioindicadores de eutrofización. Los estudios de plantas acuáticas que se han realizado en la costa ecuatoriana constituyen solo inventarios preliminares de este grupo de especies (Terneus, 2002; Ardilla, 2009).

Los lagos, lagunas y otros cuerpos de agua presentan diversos tipos de deterioro, entre estos la extracción de la vegetación circundante, contaminación por agroquímicos y eutrofización. Otros factores de alteración son la caza, la pesca incontrolada, infraestructura turística y urbanización. En los últimos años el incremento en contaminación de cuerpos de agua se debe al manejo inadecuado de las aguas residuales de origen industrial y urbano; como también la muerte progresiva de especies vegetales y animales. Lo antes expuesto produce la eutrofización de ecosistemas acuáticos, cambio de propiedades físico químicas del agua, alteración de los organismos vegetales y animales (León & Peralta, 2009; Flor-Arnau, Sánchez, & Velasco i Batlle, 2013; Marindueña *et al.*, 2011).

Estudios realizados en el Lago Yahuarcocha indican que existe un alto grado de contaminación, los cuales con el transcurso del tiempo están llegando a niveles críticos, generando así que el agua sea de mala calidad (Erazo C. & Jaramillo T., 2005). Este lago es receptor de descargas de aguas residuales las cuales provienen de actividades agrícolas y domésticas sin un tratamiento previo, aportando a un aumento de nutrientes. Estos problemas han llevado a la eutrofización progresiva del sistema lacustre, reducción del nivel del cuerpo de agua y expansión de las plantas acuáticas; produciendo un nuevo tipo de hábitat, muy susceptible a cambios en sus parámetros físicos químicos y biológicos (Fernández-Alález *et al.*, 1984; Kiersch, Mühleck, & Günter, 2004; Durán *et al.*, 2010; Marindueña *et al.*, 2011; Plan de Manejo, 2012).

Uno de los principales problemas que se ha evidenciado en el lugar de estudio además de los antes mencionadas, en el lago se realiza la extracción de plantas acuáticas por medio del dragado, lo cual ha propiciado la pérdida de especies nativas y el crecimiento de plantas invasoras. Al no existir un estudio específico sobre las características y el tiempo de crecimiento de cada especie acuática en este sistema, no se estableció un criterio técnico adecuado para su extracción. Junto a esto, en el año 2014 la máquina de dragado se hundió en el lago y con esto el derrame de 20 galones de diésel y 7 de aceite, estimando una contaminación del 10% por parte de las autoridades del cantón (Ecuavisa, 2014).

Dada la profunda alteración que sufren los recursos acuáticos en el lago de Yahuarcocha y debido al conocimiento fragmentado que se tiene sobre la vegetación acuática del sistema lacustre, surgió este trabajo, cuyo objetivo principal es contribuir al conocimiento de la vegetación acuática existente en el Lago de Yahuarcocha; además con la información obtenida se podrá tener un enfoque comunitario y ecosistémico acerca del papel que cumple esta vegetación en el funcionamiento del lago; con los resultados obtenidos se estableció estrategias básicas de manejo y conservación. Esta investigación se realizó con el apoyo del proyecto South Initiative perteneciente a la Universidad Técnica del Norte en cooperación con la el programa VLIR de Bélgica el cual estudia actualmente los lagos andinos de Yahuarcocha y Mojanda (Meerhoff & Mazzeo, 2004; Moreta, 2008; Ramos & Novelo, 1993).

1.1. Objetivos

A continuación se detallan los objetivos de la presente investigación.

1.1.1. Objetivo General:

Evaluar la distribución y características de la vegetación macrofítica en el Lago de Yahuarcocha.

1.1.2. Objetivos Específicos:

- Caracterizar las condiciones bióticas y abióticas actuales del Lago de Yahuarcocha.
- Identificar la vegetación macrofítica asociada al Lago de Yahuarcocha.
- Determinar la distribución de la vegetación macrofítica en relación a los parámetros físicos, químicos y biológicos.
- Proponer estrategias de manejo y conservación en el Lago de Yahuarcocha en base a la vegetación macrofítica.

1.2. Pregunta Directriz

Para la investigación del proyecto se planteó la siguiente pregunta directriz.

- ¿Con la información de la zonificación de las macrófitas incluyendo parámetros biológicos y botánicos es posible proponer estrategias básicas de manejo y conservación en el Lago de Yahuarcocha?

CAPÍTULO II

2. REVISIÓN DE LITERATURA

En este capítulo se muestra una revisión sobre investigaciones afines extraídas de libros, revistas científicas y documentos especializados que sustentan y fundamentan esta investigación, además esta recopilación de literatura proporciona las bases específicas para apoyar los objetivos planteados.

2.1. Marco Legal

La investigación realizada se enmarca dentro de los artículos de la Constitución de la República del Ecuador 2008 y en los objetivos del Plan Nacional del Buen Vivir 2013 - 2017, los cuales dan la base legal para investigaciones en cuerpos de agua dentro del Ecuador.

2.1.1. Constitución de la República del Ecuador

La Constitución política del Ecuador es la norma suprema de la república del Ecuador (Cordero & Vergara, 2008). Se encarga de proporcionar el marco para la organización de Estado ecuatoriano, y la relación del gobierno con la ciudadanía. En lo que refiere a este tema de investigación se mencionan las siguientes leyes.

Título II

Derechos

En el Capítulo segundo de los Derechos del buen vivir, dentro de la sección primera agua y alimentación, el Art. 12 señala que el derecho humano al agua es fundamental e irrenunciable. El agua constituye patrimonio nacional estratégico de uso público, inalienable, imprescriptible, inembargable y esencial para la vida.

Título VI

Régimen de Desarrollo

En el art. 276 del capítulo primero, en su objetivo 4 menciona recuperar y conservar la naturaleza y mantener un ambiente sano y sustentable que garantice a las personas y colectividades el acceso equitativo, permanente y de calidad al agua, aire y suelo, y a los beneficios de los recursos del subsuelo y del patrimonio natural.

En el art. 318 del capítulo quinto se menciona que el agua es patrimonio nacional estratégico de uso público, dominio inalienable e imprescriptible del Estado, constituye un elemento vital para la naturaleza y para la existencia de los seres humanos, así como se prohíbe toda forma de privatización del agua.

Título VII

Régimen del Buen Vivir

En el capítulo segundo de biodiversidad y recursos naturales, sección tercera trata sobre el patrimonio natural y ecosistemas en donde en el Art. 406 se menciona que el estado regulará la conservación, manejo y uso sustentable, recuperación, y limitaciones de dominio de los ecosistemas frágiles y amenazados; entre otros, los páramos, humedales, bosques nublados, bosques tropicales secos y húmedos y manglares, ecosistemas marinos y marinos-costeros.

En el mismo capítulo, sección sexta trata del agua en el cual el Art. 411 menciona que el Estado garantizará la conservación, recuperación y manejo integral de los recursos hídricos, cuencas hidrográficas y caudales ecológicos asociados al ciclo hidrológico. Se regulará toda actividad que pueda afectar la calidad y cantidad de agua, y el equilibrio de los ecosistemas, en especial en las fuentes y zonas de recarga de agua. La sustentabilidad de los ecosistemas y el consumo humano serán prioritarios en el uso y aprovechamiento del agua. En la misma sección el Art. 412 menciona que la autoridad a cargo de la gestión del agua será responsable de la planificación, regulación y control. Esta autoridad cooperará y se coordinará con la que tenga a su cargo la gestión ambiental para garantizar el manejo del agua con un enfoque ecosistémico.

2.1.2. Plan Nacional del Buen Vivir 2013 - 2017

El plan fue elaborado por la SENPLADES (Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo), el cual plantea nuevos retos orientados hacia la materialización y radicalización del proyecto de cambio de la revolución ciudadana (SENPLADES, 2013). Los objetivos que se enmarcan dentro de la presente investigación son los siguientes:

Objetivo 7

Garantizar los derechos de la naturaleza y promover la sostenibilidad ambiental territorial y global.

Política 7.2

Conocer, valorar, conservar y manejar sustentablemente el patrimonio natural y su biodiversidad terrestre, acuática continental, marina y costera, con el acceso justo y equitativo a sus beneficios.

Lineamientos estratégicos

7.2 Literal b.- Fortalecer los instrumentos de conservación y manejo in situ y ex situ de la vida silvestre, basados en principios de sostenibilidad, soberanía, responsabilidad intergeneracional y distribución equitativa de sus beneficios.

7.2 Literal m.- Fomentar la investigación y los estudios prospectivos sobre el uso sustentable y la conservación de la biodiversidad terrestre, acuática y marino-costera.

2.1.3. Ley Orgánica del Régimen Municipal Ibarra vigente año 2009

Artículo 69, Numeral 31

Contiene los deberes y atribuciones del Alcalde: Dictar, en caso de emergencia grave, bajo su responsabilidad, medidas de carácter urgente y transitorio y dar cuenta de ellas al consejo, cuando se reúna, si a este hubiere correspondido adoptarlas, para su ratificación.

Considerando:

Que, La cuenca hidrográfica y la Laguna de Yahuarcocha se hallan en peligro grave de destrucción a causa de los cambios, mala práctica turística, agresión ecológica, impacto negativo del ecosistema y falta de conciencia urbanísticas inducidos de forma descontrolada y acelerada por los seres humanos que habitan en la zona y laderas circundantes.

Que, el abastecimiento de agua a la laguna ha sido afectado por la alteración del régimen climático debido al calentamiento global de la Tierra; por la utilización en el riego; se ha reducido sustancialmente el espejo de agua de la laguna; se ha provocado la falta de oxigenación del agua debido a la contaminación, produciendo contaminación con pérdida de hábitat acuático, extinción de peces, aves y especies vegetales.

Que, la Municipalidad de Ibarra sobre la Laguna de Yahuarcocha, posee un estudio que propone el desarrollo y control de la zona, como “Plan Integral de Yahuarcocha” que data del año 1983, el mismo que a la fecha ya es desactualizado, debido a las dinámicas poblacionales y socioeconómicas, eventos climatológicos y geomorfológicos asociados a amenazas naturales y con las provocadas con las actividades humanas, por lo que se requiere de su actualización, por ello es imprescindible tener un instrumento técnico legal actualizado, que norme el área de intervención, el uso del suelo urbano y rural, el de la cuenca hidrográfica alta, media y baja de la laguna de Yahuarcocha, así como las disposiciones de la ocupación del territorio, dentro de un contexto racional ecológico, paisajístico, cultural e histórico.

Que, se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético y urbanístico de la zona, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados.

Resuelve.- Declarar en emergencia la cuenca hidrográfica baja, mediana y alta de la Laguna de Yahuarcocha; en resolución Nro. 008-DPM, mediante sesión ordinaria realizada el martes 13 de octubre de 2009 la misma que fue ratificada el miércoles 21 de octubre de 2009 (Martínez J. , 2009).

2.2. Ecosistemas Lacustres Lénticos Tropicales

Los sistemas acuáticos y la diversidad existente en ellos son los que menos atención han recibido en los andes tropicales. Un sistema acuático son todas aquellas aguas superficiales que se distribuyen en los continentes dentro de los cuales existen sistemas lóticos y lénticos (Cervantes, 1994; Caríssimo *et al.*, 2013). En este contexto para que un humedal tome este nombre debe tener ciertas características importantes, en primer lugar tener vegetación hidrófila o plantas adaptadas a vivir sobre el agua o cubiertas total o parcialmente de agua;

por otra parte que el suelo sea húmedo o cubierto por agua y finalmente debe tener condiciones ambientales que favorezcan la presencia de humedad, es decir una fuente de agua (ríos, vertientes subterráneas, lluvias) que permitan que los suelos acumulen o mantengan agua, vegetación, entre otros (Moreano, 2008).

Un ecosistema léntico es aquel que se caracteriza por tener un caudal escaso y dentro de estos se encuentran los lagos, estanques, pantanos y embalses (Maldonado *et al.*, 2005; Cerezo, 2008). Los lagos son cuerpos de agua permanente que se ha acumulado en una concavidad de terreno, y se caracterizan por tener al menos 2 m de profundidad; son ecosistemas que tienen dinámicas, flujos y equilibrios que les son propios, y como un ser vivo estos nacen al acumularse el agua en una depresión de terreno, crecen y a lo largo del tiempo por su propia dinámica, se van depositando nutrientes en forma de sedimento, y finalmente mueren luego de mucho tiempo cuando esa depresión se llene y los nutrientes sean liberados a la atmósfera (Moreano, 2008; Benítez, 2013).

La mayoría de lagos tiene áreas relativamente pequeñas y profundidades someras, por lo que la flora litoral es la principal comunidad productora de materia orgánica (Mazzeo, 1999). Estos actúan como un núcleo de diversidad ecológica y biológica, por ello estos tienen un papel esencial en la biosfera y ocupan un papel importante dentro del patrimonio natural (Flor-Arnau *et al.*, 2013). Son principalmente de origen glaciar y tectónico, aunque también son de origen volcánico y fluvial, entre otros; y según la cantidad de nutrientes un lago puede ser de cuatro tipos: oligotrófico, es decir pobre en nutrientes, mesotróficos que quiere decir mediana concentración de nutrientes, eutrófico es decir rico en nutrientes e hipertrófico cuando ya tiene un nivel excesivo de nutrientes (Maldonado *et al.* 2005; Moreano, 2008; Benítez, 2013).

2.2.1. Factores físico-químicos en los lagos y su relación con las plantas acuáticas

Existen diferentes factores que determinan la ubicación de organismos en un ecosistema acuático, y actúan como un filtro, permitiendo así que las especies posean mayor capacidad de supervivencia y reproducción. Por tanto el análisis de factores físico-químicos del medio en el que habitan las especies y la influencia de estas sobre su desarrollo y evolución es de gran importancia (Caríssimo , Del Cero, & Silva, 2013).

2.2.1.1. Conductividad

Medida de capacidad de una solución para conducir corriente eléctrica; es decir la medida de los iones presentes en el agua, la cual es utilizada para evaluar la mineralización global del agua (Arocena & Conde, 1999; Goyenola , 2007). En plantas acuáticas es un factor importante para evaluar la capacidad de modificación de las especies en términos de este y otros factores como pH, temperatura y composición específica del nitrógeno; estas durante el periodo oscuro elevan la conductividad y disminuyen la concentración de oxígeno (Zetina, Pat, Peniche & Sauri, 1998). Además refleja el metabolismo de un sistema acuático y brinda información sobre la productividad primaria y descomposición de materia orgánica, además de la naturaleza geoquímica del terreno (Terneus, 2007).

2.2.1.2. pH

Muestra la presencia de iones hidrógeno disueltos en el agua. El potencial hidrógeno en aguas naturales varía de 6 a 9, al tener valores menores a 4,5 y mayores a 9 los efectos letales aparecen, aunque existen organismos que se han adaptado a estos rangos. Un valor de pH normal depende de las características que presente el ecosistema como la cuenca de drenaje, la fotosíntesis, la oxidación de materia orgánica y transformación química de las sustancias minerales como el aporte de contaminantes al ecosistema lacustre. Los valores extremos de

pH o cambios excesivos pueden provocar situaciones limitantes o acabar con la vida de organismos acuáticos (Conde & Gorga, 1999).

2.2.1.3. Luz

Dentro del punto de vista ecológico se destacan factores importantes como: la radiación ultravioleta ya que es muy energética y altera la organización molecular de los seres vivos, la radiación visible que es captada principalmente por los organismos fotosintéticos y por último la radiación infrarroja que es importante por su fuente de calor. La luz es un factor de gran importancia sobre los seres vivos de los ecosistemas acuáticos de acuerdo a su cantidad, en la intensidad luminosa, la calidad, en la naturaleza de las radiaciones o en el fotoperiodo en cuanto a la duración de los periodos de luz y oscuridad (Caríssimo *et al.*, 2013). Las especies acuáticas tienen la tendencia a ocupar aguas poco profundas debido a la cantidad de luz solar disponible que tienen en las orillas, así estas logran favorecer su crecimiento (Terneus E. , 2002; Hernández, 2009; Luján, 2013).

2.2.1.4. Oxígeno Disuelto

El oxígeno disuelto es un indicador de la carga orgánica al sistema, siendo este usado en las determinaciones de producción primaria. Las altas cantidades de materia orgánica resultan en valores bajos de oxígeno. (Conde & Gorga, 1999). Existen dos elementos fundamentales en el control de la concentración de oxígeno que son la temperatura y la capacidad biológica de un sistema para producir y mineralizar la materia orgánica.

2.2.1.5. Nutrientes

Las macrófitas juegan un papel muy importante en el flujo de energía y ciclos de nutrientes en sistemas lacustres. Durante la fotosíntesis son capaces de incorporar energía en forma de materia orgánica y durante este proceso toman nutrientes del agua, principalmente P y N.

además debido a la captación de nutrientes, modificaciones del medio circundante o por liberación de sustancias antibióticas, son capaces de inhibir el crecimiento y reproducción de otros organismos como algas microscópicas y grupos bacterianos. La textura y la disponibilidad en nutrientes en el sustrato influye en la distribución y riqueza de las especies acuáticas (Terneus, 2007).

- **Nitrógeno**

El nitrógeno es indispensable para el crecimiento de todos los organismos. Aunque el nitrógeno no forme compuestos insolubles este puede ser absorbido a partículas o asociarse a compuestos húmicos (Conde & Gorga, 1999; Parodi & Apurate , 2013). Se ha podido determinar que el aumento en la concentración de nitrógeno en el agua determina un cambio significativo en la vegetación acuática en lagos (Kiersch, Mühleck & Günter, 2004; Echarri, 2007).

- **Fósforo**

Es un elemento esencial para la vida, necesario para el crecimiento y fundamental en el metabolismo de plantas y animales (Benítez, 2013). El fósforo es constituido como un nutriente limitante en la producción primaria, siendo así determinante del estado trófico de los mismos. La erosión de los suelos, los vertidos urbanos y agrícolas, y la descomposición de los detritos orgánicos son la fuente principal de fósforo y nitrógeno; al aumentar estos elementos se produce una explosión de fitoplancton y algas logrando así reproducirse de forma excesiva aumentando su biomasa y generando un desequilibrio en el ecosistema y generando eutrofización (Colmenar, 2002; Parodi & Apurate , 2013).

- **Azufre**

El anión SO_4 es considerado el segundo más importante en un sistema de agua dulce y una de las fuentes principales es la precipitación atmosférica. La alta concentración de sulfato se presenta en lagos volcánicos, manantiales y cuencas cerradas (Conde & Gorga, 1999). Las bacterias reductoras de sulfatos presente en los sedimentos acuáticos o aguas con elevada carga orgánica generan sulfuro de hidrógeno que con presencia de oxígeno, es oxidado a azufre por medio de bacterias que sintetizan materia orgánica a partir de dióxido de carbono y agua usando como fuente de energía la oxidación del sulfuro de hidrógeno (Parodi & Apurate , 2013).

2.2.1.6. Turbiedad

La turbiedad es originada por las partículas que están en suspensión o coloides como: limo, arcilla, tierra finamente dividida, entre otros; es causada por las partículas que forman los sistemas coloidales, es decir las que por su tamaño se encuentran suspendidas causando la reducción de transparencia del agua (Benítez, 2013).

2.2.1.7. Temperatura.

Constituye uno de los factores de distribución de los organismos en zonas templadas (Luján, 2013). La productividad de un ecosistema acuático depende de la luz, la temperatura y la cantidad de nutrientes (Caríssimo *et al.*, 2013). La temperatura no explica diferencias significativas en cuanto a la composición florística de especies acuáticas, aunque este factor constituye gran importancia en los procesos metabólicos y reproductivos de las plantas acuáticas (Terneus, 2007). El estudio de la relación entre temperatura y profundidad es importante, ya que permite analizar las relaciones energéticas en el cuerpo de agua, su entorno y sirve para detectar si hay estratificación vertical y en que momento se produce (Dadon, 1993; Casallas & Günter , 2001).

2.2.1.8. Profundidad

La profundidad máxima a la cual se desarrollan las plantas refleja la transparencia del agua, por lo cual es un importante indicador del estado trófico. Este parámetro proporciona el valor medio de generación de las plantas acuáticas en función del tiempo y visibilidad del Secchi, pero representa el valor puntual del momento en el que se toma la muestra (Kiersch *et al.*, 2004). Los ecosistemas lénticos tienen una tasa de renovación lenta, lo cual se asocia a la circulación de nutrientes y oxígeno, productividad y eutrofización. Esta última se asocia cuando los iones de fósforo y nitrógeno, causan el crecimiento excesivo de plantas acuáticas y algas, los cuales por su actividad fotosintética causan cambios físico químicos en el agua, con oscilación en la concentración de pH en el día y noche; junto a esto diferencias de temperaturas entre la superficie y el fondo; como se muestra en la figura 2.1.

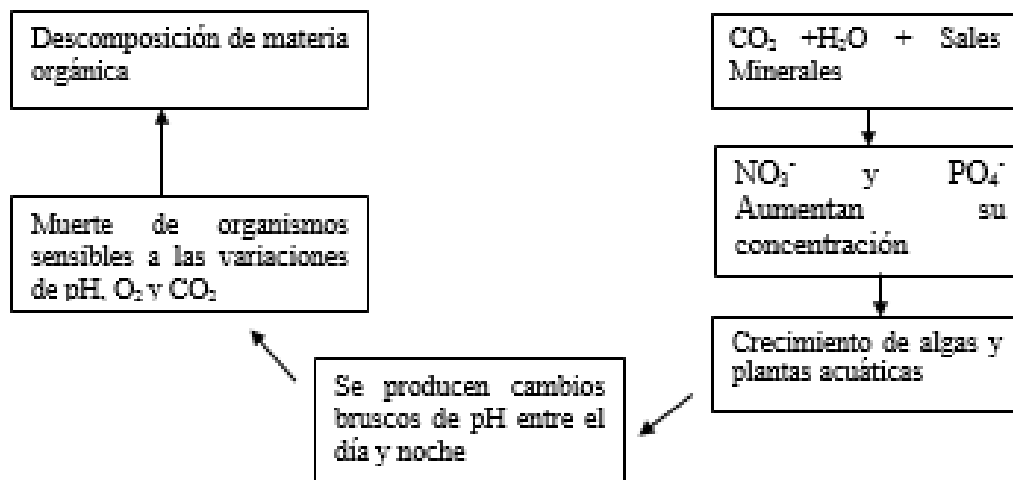


Figura 2.1 Esquema de eutrofización y efectos sobre plantas acuáticas

Fuente: (Benítez, 2013; Luján, 2013)

2.2.2. Factores biológicos en los lagos y su interacción con plantas acuáticas

La limnología estudia además de los factores físicos, se centra en gran parte en los biológicos, es decir, los organismos, su autoecología y las comunidades. Estos se distribuyen en el espacio diferencialmente y tiene características ecológicas particulares en los ecosistemas acuáticos. En este sentido se contempla la ecología del fitoplancton; el zooplancton; las algas del bentos; plantas acuáticas; los invertebrados bentónicos; los peces, los demás vertebrados en relación con los ecosistemas acuáticos, las bacterias y hongos (Colmenar, 2002; Walker, 2005). Los diferentes organismos biológicos actúan como un indicador de estado trófico en los lagos; ya que los organismos que habitan en ellos se adaptan a condiciones extremas para la vida o mueren debido al estado del ecosistema; debido a esto es importante estudiar cada uno de los organismos de los ecosistemas lacustres ya que constituyen unos sensores excelentes y unos buenos registradores de cambios ambientales del pasado y presente (Ventura, 2008).

Muchos organismos microscópicos y macroscópicos, habitantes de los sistemas acuáticos, precisan la vegetación de ribera para refugiarse, nidificar o buscar alimento. Su presencia por esto, constituye un factor esencial que determina la estructura y composición de las comunidades acuáticas. Igualmente la presencia de la zona bentónica es importante para el establecimiento de un gran número de macroinvertebrados que desaparecen en las zonas más profundas (Cerezo, 2008).

Finalmente, los lagos poseen un valor ecológico, económico, social; además de ser importante como fuente de agua, poseen gran diversidad en los diferentes estados tróficos. Muchas de las especies de plantas y animales que los habitan no se encuentran en ningún otro lugar y ellos se congregan temporalmente varias especies de aves migratorias; algunos lagos son sitios y refugio de reproducción de una gran cantidad de animales amenazados e inclusive en algunos casos constituyen un hábitat para algunos mamíferos (Caríssimo *et al.*, 2013).

2.3. Macrófitas

El término macrófitas son plantas de ecosistemas acuáticos que son visibles a simple vista en donde se encuentran las plantas vasculares (cormofitos), briofitos, macro algas (algas caráceas y de otros grupos) que están dentro del grupo de los hidrófitos y por otra parte se encuentran los heliófitos donde están las cianobacterias (Durán, 2010) Mazzeo (1999) considera a las hidrófitas como las plantas cuyas partes vegetativas están sumergidas o flotando pero excluyendo las emergentes, y sobreviven las estaciones desfavorables son yemas sumergidas. La definición más utilizada y adoptada fue por Cook (1990) que considera a las macrófitas o hidrófitas todas aquellas formas vegetales que crecen en el agua, suelos cubiertos o generalmente saturados de agua.

Las plantas acuáticas se reproducen sexual o asexualmente, aunque la mayoría lo hace asexualmente es decir por crecimiento vegetativo, y muchas de las cuales también son útiles de reserva invernal o de mecanismo de dispersión que pueden ser aéreo, acuático y animal (Durán, 2010). Hidrófitos y heliófitos cumplen un rol ecológico de productores primarios es decir que inician la cadena trófica porque son los que se encargan de incorporar la materia orgánica. Al mismo tiempo dan alimento a herbívoros y oxigenan el medio acuático. Las partes emergentes de las plantas que mueren al caer incorporan nutrientes y materia orgánica al sustrato, lo que al atrapar más sedimentos hace que la profundidad del agua varíe y permiten la introducción de otras especies respondiendo de una forma negativa al estado normal del ecosistema (Vila et al., 2006).

2.3.1. Distribución de las Macrófitas

La densidad de las plantas acuáticas se encuentra en relación al área litoral, condiciones topográficas y estado de eutrofización del agua. Por lo general los lagos muy eutrofizados constituyen un medio adecuado para el crecimiento abundante de estos y otros organismos como macroinvertebrados, zooplancton, perifiton y el desove de algunos peces pues se

convierten en zonas de alta productividad, aunque consecuentemente el exceso de eutrofización puede traer problemas a la calidad del agua (Roldán & Ramírez, 2008). La distribución horizontal que poseen los estos organismos por lo general están acompañados de una estratificación lo que quiere decir que su densidad poblacional por estratos ayuda a poder definir los tipos diferentes de vegetación y por ende la competencia de naturaleza trófica que poseen las especies.

2.3.2. Clasificación de las Macrófitas

Existen diferentes criterios acerca de la clasificación que se le debería dar a las plantas acuáticas debido a que son un grupo muy heterogéneo de formas vegetales. Muchos botánicos han intentado definir sistemas de clasificación biológica precisa y entendible para el lector. Dentro de las formas de vida de las plantas acuáticas y de humedales Conde & Gorga (1999) menciona la clasificación general modificada que refiere a Heliófitas como las plantas esencialmente terrestres cuyas partes fotosintéticas pueden tolerar periodos sumergidos o flotando en el agua y a las Hidrófitos las plantas fisiológicamente ligadas al agua y que al menos una parte de su ciclo generativo está dentro o en la superficie del agua.

La clasificación más aceptada y utilizada actualmente es la que menciona Acosta-Arce & Agüero-Alvarado (2006), Moreano (2008) y Roldán & Ramírez (2008) los cuales agrupan a las plantas acuáticas de acuerdo a su hábitat o medio de vida en flotantes, sumergidas y emergentes (Figura 2.2).

- **Plantas Flotantes.**- Son aquellas que posee la mayoría de tallos y hojas en o por encima de la superficie del agua, sin tener un sistema de fijación al sustrato. Este tipo de plantas toman directamente los nutrientes del agua a través de la pared celular o mediante un bien desarrollado sistema radicular. El nivel de un mantenimiento adecuado de agua es esencial para su crecimiento.

- **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, son generalmente rígidas y no dependen de esta para su soporte. Muchas especies no son necesariamente acuáticas, pero pueden vivir en suelos o sumergidas por periodos considerables.
- **Plantas sumergidas.**- la mayor parte del tejido vegetativo se encuentra en la parte de debajo de la superficie del agua y cumplen todo su ciclo biológico dentro del agua, pero sus flores pueden salir a la superficie. Se encuentran arraigadas por medio de un sistema radical o bien adherido al fondo por órganos especiales.
- **Algas.**- también llamadas plantas vasculares unicelulares o filamentosas sin diferenciación de tejidos, los cuales no están en la superficie del agua o debajo de ella.

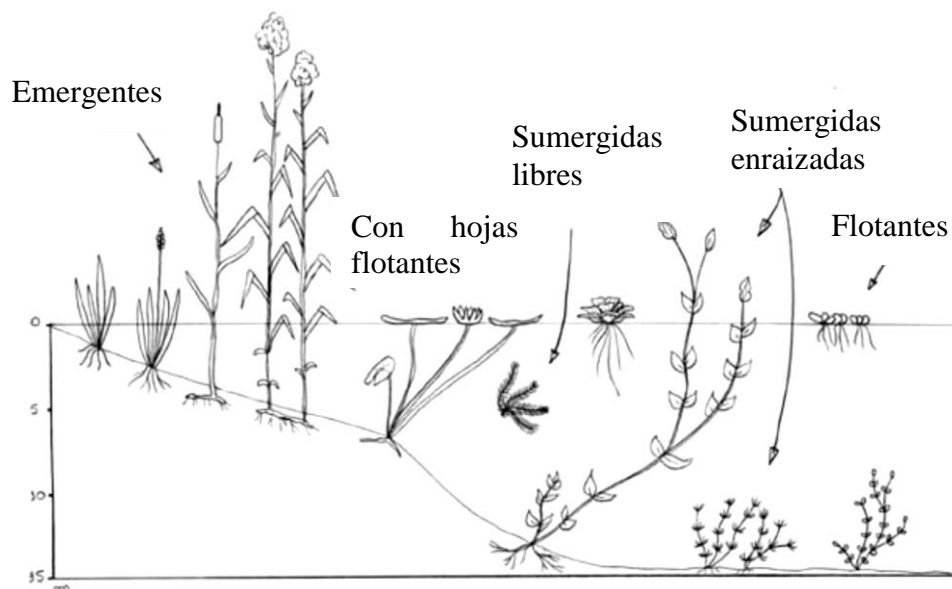


Figura 2.2. Clasificación de las plantas acuáticas
Fuente: (Moreano, 2008; Roldán & Ramírez, 2008)

Por otro lado (Schmidt-Mumm, 1998) menciona que desde el año 1895 se ha realizado la clasificación de macrófitos por forma de vida o “biotipos” y formas de crecimiento o “fisiotipo”, según los biotipos la vegetación acuática se divide en una serie de categorías amplias que se relacionan con el nivel del agua y sustrato, mientras que los fisiotipos consideran a las macrófitas según sus estructuras comparables y similitudes en relación al ambiente físico.

2.4. Importancia del estudio de Macrófitas

Hasta los años 50´ se creía que las macrófitas cumplían un papel pequeño en la dinámica de los ecosistemas lacustres y su estudio fue de bajo interés dentro de la investigación limnológica, sin embargo la profundización de conocimientos en los trópicos ha demostrado el importante papel que cumple la vegetación acuática en los ecosistemas (Lira, 2011). A nivel mundial se han realizado estudios de plantas acuáticas como indicadores biológicos. La Confederación Europea menciona algunos seminarios que tienen por objetivo monitoreo de las especies y aplicación de los resultados como elementos de calidad biológica que sea útil para establecer estado ecológico, determinación de métodos de muestreo y análisis adecuados (Cirujano *et al.*, 2005; Enríquez, 2013).

Meerhoff & Mazzeo (2004) menciona que la especie *E. crassipes* especie de origen sudamericano al relacionarla a su nivel de crecimiento y la asimilación con los nutrientes como su forma de dispersión se consideran como malezas en sistemas tropicales y subtropicales en África, Asia, Norte América y partes de Sudamérica. El estudio de las propiedades de cada una de las especies acuáticas es muy importante ya que al saber si es considerada o no una maleza acuática se podrá tomar medidas pertinentes en el ecosistema en estudio. Diferentes estudios han evidenciado la relación entre parámetros ambientales y la presencia de macrófitas existiendo un gran número de plantas que son bioindicadoras (Kiersch, Mühleck, & Günter, 2004). Cabe resaltar que la mayoría de estudios se han realizado en zonas templadas pero poca información en los lagos de zonas tropicales de

América Latina, por ese motivo se hace necesario un estudio más exhaustivo de limnología tropical.

En Sudamérica existen más de 400 géneros de plantas vasculares reconocidas como acuáticas las cuales se agrupan de acuerdo a su forma de vida en plantas enraizadas y plantas no enraizadas o flotantes libres flotantes libres (Meerhoff & Mazzeo, 2004). A pesar de que hay información sobre las especies vegetales el número de índices utilizados para determinar el estado ecológico o grado de conservación en ecosistemas de Sudamérica y nuestro país es escaso, por eso la oportunidad de usar el gran potencial que tienen estos organismos como una herramienta de control de calidad es de suma importancia (Arнау *et al.*, 2013).

Debido a la poca información que se ha aplicado con un enfoque comunitario y ecosistémico sobre el papel de la vegetación acuática en el funcionamiento de los lagos tanto a nivel mundial como en Sudamérica se hace necesario estudiar sobre las macrófitas en cuanto a su distribución de las especies determinantes de factores de crecimiento y descomposición de biomasa, función de los macrófitos en el mantenimiento de la estructura y funcionamiento en medios acuáticos. En un segundo enfoque, los estudios de vegetación son para gestionar y controlar el crecimiento excesivo de la vegetación acuática cuando interfiere en los diferentes usos de los ecosistemas acuáticos. Una de las características importantes que poseen las macrófitas es el alto consumo de nutrientes; hay especies se utilizan en tratamientos de aguas residuales o efluentes industriales a nivel mundial; en Sudamérica existen especies que se han utilizado como bioindicadores para el monitoreo de contaminación (Meerhoff & Mazzeo, 2004).

La mayor parte de estudios que se ha podido ver son centrados a la carga de nutrientes que poseen las especies y como eso puede beneficiar o afectar al ecosistema en que se encuentre ya que puede causar efectos directos e indirectos a otras comunidades como el fitoplancton, zooplancton, peces entre otros. Es importante implantar medidas en cuanto a las especies acuáticas como una herramienta en programas de conservación o recuperación del ecosistema

en estudio; ya que Yahuarcocha actualmente está considerado como un lago hipertrófico el manejo adecuado de las macrófitas serán de gran ayuda para mejorar las condiciones ambientales y de las comunidades que interactúan con estos organismos (Plan de Manejo, 2012).

Las Macrófitas tanto a nivel mundial como local presenta un sin número de aplicaciones como purificación de aguas servidas domésticas, remoción de nutrientes de aguas contaminadas, oxigenación de sustratos subacuáticos, alimento humano, fuente energética para producción de biogás, indicadores ecológicos en cuanto a contaminación, artesanías, fuente de proteínas, entre otros (Acosta-Arce & Agüero-Alvarado, 2006). El manejo de las especies no solo será útil para reducir el nivel de nutrientes en el agua, sino que también podrá controlar la densidad poblacional de otras comunidades que podrían alterar el estado del ecosistema.

2.5. Las macrófitas como indicadores de estado ecológico de lagos

Las plantas acuáticas ocupan un papel muy importante en la estructura y en el funcionamiento de los lagos, y mediante su estudio resulta ser un factor clave para el establecimiento de estrategias de manejo y conservación. Las macrófitas se caracterizan por adaptarse de forma total o parcial en la vida de agua dulce; constituye una fuente considerable de materia orgánica, ocupa una gran importancia en el metabolismo de lagos, pudiendo regular por sí mismo la concentración de sustancias disueltas (Fernández-Aláez *et al.*, 1984).

Cuando crecen de forma excesiva estos organismos pueden perjudicar a las actividades humanas y llegar a convertirse en maleza, perjudicando así también al estado normal del ecosistema. Por otra parte cuando las macrófitas se encuentran en densidades normales tienen un diferentes beneficios para los ecosistemas como producción de oxígeno, hábitat adecuado para otros organismos condicionando las propiedades físico químicas del agua, purificación de agua al extraer compuestos tóxicos, biomineralización y reciclaje de nutrientes, también

contribuyen en la productividad y los procesos de depuración de agua (Moreta, 2008; Villabona-González, Aguire & Estrada, 2010).

El uso de macrófitas actualmente es una herramienta de gran valor como indicador del estado ecológico de lagos debido a que son útiles para la detección y seguimiento de presiones físico químicas que produzcan como la reducción de transparencia de agua, variación o cambio de la mineralización, eutrofización, entre otros. Además en cuanto a las presiones hidromorfológicas en los lagos puede indicar la variación de nivel de agua en lagos, el cambio en la duración de periodos de inundación (Cirujano et al., 2005). Las macrófitas promueven la heterogeneidad espacial y temporal que favorece la diversidad de recursos hídricos proporcionan sustrato para la colonización y crecimiento de perifiton, además absorben el exceso de nutrientes disueltos en el agua. Cirujano (2005) menciona que para realizar un análisis de valor indicativo de las plantas acuáticas se debe considerar los factores de acuerdo a su tipo el cual se detalla a continuación:

2.5.1. Hidrófitos

Son indicadores a medio y largo plazo, estas comunidades presentan las condiciones de calidad en meses e incluso años, son sensibles a cambios de calidad fisicoquímica como los nutrientes, temperatura o transparencia. A pesar de que todos los hidrófitos no poseen el mismo valor indicativo su taxonomía es importante para su uso como indicador. Así mismo su valor indicativo en cuanto a abundancia de especies está dado por las variaciones interanuales o anuales, teniendo en cuenta de cada tipo de masa de agua y de realizar un análisis en periodo de tiempo de algunos años.

2.5.2. Heliófitos

Son buenos indicadores de estructuras de riberas, fluviales y lacustres, además sensibles a cambios de calidad de agua como mineralización y nutrientes. Son indicadores a corto hasta

mediano plazo. Es importante para poder evidenciar los indicadores de las macrofitas se debería implementar sistemas indicadores de calidad de agua y así poder determinar el estado ecológico del ecosistema.

2.6. Especies Invasivas o Invasoras

Se considera como especies invasivas a los vegetales transportados por factores naturales o por el hombre a zonas fuera de su distribución natural, consiguiendo establecerse y dispersarse resultando dañinos para los ecosistemas. Una especie invasora no es sinónimo de introducida, ya que esta luego de ser implantada se convierte en plaga en su nueva ubicación, creando poblaciones auto sostenibles sin necesidad de nuevas introducciones. Las plantas acuáticas son llamadas también malezas cuando se convierten en un problema para el manejo y conservación de un ecosistema acuático (Roldán & Ramírez, 2008; Lira, 2011).

La vegetación acuática se considera como perjudicial cuando prolifera fuera de control en los ecosistemas, pudiendo causar daños graves como acumulación de materia orgánica o biomasa en descomposición, dificultades en la navegación, daños en el turismo, deportes acuáticos, pesca; consecuentemente reduce la concentración de oxígeno y promueve la creación de condiciones para la instalación y mantenimiento de poblaciones de insectos y otros organismos no deseados (Meerhoff & Mazzeo, 2004; Lira, 2011; Parodi & Apurate, 2013).

El crecimiento descontrolado de plantas acuáticas se da cuando se introduce una especie o cuando se crea o manipula artificialmente a un ecosistema acuático, se puede mencionar por ejemplo el aumento de nutrientes y las partículas procedentes de la falta de tratamiento de aguas residuales, el mal uso de la cuenca de drenaje, entre otros. Aunque las malezas se consideren un problema también son importantes componentes estructurales de los ecosistemas acuáticos y fundamentales para la dinámica de biocenosis en estos entornos (Lira, 2011; Flor-Arnau *et al*; 2013).

2.6.1. Plantas acuáticas invasivas en el Ecuador

En el Ecuador se pueden encontrar siete especies de plantas acuáticas invasivas según muestra el cuadro 2.1, de las cuales seis son consideradas como nativas y una de ellas tienen carácter de introducida. *Eichornia Crassipes* es la única planta acuática introducida con carácter de invasiva en el Ecuador, pudiendo hallarse en sus tres regiones.

Cuadro 2.1. Especies acuáticas invasivas del Ecuador

| | NOMBRE CIENTÍFICO | NOMBRE COMÚN | ORIGEN |
|---|-------------------------------|---------------------|---------------|
| 1 | <i>Eichornia Crassipes</i> | Jacinto de Agua | Introducida |
| 2 | <i>Ludwigia Peruviana</i> | Ludwigia | |
| 3 | <i>Montia Fontana</i> | Monte de agua | |
| 4 | <i>Myriophyllum Acuaticum</i> | Pluma de Agua | |
| 5 | <i>Oxicaryum Cubense</i> | Junco Cubano | Nativa |
| 6 | <i>Rhizophora Mangle</i> | Mangle | |
| 7 | <i>Salvinia Minima</i> | Lenteja de agua | |

Fuente: (Castillo, 2013)

Elaboración: Autora

2.7. Problemas asociados a las Macrófitas

En los últimos tiempos la propagación de las plantas acuáticas en lagos ha sido alterada por el ser humano y sus actividades en estos ecosistemas. El incremento de nutrientes a los lagos debido a las descargas agrícolas, industriales y domésticas sin un tratamiento adecuado ha sido una de las principales causas de estas alteraciones. Debido al incremento de actividades humanas y la gran demanda que existe por el agua los impactos negativos van creciendo y con ello la alteración de un sistema normal; como consecuencia se puede evidenciar la introducción de especies invasoras y exóticas al ecosistema y la proliferación de especies nativas las cuales causan impactos negativos en sistemas de irrigación, almacenamientos de agua o recuperación ambiental (Durán, 2010)

Uno de los principales problemas al cual se ve asociado las plantas acuáticas es como el cambio climático afecta la ecología y el equilibrio ambiental ya que el retroceso de glaciares disminuye las reservas de agua lo cual fue estudiado por GLOF (Glacial Lake Outburst Floods) (San Martín *et al.*, 2011). Como consecuencia eventualmente los cambios de la estructura de las comunidades biológicas se vera afectada y se vera reflejada en su propagación excesiva ocasionando efectos negativos a nivel de ecosistema lo que quiere decir que no solo afecta a las comunidades biológicas que se desarrollan en el lago sino también a los usos y recursos que ofrecen estos sistemas a la sociedad (Álvarez , Catalán & García de Jalón, 2001; Meerhoff & Mazzeo, 2004).

Existen diferentes efectos en cuanto a la sensibilidad del clima que se ve relacionado con las plantas acuáticas como la disminución en la nubosidad en donde si hubiera un descenso de la nubosidad en el periodo cálido del año, supondría un aumento de la calidad de radiación UV que llega al ecosistema acuático, como efecto siguiente la fotoinhibición de la fotosíntesis, de alteración del metabolismo de las especies y el incremento de fotooxidaciones de sustancias orgánicas disueltas (Álvarez , Catalán, & García de Jalón, 2001).

La disminución del nivel del lago se ve asociado con la zona litoral ya que esta puede variar de nivel significativamente, esta franja suele ser productiva y funciona como una zona de transición entre el ecosistema terrestre y acuático. Los posibles efectos que generan los diferentes factores en los ecosistemas acuáticos aún están en motivo de debate por lo que es necesario extender las investigaciones y conocimientos.

2.8. Estrategias de manejo y conservación

La necesidad de conservación ha llevado a que distintas organizaciones o investigadores ejerzan prioridades para la conservación de la biodiversidad donde se destaca indicadores de riqueza biológica y ecológica en cada lugar; es por ello que el monitoreo y estudio de la

biodiversidad cada día se ha ampliado para ser usado como una herramienta de conservación con una eficacia que tenga mayor éxito (Acosta-Lugo et al., 2010).

Antes de establecer medidas de manejo y conservación para macrófitas se debe tener en cuenta los parámetros que regulen su presencia y desarrollo como la temperatura, la luz solar, los nutrientes, entre otros. Es importante abordar todos los factores que intervienen para así establecer las variables métricas en donde la variación numérica será útil para hacer relación con su ciclo de desarrollo (Durán, 2010). Abordado todos estos parámetros adecuadamente la implementación de estrategias que se aplicarán a las macrófitas que necesiten tratamiento tendrá éxito, y se podrá implementar las medidas necesarias.

El uso de indicadores para una planificación temporal será de gran utilidad para el manejo del lago en estudio (Meerhoff & Mazzeo, 2004). Durán-Suárez *et al.* (2011) explica la importancia de documentar especies acuáticas pues al tener mayor absorción de nutrientes del sustrato, se adaptan al medio a través de diferentes temporadas, lo que permite ampliar registros de diversidad al realizar inventarios; sin embargo se debe tener en cuenta que existen especies que tienden a desaparecer en temporadas invernales donde el espejo de agua aumenta.

Las malezas acuáticas como bioindicador, nos ayudan a realizar una evaluación segura y más confiable de calidad ambiental. Además con ellas se puede generar un sinnúmero de aplicaciones que sean eficaces y también reducir costos en análisis físicos y químicos. (Lira, 2011). Acosta-Arce & Agüero-Alvarado (2006) mencionan que para la elaboración de estrategias y control de malezas acuáticas se debe realizar propuestas que sean de carácter interdisciplinario para el adecuado manejo; es fundamental la selección de las estrategias más apropiadas, que sea compatible con la calidad ambiental y la mejor relación beneficio-costos como se muestra a continuación:

- **Control preventivo.-** La realización de escurrimientos periódicos de reservorios de agua infectados por malezas, prevenir dispersiones de propágulos de malezas mediante métodos cuarentenarios y con programas informativos.
- **Control físico.-** Incluye métodos manuales y físicos como también el uso de fuego. La corta y remoción adecuada de las plantas del seno del agua. Los equipos de control mecánico como el uso de dragas para remover la vegetación y sedimento.
- **Control químico.-** Este método está restringido en muchos países, la aplicación de herbicidas en plantas acuáticas se usa como un método de solución inmediata, pero debe cumplir con requisito como el cuidadoso análisis toxicológico de los herbicidas que el país autorice para su uso, el impacto ambiental potencial, la legislación, entre otros.
- **Control biológico.-** Implica la introducción de un agente biótico entro del área donde una especie de maleza exótica ocurre con la expectativa de que esta provea de un control continuo. Uno de los primeros ejemplos usados para el control biológico fue la introducción del hongo *Cercospora piaropi* para el control de la especie *Eichhornia crassipes*

2.8.1. Manejo Integral

Es este contexto se involucra dos o más alternativas de manejo, bajo un esquema dinámico que responda al seguimiento continuo de las especies que interesa manejar. Un buen inicio consiste en acumular conocimiento mediante guías de identificación sobre plantas acuáticas y su relación con los componentes del ecosistema. Es decir que es necesario entender antes de actuar ya que existe situaciones en donde será necesario no hacer nada, decisión que solo asumirá el profesional que entienda la situación que enfrenta (Acosta-Arce & Agüero-Alvarado, 2006).

Brunner & Beck (1990) menciona que es necesario incrementar métodos novedosos y de fácil acceso para generar valor sobre las plantas acuáticas, la generación de guías prácticas de plantas acuáticas no solo son útiles para incrementar el conocimiento de las personas, sino que con la ayuda de estas sea posible sacar conclusiones prácticas para su mantenimiento; estos nuevos métodos surgen como iniciativas públicas y privadas con el fin de conservar especies que se encuentren en peligro de extinción (Calderón, 2012). Instrumentos técnicos como este son claves para orientar y mejorar las acciones que se emprendan para la restauración de ecosistemas acuáticos; además será útil para estimular la necesidad de ejecutar un trabajo mancomunado entre las instituciones que competen y la comunidad, con el objetivo de efectuar gestiones para el control y la erradicación de las especies de vegetación invasora (Díaz *et al.*, 2012).

San Martín, Pérez, Montenegro, & Álvarez (2011) menciona que la mejor manera de planificar la protección de un ecosistema es conocer su naturaleza y las características de un cuerpo natural, y uno de sus componentes principales son las macrofitas acuáticas en donde se forman hábitats para que organismos vivan. Por otra parte (Durán, 2010) también menciona que es importante avanzar en el conocimiento de los macrófitos con el objeto de evaluar hasta que punto los esfuerzos económicos derivados de su control están justificados, pues la situación actual en lagos es nueva en el contexto de las últimas décadas; los usos del agua, la gestión, procesos y actividades que se desarrollan ahí no permite conocer bien hasta que punto las condiciones actuales están influyendo en la vegetación. Para ello se propone incrementar guías de conocimiento de macrofitas para que influyan en el manejo integral del sistema lacustre.

CAPÍTULO III

3. MATERIALES Y MÉTODOS

En el siguiente contexto se pone en consideración los equipos y materiales utilizados de manera específica durante el desarrollo de este proyecto, además se detallan los procedimientos técnicos para cumplir los objetivos planteados.

3.1. Caracterización del área de estudio

El Lago de Yahuarcocha se localiza al Norte del país, ubicado en los flancos orientales de la Cordillera de los Andes a unos 3 kilómetros al noroeste del cantón Ibarra en la provincia de Imbabura. Se localiza geográficamente en las siguientes coordenadas (Figura 3.1 y 3.2) (Cuadro 3.1.).

| Cuadro 3.1. Coordenadas UTM y coordenadas geográficas del área de estudio | | | | |
|--|----------------|----------|-------------------------|------------|
| | Coordenada UTM | | Coordenadas Geográficas | |
| | X | Y | N | O |
| 1 | 821167 | 10041712 | 0°22'37 N | 78°06'37 O |
| 2 | 823104 | 10041992 | 0°22'46 N | 78°05'51 O |
| 3 | 823909 | 10041586 | 0°22'33 N | 78°05'25 O |
| 4 | 822508 | 10039750 | 0°21'33 N | 78°06'10 O |

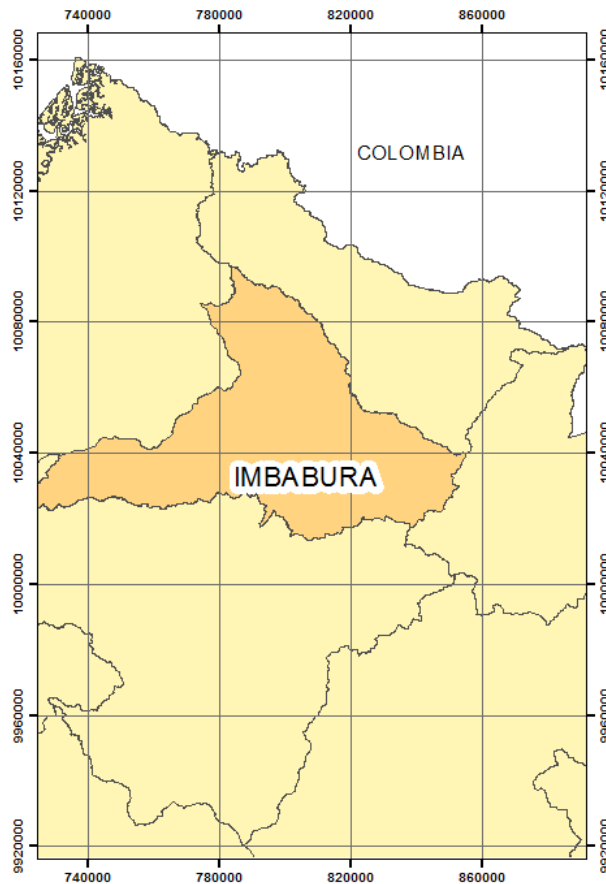
Elaboración: Autora

MAPA DE UBICACIÓN DEL LAGO YAHUARCOCHA

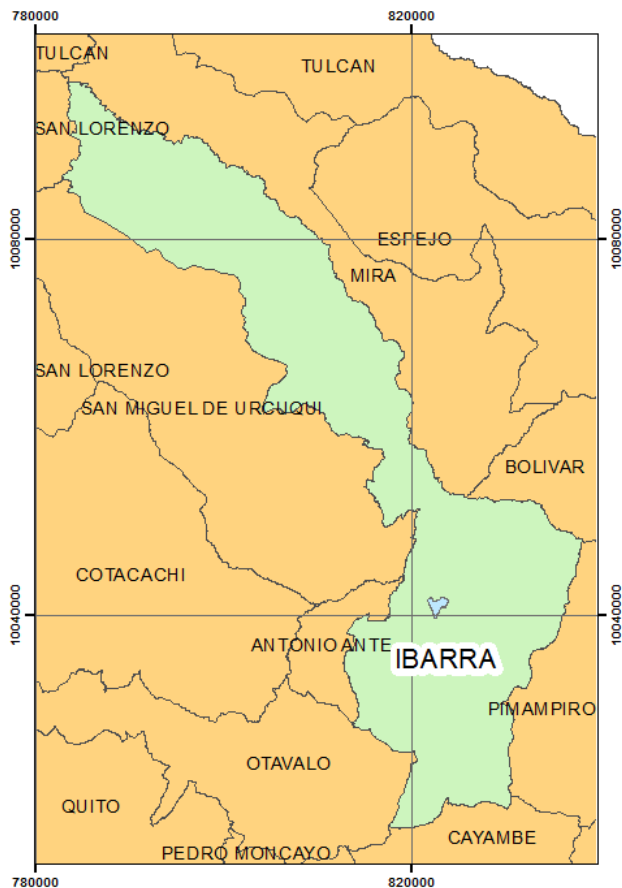
UBICACIÓN NACIONAL



UBICACIÓN PROVINCIAL



UBICACIÓN CANTONAL



LAGO YAHUARCOCHA

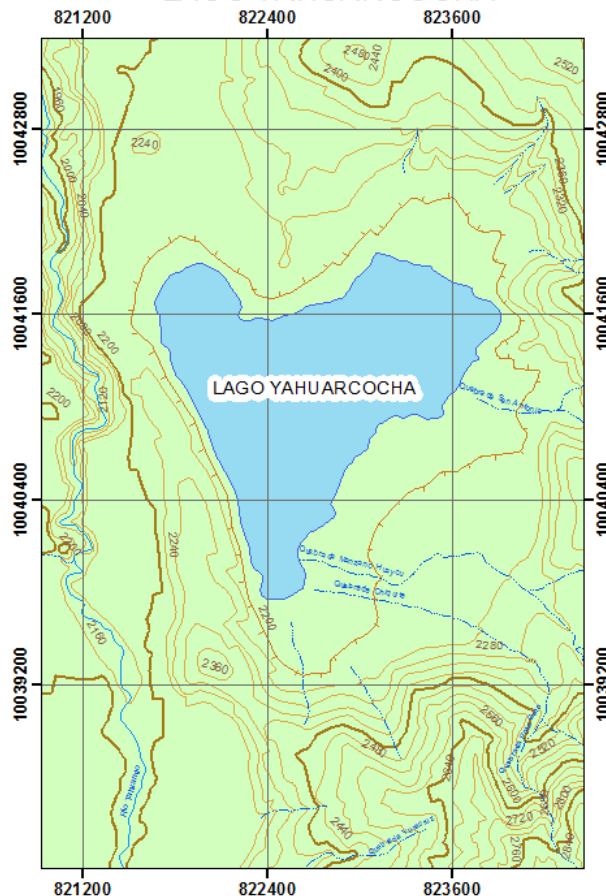


Figura 3.1. Mapa de Ubicación del lago Yahuarcocha
Elaboración: Autora

Estudios realizados en la microcuenca del Lago de Yahuarcocha ofrecen datos morfológicos, los cuales se detallan en el cuadro 3.2.

Cuadro 3.2. Características del Lago de Yahuarcocha

| Parámetro | Yahuarcocha |
|--|-------------|
| Altitud media | 2200 |
| Altitud máxima | 3750 |
| Temperatura máxima (°C) | 25 |
| Temperatura mínima (°C) | 5 |
| Precipitación anual (mm) | 750 |
| Área de la microcuenca(km ²) | 25,07 |
| Área del Lago (km ²) | 2,61 |
| Perímetro (km) | 26,96 |
| Área urbana (%) | 6.07 |
| Plantaciones (%) | 1,86 |
| Área agrícola | 23,64% |
| Páramo | 1,64% |
| Profundidad del Lago (m) | 7.93 |

Fuente:(Pabón *et al.*, 2012; Blomme, 2014)
Elaboración: Autora

En las partes altas corresponde al piso altitudinal del bosque muy húmedo Montano, el cual cuenta con una topografía irregular y un tipo de relieve escarpado, mientras que en las zonas bajas corresponde a una vegetación de bosque seco Montano Bajo. Su clasificación climática se divide en tres tipos dentro de la microcuenca que son ecuatorial mesotérmico semi-húmedo, ecuatorial frío semi-húmedo y ecuatorial frío húmedo; y se ha determinado que existen tres meses ecológicamente secos que van desde junio hasta mediados de Agosto y tres meses de lluvia que va desde marzo hasta mayo (Plan de Manejo, 2012).

El lago de Yahuarcocha posee una forma alargada y se alimenta de forma natural por medio del escurrimiento proveniente de las precipitaciones. Además posee entradas principales que son: las Quebradas de Manzanahuayco-Santo Domingo, Polo Golo y San Antonio, el cual posee un régimen hídrico intermitente, el cual se seca en la época seca del lago; y de forma artificial por medio del Río Tahuando (Maridueña et al., 2011). La textura del suelo varía de limoso a limo-arenoso, con presencia de arenas muy finas y suelos derivados de cenizas

volcánicas. En cuanto a la vegetación el lago está constituido de vegetación cultivada en los terrenos aledaños y la vegetación silvestre (Erazo & Jaramillo, 2005). El Lago de Yahuarcocha, es uno de los principales atractivos turísticos dentro del cantón Ibarra, lo cual ha llevado a que se convierta en un espacio vulnerable para el proceso de eutrofización causado por los diferentes residuos sólidos y líquidos vertidos al lago; este aumento excesivo de nutrientes causan efectos negativos para el lago y la salud de la población (Moreta, 2008).

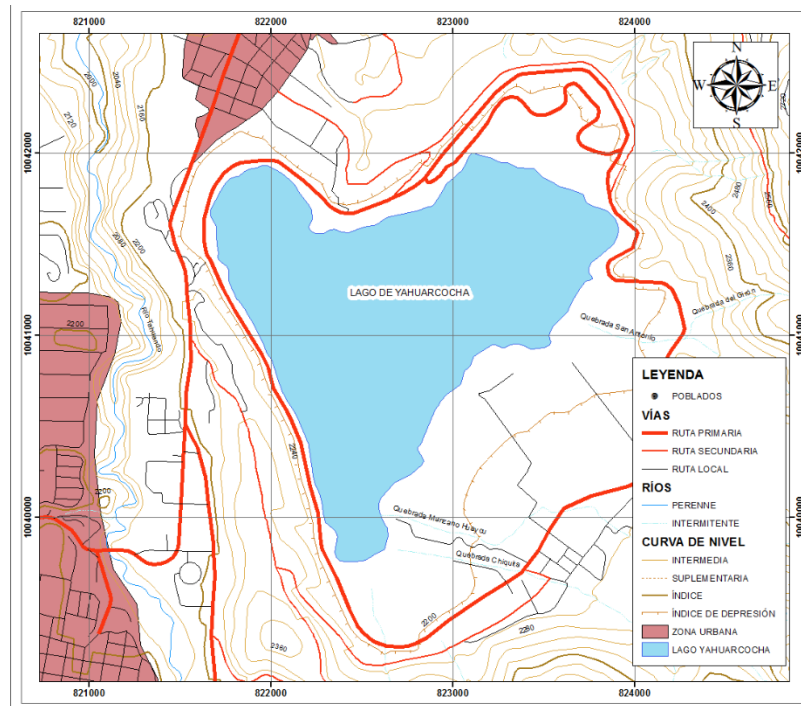


Figura 3.2. Mapa Base del Lago de Yahuarcocha
Elaboración: Autora

3.2. Materiales

Los materiales utilizados en el desarrollo de la presente investigación se los ha clasificado en tres partes: materiales, equipos y recurso humano (Cuadro 3.3).

Cuadro 3.3. Materiales y Equipos

| Materiales. | Equipos | Recurso Humano |
|--|--|--|
| <ul style="list-style-type: none">• Cartas topográficas digitales de IGM a escala 1:50000• Fichas de campo• Guía de Identificación de especies (Elaboración propia)• Software ArcGIS 10.2• Traje de neopreno• Guates quirúrgicos, botas y ropa impermeable.• Sellos, etiquetas, cinta adhesiva• Pinzas• Botellas de plástico de 2 L• Fundas plásticas• Alcohol al 70 u 80%• Contenedor para Muestras• Lupa• Vaso de Precipitación• Cajas Petri• Agua destilada• Guantes quirúrgicos• Kit de nitratos• Kit de nitritos• Kit de sulfatos• Kit de fosfatos• Pipeta | <ul style="list-style-type: none">• Computadora Portátil marca (Toshiba – Satellite)• Impresora Epson L210• GPS Garmín 62SC• Cámara Fotográfica• Bote inflable Zodiac• Cámara Leica MC 120 HD• Vehículo alquilado• Estereoscopio Leica S6D• Lámpara Leica KL 300KL 300 Ld• Espectrofotómetro• Agitador magnético• Disco Secchi• Medidor de profundidad SM-5• Sensor Horiba U-5000G• Sensor-Unit Weather Cobra 4• Kit ambiental | <ul style="list-style-type: none">• Tesista• Director• Asesores• Pasantes |
| Elaboración: Autora | | |

3.3. Métodos

Los métodos y técnicas utilizadas en la presente investigación, se manejaron por: las características propias del estudio, el problema, los objetivos planteados y la pregunta directriz a la que se dio respuesta.

3.3.1. Caracterización del área de estudio

El área de estudio fue en un lago andino perteneciente a la provincia de Imbabura, ubicado al norte de Ecuador. Dentro de la fase de campo se realizó salidas previas a pie y en lancha

con el propósito de interpretar patrones preliminares de diversidad de la biota acuática en el lago, se reunió antecedentes sobre el lugar de estudio y las características más relevantes mediante revisión bibliográfica, basándose en estudios previos de Kiersch *et al.*, (2004); Maridueña *et al.*, (2011) y Plan de Manejo, (2012), esta síntesis evidenció la información disponible y adecuada para el estudio con el fin de compilar la información pertinente sobre el Lago de Yahuarcocha. Finalmente se elaboró un mapa base con el apoyo del software ArcGis 10.3.

3.3.2. Caracterización de las condiciones bióticas y abióticas actuales del Lago de Yahuarcocha.

Para el cumplimiento de este objetivo se analizó toda la información que existe sobre el Lago Yahuarcocha en el Plan de Manejo (2012), del proyecto “Sustainable Lakes Management of Northern Ecuador and its relation to economic activities and climate change” UTN-VLIR, fuentes escritas y electrónicas con información de parámetros físico- químico, biológico, clima, suelo, agua, zonificación ecológica ambiental entre otros.

Para el inventario base de los componentes bióticos del ecosistema lacustre (zonas de vida, formaciones vegetales, fauna terrestre y acuática), componentes abióticos (geología, geomorfología, suelos, climatología e hidrología), estado de los ecosistemas y las amenazas potenciales se utilizó el método de Evaluación Ecológica Rápida (EER) elaborado por el Convenio sobre la Biodiversidad Biológica (CDB), esto como punto de apoyo para orientarse al desarrollo de la evaluación y monitoreo apropiado (Secretaría de la Convención de Ramsar, 2010).

La información proporcionada se la interpretó también a nivel cartográfico, con ello se generaron 7 mapas temáticos a escala de trabajo y de impresión de 1:10000, 1:15000 y 1:30000 en el Sistema de Información Geográfica Arc GIS 10.3 que se mencionan a continuación:

- Mapa de estradas y salidas de agua
- Mapa de cobertura vegetal
- Mapa de ecosistemas
- Mapa de clima
- Mapa de tipo de suelos
- Mapa de uso actual del suelo
- Mapa hidrológico

Una vez recorrido el perímetro del área en estudio mediante salidas de campo a pie y en bote alrededor del Lago de Yahuarcocha y de caracterizar las condiciones bióticas como abióticas se procedió a definir los transectos de monitoreo. Para la adecuada ubicación de los transectos del monitoreo, se utilizó un GPS, una cámara fotográfica, una carta topográfica, como material de apoyo para ubicar en el mapa los transectos georreferenciados (Guamán, 2010).

3.3.3. Identificar la vegetación macrofítica asociada al lago de Yahuarcocha y determinar la distribución de la vegetación macrofítica en relación a los parámetros físicos, químicos y biológicos

Los muestreos y colectas se realizaron en dos periodos diferentes del año, en la época lluviosa correspondiente al mes de marzo y abril, y en la época seca correspondiente al mes de junio y agosto. La época seca y lluviosa se determinó el Diagrama Ombrotérmico 2010 con datos de la estación Meteorológica de Ibarra y Registros INAMHI; con el fin de registrar la relación entre los cambios estacionales, las comunidades vegetales y con las condiciones actuales del Lago.

Los muestreos se realizaron con el apoyo de especialistas de Bélgica y Ecuador los cuales pertenecen al proyecto “Sustainable Lakes Management of Northern Ecuador and its relation to economic activities and climate change”, además para las salidas de campo en la parte

acuática se contó con la colaboración en logística con el Cuerpo de Bomberos de Ibarra y la Universidad Técnica del Norte.

3.2.3.1. Protocolo de muestreo de plantas acuáticas

El procedimiento para el muestreo de plantas acuáticas está basado en información obtenida de Cirujano *et al.* (2005), el cual abarca los siguientes temas: muestreo en lagos, directrices para la cuantificación de las plantas acuáticas, conservación y etiquetado de muestras, identificación de ejemplares y tratamiento de resultados.

- **Procedimiento de muestreo en lagos**

Para la selección de puntos de muestreo se debe tener en cuenta en primer lugar la identificación de los puntos de referencia acuáticos y terrestres como se mencionó anteriormente y la selección de los transectos en estudio, teniendo en cuenta que esto sean ubicados dependiendo de la diversidad de hábitat existentes y de los impactos humanos que causen las diversas actividades que se den en el lago o en las zonas circundantes como se menciona en la figura 3.3. y 3.4. Para esto se examinó fotos aéreas del lago y mapas temáticos previamente a la visita.



Figura 3.3. Salida de agua del Lago Yahuarcocha

Elaboración: Autora



Figura 3.4. Planta de Tratamiento del Lago de Yahuarcocha

Elaboración: Autora

La caracterización de los hábitats se debe contener: tipo de sustrato, profundidad, condiciones de iluminación y tipo de vegetación de orilla. Debido a que el Lago de Yahuarcocha posee un área de 2507 ha aproximadamente, se identificó varias estaciones de muestreo en las que se realiza transectos perpendiculares a la orilla. Los transectos se establecieron de un largo y anchura variables debido a la forma heterogénea que posee el lago, pero teniendo en cuenta que posean el mismo tamaño y presenten diferencias en la composición de especies (Terneus E. , Comunidades de plantas acuáticas en lagunas de los páramos del norte y sur del Ecuador, 2002). La posición de las estaciones de muestreo se fijaron tomando coordenadas GPS con el fin de facilitar su posterior ubicación y se definieron desde la orilla hacia el centro, hasta donde se termine la vegetación, y luego en dirección horizontal para cubrir el siguiente punto del transecto, finalmente se regresó a la orilla para completar el transecto (Kiersch *et al.*, 2004).

El muestreo de macrófitas se realizó en dos fases: recorriendo a pie alrededor de todo el lago para la recolección de especies que se encuentran en la orilla como se indica en la Figura 3.6. y la navegación en bote alrededor de todo el lago cumpliendo la observación de los transectos definidos anteriormente. Se tomaron muestras durante la salida de campo para la posterior identificación en laboratorio, para lo cual se introdujo la muestra en una bolsa de plástico hermética y rotulada para evitar confusiones. En cada transecto se anotó características importantes como la profundidad, características del sustrato, entre otros. Para la recolección de datos de campo se utilizó el bote acuático, GPS, registro fotográfico y de características más relevantes para su posterior ubicación como se muestra en la Figura 3.5. Para este trabajo se utilizó el traje de neopreno en las zonas del lago en donde se encuentran las plantas sumergidas, el cual sirvió para acceder hasta las zonas más profundas y de difícil acceso (Ramos, Cárdenas, & Herrera, 2013).



Figura 3.5. Recolección de datos de campo en el bote acuático

Elaboración: Autora

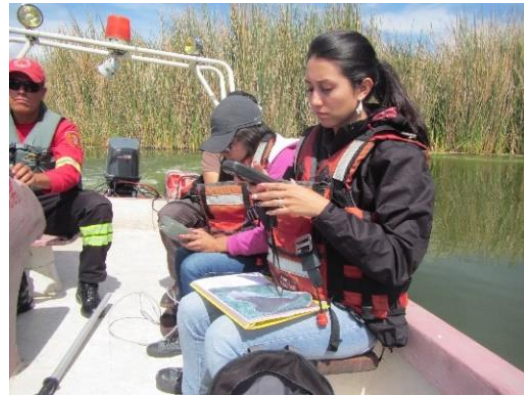


Figura 3.6. Ubicación de los transectos de monitoreo

Elaboración: Autora

Las muestras obtenidas en el campo y la recopilación de información se guardaron en una caja para evitar el deterioro o maltrato del material, posteriormente se trasladaron al laboratorio LABINAMB de la Universidad Técnica del Norte donde se realizó su respectivo secado y análisis. Se estimó la abundancia según el método que menciona Cirujano *et al.* (2005) en el cuadro 3.6 (escala 1 a 5). Este procedimiento se repitió hasta completar la longitud de los transectos que se elaboraron anteriormente. Cada transecto se identificó mediante la toma de coordenadas geográficas con el GPS, al inicio y fin de cada uno. En cada transecto de muestreo se tomó datos y/o muestras complementarias al muestreo de plantas acuáticas como se menciona en el cuadro 3.4. en el cual incluye variables físico químicas, hidromorfométricas y ambientales. Para las medidas de los nutrientes se recogieron muestras de agua, que fueron conservadas y refrigeradas para su posterior análisis en el laboratorio (Duarte *et al.*, 1990).

Cuadro 3.4. Datos y Muestras Complementarias para muestreo de plantas acuáticas

| PARÁMETROS HIDROMORFOMÉTRICOS | |
|--|---|
| Sustrato | Roca madre, piedras, gravas, arenas, limos |
| Profundidad | |
| Turbidez | - Determinación cualitativa según una escala: Transparente, algo turbia, turbia, muy turbia - Determinación cuantitativa: profundidad del disco Secchi y/o nefelómetro |
| Color de agua | Sin color, azulada, verde, lechosa, marrón, etc |
| Morfología de las orillas | Pendiente, playas, sinuosidad, etc |
| Tipo de recubrimiento vegetal de las orillas | Carrizal, juncal, prados, estrato arbóreo, etc |
| PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS (sensor) | PARÁMETROS AMBIENTALES |
| Básicos (Control de vigilancia) | Temperatura |
| - Temperatura del agua | Humedad Relativa |
| - Conductividad mS/cm | Intensidad Lumínica |
| - Turbidez NTU | Nubosidad |
| - Oxígeno Disuelto mg/L | Viento |
| - Profundidad | |
| - Ph | |
| - pH mV | |
| - Alcalinidad | |
| Nutrientes (nitritos, nitratos, fosfatos, sulfatos) | |
| Fuente: (Cirujano <i>et al.</i> , 2005; Ardilla, 2009; Durán, 2010) | |

- **Directrices para la cuantificación de los macrófitos**

Es imprescindible establecer un área estándar o transecto, que pueda ser cuadrado, rectangular o circular, y cuyo tamaño varía de acuerdo al tipo de vegetación. Para estimar el tamaño óptimo se empieza con el menor tamaño posible, el que se duplica sucesivamente y se contabiliza el número de especies en cada caso. La Figura 3.7. especie-área es asíntota y permite escoger el área de muestreo correspondiente a un determinado porcentaje de la asíntota. El patrón de vegetación es la forma como los individuos de una especie se distribuyen en una comunidad vegetal. Su adecuada determinación dependerá del tamaño de la especie en relación al tamaño del cuadrante. Las especies pueden mostrar una distribución agrupada, al azar o regular.

Cuadro 3.5. Tamaño de cuadrantes sugeridos para diferentes comunidades de macrofitas

| Tipo de vegetación | Tamaño del cuadrado |
|---|---------------------|
| Comunidades de pequeñas flotantes libres | 0.5% 0.5 m |
| Comunidades de especies sumergidas, flotantes libres grandes, flotantes enraizadas y emergentes | 1% 1m – 5% 5m |

Fuente: (Arocena & Conde, 1999)

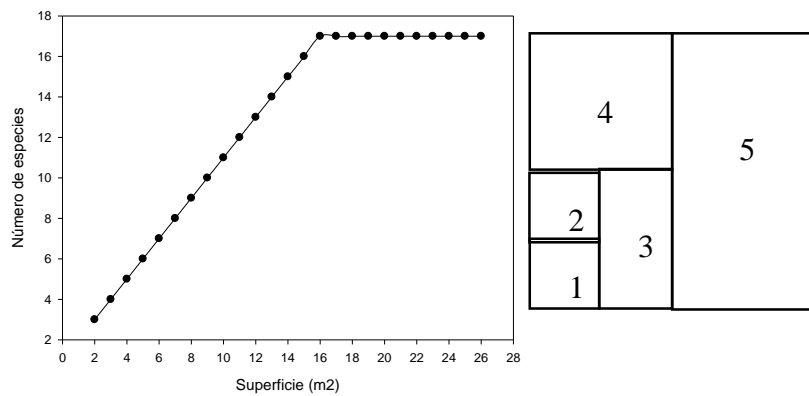


Figura 3.7. Relación entre tamaño del cuadrante de muestreo y número de especies registradas
Elaboración: Propia

Para la cuantificación de las macrófitas se realizó una evaluación visual de muestreo semicuantitativo tanto en época seca como en lluviosa en cada uno de los cuadrantes para estimar la abundancia y el listado de las especies que lo conforman (Kiersch *et al.*, 2004; Cirujano, 2005; Ramos *et al.*, 2013). Utilizando una escala de cinco niveles, se pudo describir la abundancia de las especies encontradas en cada uno de los transectos de muestreo, para lo cual será de ayuda la tabla de abundancias y porcentaje en coberturas de especies que se menciona en el Cuadro 3.6. Se utilizó una hoja de campo para anotar todas las características de distribución y abundancia de las especies acuáticas.

Cuadro 3.6. Escala de cobertura de especies

| ESCALA | ABUNDANCIA DE CADA ESPECIE DESCRIPCIÓN | PORCENTAJE DE COBERTURA (%) |
|--------|--|--------------------------------|
| 1 | Rara | individuos aislados |
| 2 | Ocasional | 1-10% |
| 3 | Frecuente | 10-50% |
| 4 | Abundante | 50-70% |
| | muy abundante | |
| 5 | (dominante) | >70% |

Fuente: (Cirujano , Cambra, & Gutiérrez, 2005)

La cobertura se define como el área ocupada por las partes aéreas de cada especie. En general se la estima visualmente como porcentaje. Los valores adjudicados dependen de la escala utilizada. Entre los métodos objetivos, la densidad o número de individuos de una especie en un área determinada, se usa para ciertas especies ya que demanda mucho tiempo y esfuerzo al requerir que sean identificados cada una, en este caso se aplicará mediante la multiplicación del número obtenido de la curva especie-área de cada especie por el área total de cada transecto que se obtendrá mediante el uso del Software ArcGis 10.3.

- **Conservación y etiquetado de muestras**

Para la conservación de muestras en campo se conservó en fundas de plástico herméticas y dentro de una nevera con hielo; usando alcohol etílico se empapó las muestras y se introdujo en las bolsas plásticas. Las muestras fueron conservadas a oscuras y en un lugar fresco durante el traslado al laboratorio. Para la conservación permanente de las muestras en el laboratorio se procedió a colocar lo ejemplares entre hojas de periódico o papel secante y se prensó durante 3-5 días, cambiando los secantes cada dos días hasta que la planta se haya secado lo suficiente (Kiersch *et al.*,2004). Todas las muestras deben estar convenientemente etiquetadas de tal forma que estas indiquen un código de muestra, su procedencia o

localización, fecha de recolección, sustratos de los que procede, fijador utilizado, persona a cargo de la recolección e identificación.

- **Identificación de muestras**

La identificación de cada una de las especies colectadas se realizó en el Laboratorio de Investigaciones Ambientales y Biotecnológicas (LABINAMB) en la Universidad Técnica del Norte como se indica en la figura 3.8. y 3.9. Los equipos y materiales que se requirió para la identificación fueron principalmente el microscopio estereoscopio en su máxima resolución como lo menciona Casset, Momo, & Giorgi (2001) y guías de identificación adecuadas al ámbito de estudio como: Brunner & Beck (1990); Buczacki (1995); Van der Velde (1999); García, Fernández, & Cirujano (2010); Díaz , Díaz, & Vargas (2012); lo cual será útil ya que se realizará su reconocimiento hasta el nivel de género y en los casos que sea posible hasta nivel de especie. Para la identificación de las especies se contó con especialistas en el tema de estudio que pertenecen al proyecto VLIR dado que se requirió alcanzar el nivel de especie.



Figura 3.8. Recorrido y recolección de especies alrededor del Lago de Yahuarcocha

Elaboración: Autora

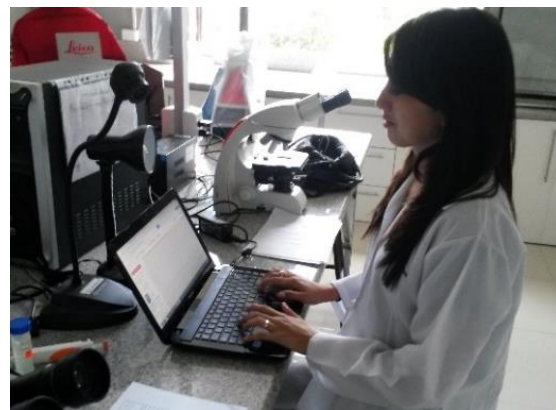


Figura 3.9. Identificación de muestras colectadas en el laboratorio LABINAMB

Elaboración: Autora

- **Tratamiento de resultados**

Luego de concluir las dos épocas de muestreo (marzo 2015-agosto 2015) se procedió a realizar el respectivo análisis de datos mediante estadística descriptiva. En esta parte del estudio fue necesario la utilización del programa Sigma Plot 11.0 para el respectivo cálculo y elaboración de gráficos. Los resultados de los muestreos se incluyeron en una base de datos diseñada para el lago en estudio, lo cual facilitó la aplicación de técnicas estadísticas para la identificación de las especies características del lago, y el diseño de índices específicos. El análisis de datos se inició con la elaboración de gráficos de las variables de temperatura, oxígeno disuelto, pH y conductividad en relación a cada uno de los cuadrantes en donde se tomó estos parámetros, utilizando las mismas escalas para resaltar las tendencias y diferencias; para representar los resultados se obtuvo el valor mínimo, máximo, media y desviación estándar (Duarte *et al.*, 1990; Zetina, Pat, Peniche, & Sauri, 1999; Ardilla, 2009).

La evaluación matemática de los datos obtenidos en el muestreo ha consistido en la aplicación de diversos índices; se analizó la diversidad específica y sus componentes para cada transecto mediante el índice alfa de Shannon-Weiner (Fernández-Aláez *et al.*, 1984; Terneus, 2002; Llerena *et al.*, 2003); además se estimó la dominancia mediante el índice de Simpson y el índice de equidad Pielou para cuantificar el componente de equidad de la diversidad con base a los valores del índice de Shannon-Weiner los cuales lo menciona Mejía (2011); también se aplicó el índice de Margalef para estimar la biodiversidad de una comunidad con base en la distribución numérica de los individuos de la diferentes especies en función del número de individuos existentes en la muestra analizada. Una vez concluida la elaboración de tablas y cálculos estadísticos, se procedió a realizar la interpretación y análisis de cada gráfico, tanto espacial como temporalmente para los transectos de muestreo (Ardilla, 2009). Finalmente se aplicó el análisis estadístico no paramétrico de Spearman para observar con que especies se relaciona cada uno de los factores físicos químicos y ambientales analizados anteriormente.

3.3.4. Proponer estrategias de manejo y conservación en el Lago de Yahuarcocha en base a la vegetación macrofítica

Luego de realizar el respectivo análisis de los datos de campo en donde se hizo el reconocimiento de la vegetación y la evaluación de su estado, el trabajo realizado en el laboratorio donde se hizo la determinación de cada una de las especies y la fase de análisis donde se hizo la recopilación global de la información, el análisis del estado importancia o invasión de las especies y la categorización de las plantas por su potencial; se procedió a la última etapa de proponer estrategias de manejo y conservación integral para las especies del sistema lacustre, información que será de gran importancia para la comunidad local, científica y para los entes ambientales ((Díaz *et al.*, 2012; Plan de Manejo, 2012).

Las estrategias se efectuaron luego de haber diagnosticado el estado del ecosistema en estudio donde con toda la información colectada el investigador pueda determinar las medidas correctivas para el manejo y conservación enfocándose siempre en los valores biológicos que tengan mayor significancia y se encuentre con mayor amenaza. Finalmente se estableció acciones que permitan este manejo y conservación teniendo en cuenta que deberán existir mecanismo de seguimiento y control continuo para el ecosistema en estudio (Gudiño, 2015).

3.2.4.1. Guía de Macrófitos acuáticos

Para la elaboración de esta guía de macrófitas se basó en presentaciones previas de (Díaz , Díaz, & Vargas, 2012; Mejía, 2011; García *et al.*, 2010; Ardilla, 2009; Medina, 2003; Terneus E. , 2002; Van der Velde, 1999; Buczacki, 1995; Ramos & Novelo, 1993; Brunner & Beck, 1990). Se realizó la recolección del material para la realización de este trabajo; además se ha recogido referencias bibliográficas de la flora acuática para la redacción del documento y el apoyo de especialistas en el tema. El objetivo es dar una visión de conjunto del contingente florístico acuático del Lago Yahuarcocha y sus relaciones con los factores bióticos como abióticos.

Se ha optado por realizar un guía fundamentalmente visual la cual permita a los usuarios identificar las especies más comunes, singulares o problemáticas a partir de fotos o dibujos. No obstante, se incluye información de cada planta en una ficha acompañada de la correspondiente ilustración. El texto de cada ficha constará con los siguientes campos:

- Clase
- Familia
- Género
- Características generales
- Información taxonómica
- Distribución Mundial
- Mapa de distribución en el lago de estudio
- Hábitat
- Conservación e Interés Botánico
- Carácter Indicador

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Este capítulo pone en consideración los resultados obtenidos en base a los objetivos propuestos en la presente investigación, con el análisis de la literatura citada y el apoyo técnico de los especialistas del proyecto.

4.1. Zonificación de puntos de muestreo

El presente estudio tuvo al finalidad de cubrir en la totalidad el área litoral del lago, ya que según las recomendaciones de Cirujano *et al.* (2005) y Durán (2010) en lagos de carácter heterogéneo se debe monitorear de ser posible todo el sistema lacustre, además luego del análisis de las características bióticas y abióticas del lago, el uso que tenga el suelo, los diferentes puntos de contaminación, los posibles impactos humanos debido a actividades que se realizan en el lago y zonas aledañas, se definieron 24 puntos de muestreo o de referencia distribuidos 12 en la parte acuática y 12 en la parte terrestre (Cuadro 4.1).

Cuadro 4.1. Puntos y transectos de muestreo Lago de Yahuarcocha

| Transectos | Punto | Coordenadas | | Altitud | Descripción |
|------------|-------|-------------|----------|---------|---|
| | | Latitud (N) | Longitud | | |
| T1 | 1 | 10041427 | 821668 | 2205 | Entrada de Yahuarcocha, a la derecha hasta el primer basurero |
| | 13 | 10041438 | 821691 | 2199 | |
| T2 | 2 | 10040704 | 822032 | 2207 | Inicia desde el basurero y termina en el local de comida |
| | 14 | 10040715 | 822070 | 2197 | |
| T3 | 3 | 10039923 | 822302 | 2206 | Entrada Tahuando y actividades de pesca |
| | 15 | 10039942 | 822318 | 2197 | |
| T4 | 4 | 10039831 | 822653 | 2193 | Entrada restaurante de comida |
| | 16 | 10039815 | 822632 | 2197 | |
| T5 | 5 | 10040209 | 822853 | 2199 | Pueblo de Yahuarcocha |
| | 17 | 10040269 | 822794 | 2198 | |
| T6 | 6 | 10040675 | 823146 | 2198 | Planta de tratamiento |
| | 18 | 10040742 | 823087 | 2198 | |
| T7 | 7 | 10040851 | 823545 | 2191 | Vuelta de la paloma |
| | 19 | 10040931 | 823515 | 2198 | |
| T8 | 8 | 10041521 | 823920 | 2207 | Antes de llegar a la autopista |
| | 20 | 10041523 | 823879 | 2179 | |
| T9 | 9 | 10041980 | 823630 | 2201 | Pista de motos de Yahuarcocha |
| | 21 | 10041856 | 823584 | 2201 | |
| T10 | 10 | 10042064 | 823281 | 2203 | Pista de carros de Yahuarcocha |
| | 22 | 10041974 | 823284 | 2203 | |
| T11 | 11 | 10041711 | 822661 | 2194 | Bomberos de Yahuarcocha |
| | 23 | 10041648 | 822693 | 2203 | |
| T12 | 12 | 10041804 | 822139 | 2195 | Juegos Infantiles Yahuarcocha |
| | 24 | 10041794 | 822120 | 2195 | |

Elaboración: Autora

Se logró establecer 12 transectos de estudio, y se procuró que sean homogéneos en cuanto a su área; los muestreos se realizaron en época seca y en la época lluviosa. Se utilizó fotografías aéreas del Lago de Yahuarcocha y de su microcuenca, coordenadas geográficas con GPS, y las referencias topográficas que puedan facilitar su posterior ubicación (Aláez, *et al.*, 1986; Cirujano *et al.*, 2005).

Cuadro 4.2. Áreas de transectos de muestreo del Lago de Yahuarcocha

| Transectos | Área Ha | Porcentaje % |
|--------------|--------------|---------------|
| T1 | 5.37 | 10,52 |
| T2 | 3.94 | 7,72 |
| T3 | 2.70 | 5,29 |
| T4 | 5.99 | 11,74 |
| T5 | 5.83 | 11,42 |
| T6 | 2.34 | 4,58 |
| T7 | 4.14 | 8,11 |
| T8 | 3.25 | 6,37 |
| T9 | 3.80 | 7,45 |
| T10 | 3.57 | 6,99 |
| T11 | 4.79 | 9,38 |
| T12 | 5.32 | 10,42 |
| TOTAL | 51,04 | 100.00 |

Elaboración: Autora

Los transectos de muestreo tienen un área total de 51.04 Ha, de los cuales el transecto de mayor tamaño es el número 4 y 5 teniendo un 11.74% y 11.42% respectivamente, mientras que los que poseen la menor cantidad de espacio ocupacional son el número 6 y 3 con 4.58% y 5.29% correspondientemente (Cuadro 4.2 y Figura 4.1).

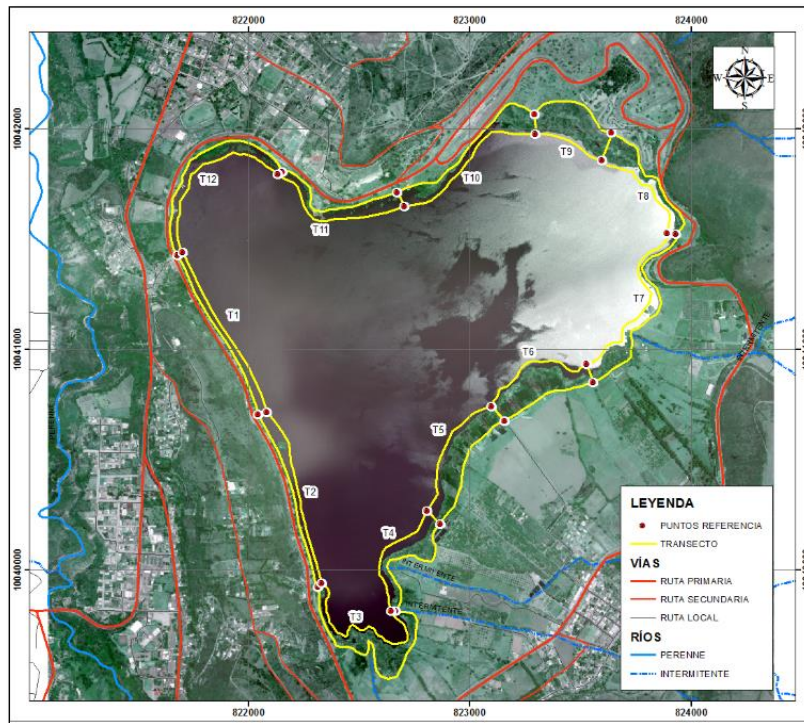


Figura 4.1. Transectos de muestreo en el lago de Yahuarcocha

Elaboración: Autora

Por otra parte, mediante las salidas de campo se lograron identificar 16 entradas de agua en donde el transecto en el cual existe mayor cantidad de entradas es el transecto 3 con cuatro entradas, y en estas se presenta abundante cantidad de basura debido a que los transeúntes utilizan este camino para dirigirse al pueblo para realizar actividades de turismo y gastronomía; mientras que los transectos que no tuvieron ninguna entrada de agua fueron los números 4,5,9 y 10; en los cuales la cantidad de basura disminuye pero aumenta los desechos orgánicos del ganado que se encuentra a los alrededores, además la abundancia de las especies dominantes *Schoenoplectus californicus* (totora) y *Typha latifolia* (colla) no permiten el ingreso de personas lo que hace que se pueda observar menor cantidad de desechos. También se identificó una sola salida de agua en el transecto 12 como se muestra en la figura 4.2 en la cual se evidenció que el nivel de agua del sistema lacustre es bajo por lo que no existe una salida de agua actual en el lago en estudio.



Figura 4.2. Entradas y Salida de Agua del lago de Yahuarcocha
Elaboración: Autora

4.2. Caracterización de las condiciones bióticas y abióticas actuales del Lago de Yahuarcocha.

La caracterización de las condiciones bióticas y abióticas que se realizaron contiene las siguientes características.

4.2.1. Características abióticas o físicas

Para el cumplimiento del primer objetivo se analizó características físicas las cuales constituyen información indispensable para la posterior ubicación de puntos de referencia y posterior elaboración de estrategias de manejo y conservación.

4.2.1.1. Aire

Las condiciones que presenta el aire del lago en estudio son aceptables a simple vista debido a la ubicación en la que se encuentra, el tipo de vegetación que presenta permite que exista una buena recirculación del aire, con vientos que renuevan la capa del mismo lo que permite obtener una buena calidad del aire (Erazo & Jaramillo, 2012). Sin embargo un estudio realizado en el lago dentro del proyecto ordenamiento de las actividades deportivas, recreativas y alimentación que se realizan en el lago muestran que en el lago existen emisiones de polvo y generación de ruido en lugares puntuales, lo cual está ocasionando un impacto ambiental para el sistema lacustre (MAE, 2014).

4.2.1.2. Clima

Según la aplicación del programa Arc-GIS 10.3 se determinó que en el área de estudio presenta un tipo de clima que corresponde a Ecuatorial mesotérmico semi-húmedo, determinado en base a la clasificación de climas del Ecuador propuesta por ORSTOM (Pourrut, 1995).

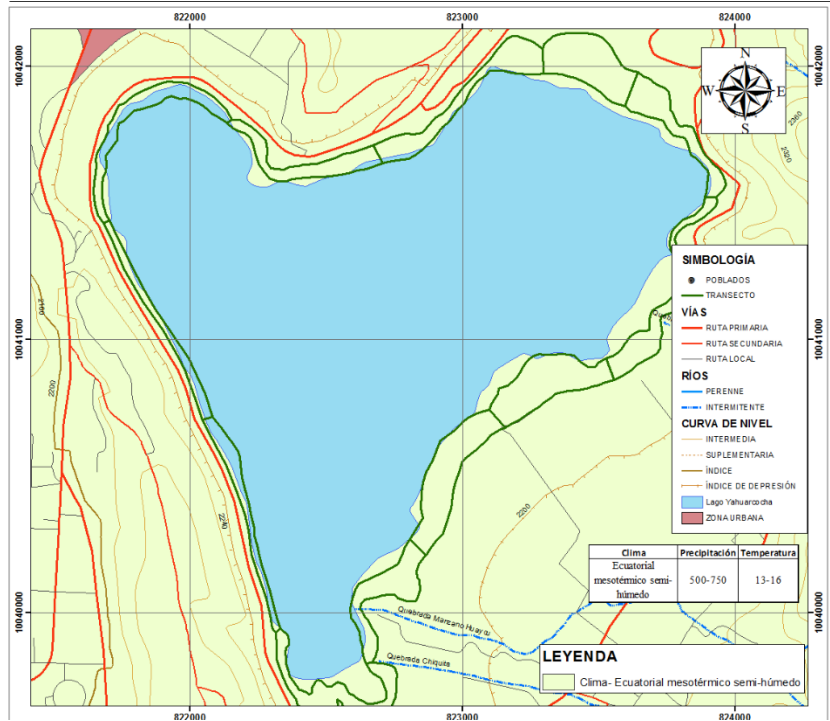


Figura 4.3. Climas del lago de Yahuarcocha

Elaboración: Autora

Este clima normalmente se caracteriza por estar situado entre los 1800 y 2200 msnm, con temperaturas medias entre 12 y 22 °C, y una precipitación anual entre 500-1000; en cuanto al área de estudio los valores de temperatura varía entre 13° y 16 °C; precipitación al año de 500-700 mm y humedad relativa con valores comprendidos entre 65% y el 85% (Pourrut, 1995; ETAPA, 2010; Plan de Manejo, 2012).

- **Climatología**

En el Plan de Manejo que se realizó en el año 2012 presentan dos eventos de máxima precipitación bien definidos en el año, que corresponden a los meses de abril y noviembre, donde existen precipitaciones que superan los 85 y 72mm respectivamente, además se determina que existen tres meses ecológicamente secos que van desde mediados de junio hasta mediados de agosto. En el diagrama ombrotérmico realizado en periodo (marzo 2014-

marzo2015), se presentan tres meses ecológicamente secos que va de julio y agosto de 2014 y febrero del 2015, con precipitaciones que varían de 3,3 mm a 26 mm. Los meses que restan pertenecen a época lluviosa con precipitaciones que varían de 142 mm a 38,2 mm, y una temperatura promedio de 16,98 °C (Portilla, 2015)

En la zona de estudio se han registrado eventos climáticos que han marcado el comportamiento de la temperatura a lo largo de los años como se menciona en el cuadro 4.3. Para determinar la variación de la temperatura del sector, se analizó los registros del historial de datos de trabajos realizados en el lugar de estudio, con el fin de definir la variación de esta característica climática.

Cuadro 4.3. Variación de temperatura del aire en el Lago de Yahuarcocha

| REFERENCIA | (Pabón <i>et al.</i> , 2012) | | Estación Ibarra- Yuyucocha | Estación Ibarra- Yuyucocha |
|-----------------------|------------------------------|-------|----------------------------------|----------------------------------|
| AÑO | 1997 | 2012 | 2013 | 2014 |
| Temperatura máxima | 22.4 | 21.95 | 26.6 | 25.78 |
| Temperatura mínima | 3.3 | 6.84 | 7.6 | 8.117 |

Elaboración: Autora

En las salidas de campo previas se tomó datos de temperatura en cada uno de los transectos teniendo como resultado los datos que se muestran en el cuadro 4.4.; los cuales fueron tomados en un horario desde las 11:00 am hasta las 16:00 en el día 06 de Marzo correspondiente a la época seca y en un horario desde las 11:00 am hasta las 16:00 en el día 12 de Agosto correspondiente a la época de lluvia.

Cuadro 4.4. Datos de temperatura por transecto en el Lago de Yahuarcocha

| TRANSECTO | TEMPERATURA (°C) EPOCA LLUVIOSA | TEMPERATURA (°C) EPOCA SECA |
|----------------------------|--|--|
| 1 | 25,4 | 23,0 |
| 2 | 32,0 | 23,5 |
| 3 | 29,1 | 25,9 |
| 4 | 29,1 | 26,5 |
| 5 | 29,5 | 27,3 |
| 6 | 29,0 | 26,8 |
| 7 | 30,1 | 25,1 |
| 8 | 34,9 | 24,2 |
| 9 | 34,1 | 25,7 |
| 10 | 29,3 | 26,2 |
| 11 | 28,0 | 26,3 |
| 12 | 28,2 | 25,9 |
| PROMEDIO | 29,87 | 25,5 |
| Elaboración: Autora | | |

4.2.1.2. Hidrología

El lago de Yahuarcocha posee importantes recursos hídricos, los mismos que se encuentran representados por pequeñas vertientes y canales que constituyen la principal fuente de ingreso hídrico para el espejo de agua. En el lugar de estudio se identificaron microcuencas y drenajes menores que aportan al espejo de agua (Figura 4.4).

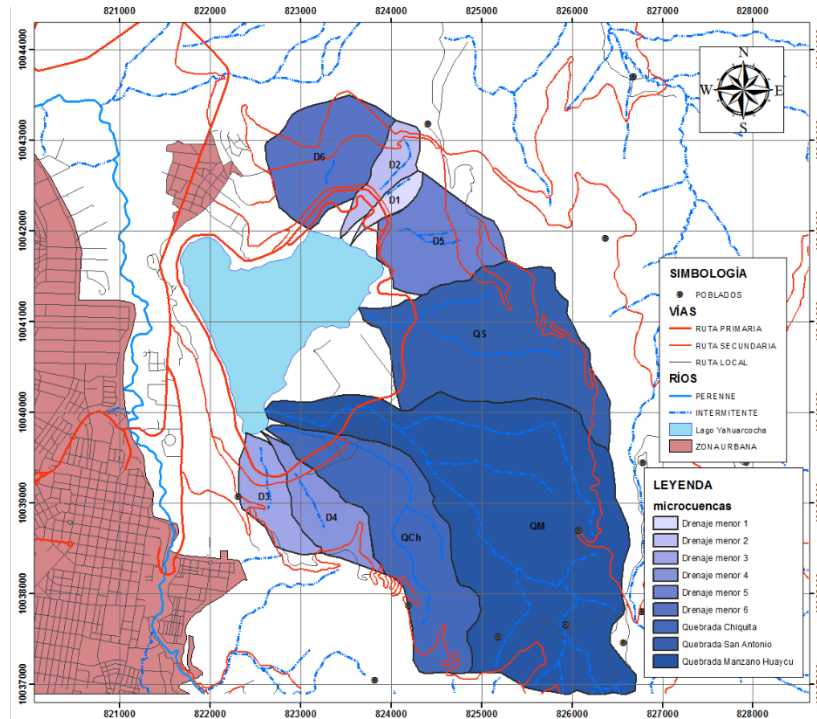


Figura 4.4. Hidrología del lago de Yahuarcocha
Elaboración: Autora

Mediante el cuadro 4.5. se observa que la principal quebrada es la Manzano Huaycu la cual tiene un área de 649.96 equivalente a 40.2%, seguido de la Quebrada San Antonio y la Quebrada Chiquita. Por otra parte los drenajes de menor tamaño es el número 1 con 17.22 ha y 1.1%

Cuadro 4.5. Superficies de las microcuencas y drenajes menores

| Numero | Nombre | Área (ha) | Área ((%) |
|--------|-------------------------|-----------|-----------|
| 1 | Drenaje menor 1 | 17,22 | 1,1 |
| 2 | Drenaje menor 3 | 39,74 | 2,5 |
| 3 | Drenaje menor 3 | 57,91 | 3,6 |
| 4 | Drenaje menor 4 | 70,46 | 4,4 |
| 5 | Drenaje menor 5 | 116,49 | 7,2 |
| 6 | Drenaje menor 6 | 132,60 | 8,2 |
| 7 | Quebrada Chiquita | 229,40 | 14,2 |
| 8 | Quebrada San Antonio | 303,98 | 18,8 |
| 9 | Quebrada Manzano Huaycu | 649,96 | 40,2 |

Elaboración: Propia

4.2.1.3. Suelos

El mayor porcentaje del área de estudio está cubierto por suelos de gran grupo Durustoll que comprende un área de 25,51%, generalmente localizados en las pendientes, sobre cenizas finas y también con un duripan por debajo, con una textura arenosa fina o limosa de color muy negro; por otra parte el tipo Haplustoll se encuentra en un 21,41% siendo estos suelos negros profundos, franco arenosos, derivados de materiales piroclásticos con menos del 30% de arcilla en el primer metro de profundidad y una saturación de base mayor al 50%. En el cuadro 4.6 y figura 4.5 se representa de forma porcentual los diferentes tipos de suelo a los que pertenece al área de estudio (Andrade & Benavides , 2010).

Cuadro 4.6. Tipos de suelo presentes en el área de estudio del lago de Yahuarcocha

| TIPO DE SUELO | AREA Ha | AREA % |
|----------------------------|----------------|---------------|
| Durustoll | 227.05 | 25.51 |
| Haplustol | 190.549 | 21.41 |
| Ustorthent | 75.48 | 8.48 |
| Zona Urbana | 48.95 | 5.50 |
| Cuerpo de agua | 347.93 | 39.10 |
| TOTAL | 889.96 | 100.00 |
| Elaboración: Autora | | |

Los tipos de suelos cercanos al área de estudio presentan severas limitaciones que restringen el desarrollo de los posibles cultivos o bien necesitan de prácticas especiales de conservación. Los pastos naturales no tienen ningún tratamiento o cuidado, y son pisados por el ganado que los pobladores ubican en las orillas del lago. Entre los cultivos más importantes se pudo observar cereales, alfalfa, cultivos frutales como limón, mandarina, tomate, aguacate, entre otros.

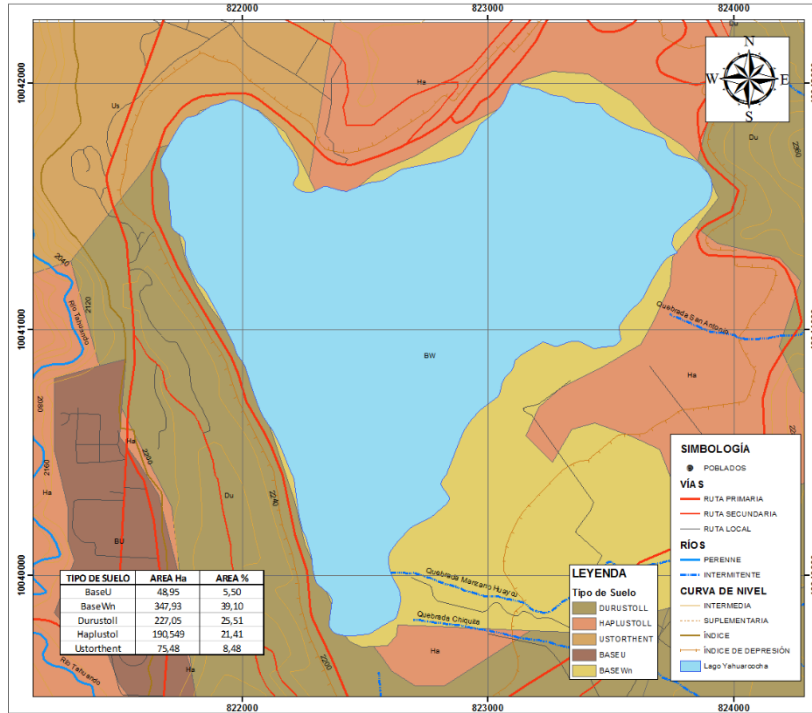


Figura 4.5. Tipo de suelos del lago Yahuarcocha
Elaboración: Autora

4.2.1.4. Uso Actual del Suelo

El uso del suelo consiste en la ocupación e intervención humana en un ecosistema terrestre, en donde puede referirse a los asentamientos urbanos, producción agrícola, pecuaria, turística, entre otros. Según la cartografía temática elaborada para el área de estudio, en el Lago de Yahuarcocha se han identificado los diferentes usos de suelo, los cuales se describen en el Cuadro 4.7.

Cuadro 4.7. Uso Actual del Suelo del Lago de Yahuarcocha

| CATEGORÍAS | AREA Ha | PORCENTAJE % |
|----------------------|---------|--------------|
| AREA URBANA | 52,4 | 5,56 |
| AREAS EROSIONADAS | 15,6 | 1,65 |
| BOSQUE PLANTADO | 0,89 | 0,09 |
| CUERPOS DE AGUA | 262,4 | 27,83 |
| CULTIVOS | 504,12 | 53,46 |
| VEGETACIÓN ARBUSTIVA | 107,51 | 11,40 |

Elaboración: Autora

La mayor parte de uso de suelo que rodea la vegetación acuática son los cultivos con un 53.46%, lo cual incluido al vertimiento de aguas residuales domésticas pueden representar un riesgo potencial de contaminación para el lago de Yahuarcocha. Se ha podido observar que se desarrollan actividades ganaderas y agrícolas, como la plantación de papa (*Solanum tuberosum*), chocho (*Lupinus bogotensis*) y maíz (*Zea mays*) principalmente; además la aplicación de plaguicidas sin control alguno sobre la dosificación y la frecuencia de aplicación representa un riesgo de contaminación al sistema, lo que podría conllevar a un cambio en las características fisicoquímicas del agua, deterioro del agua y consecuentemente una alteración en el desarrollo de los organismos que en él habitan (Figura 4.6).

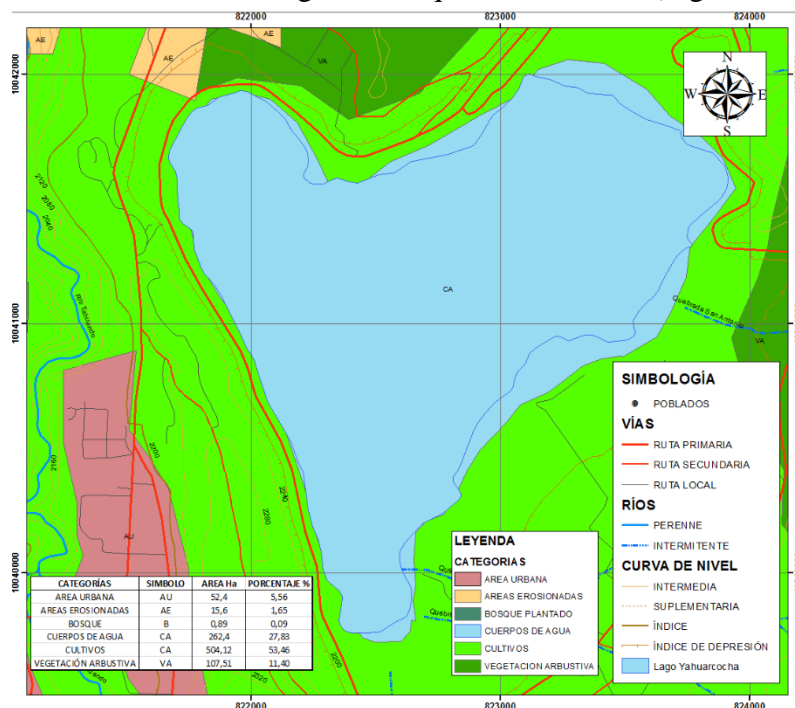


Figura 4.6. Mapa de Uso Actual del Suelo del lago de Yahuarcocha

Elaboración: Autora

4.2.2. Características bióticas

Las características bióticas (ecosistemas, flora y fauna) que se incluyen dentro de este estudio son las siguientes:

4.2.2.1. Cobertura Vegetal

Dentro de la zonificación del medio biótico se definen variables o unidades de cobertura vegetal las cuales se caracterizan sobre la base de términos de vegetación acuática presente en el lago. Según la cartografía temática, se ha identificado que el Lago de Yahuarcocha posee un área de 44 ha de vegetación acuática como se muestra en la figura 4.7, estando representada principalmente por: *Schoenoplectus californicus* totora, *Calitriche deflexa*, *Miuriophyllum quítense*, *Juncus stipulatus*, *Juncus articus*, *Potamogeton filiformis*, *Potamogeton striatus*, *Elatine ecuadoriensis* como lo menciona Plan de Manejo (2012).

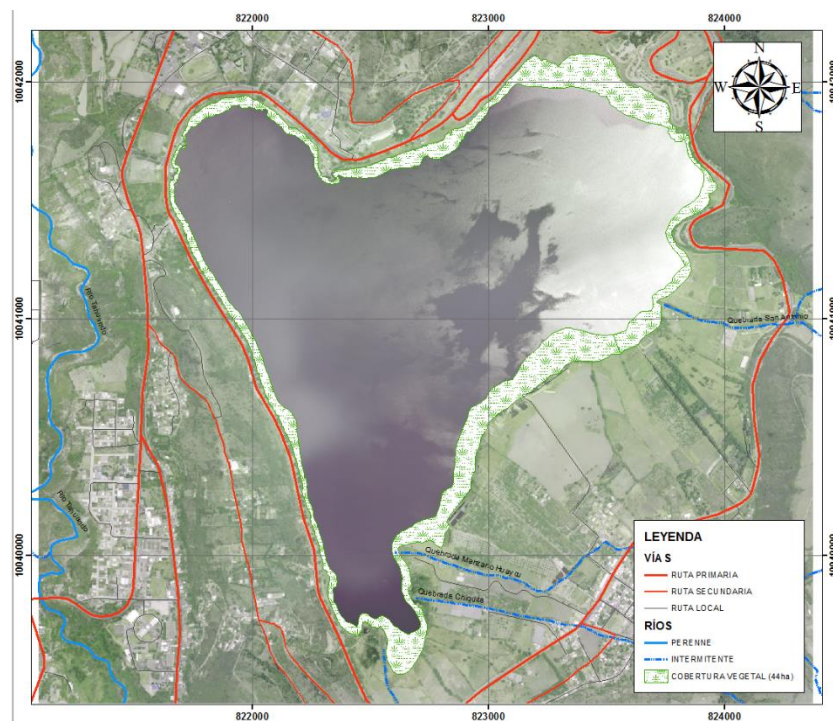


Figura 4.7. Cobertura Vegetal Acuática del lago de Yahuarcocha
Elaboración: Autor

En cuanto a la vegetación cultivada más cercana a la vegetación acuática se observó cultivos de maíz, chocho, huertos frutales de (aguacate, limón, mandarina, mandarina, mora), bosques cultivados de eucalipto, trigo, cebada, entre otros. Según Plan de Manejo (2012) y mediante las salidas previas de campo la vegetación natural más característica y cercana a la vegetación acuática del lago es: *Croton wagnerii*, *Abutilon ibarrense*, *Bacharis polyantha*, *Tecoma stans*, *Eucalyptus globulus*, *rubus alba*, *Schinus molle*, *Euphorbia laurifolia* *Juglans neotropica*, entre otros.

4.2.2.2. Fauna

Dentro del componente faunístico, se consideró principalmente a las aves acuáticas, ya que estas son las que usan a la vegetación acuática como zona de anidación, las plantas acuáticas al ubicarse en zonas de transición entre ambientes acuáticos y terrestres son un lugar ideal para el desarrollo de estas y otras especies como los peces. Las especies silvestres que fueron observadas en las salidas de campo previas a los monitoreos (Cuadro 4.8).

Cuadro 4.8. Lista de aves acuáticas representativas del Lago de Yahuarcocha

| Nombre Común | Nombre Científico | Familia |
|--------------------|----------------------------|--------------|
| Garcilla Estriada | <i>Egretta thula</i> | ARDEIDAE |
| Garceta Bueyera | <i>Bulbucus ibis</i> | ARDEIDAE |
| Garceta Grande | <i>Ardea alba</i> | ARDEIDAE |
| Gallareta Común | <i>Gallinula Chloropus</i> | RALLIDAE |
| Focha Andina | <i>Fulica ardesiaca</i> | RALLIDAE |
| Andarríos coleador | <i>Actitis macularia</i> | SCOLOPACIDAE |

Fuente: (Pabón *et al.*, 2012)

Entre las especies de peces introducidos más representativos se encuentra la *Oreochromis niloticus* (tilapia), *Cyprinus carpio* (carpa) y *Poecilia reticulada* (guppy); y dentro de los animales domésticos que se observó en las orillas cerca a la vegetación acuática son: ganado vacuno, ganado porcino, ganado caballar, ganado caprino, entre otros.

4.2.2.3. Ecosistemas

Mediante la cartografía temática se utilizó la información recopilada de tipo de suelo, uso actual del suelo y el tipo de clima para elaborar un mapa en donde se represente los tipos de ecosistemas. De acuerdo con la clasificación de los ecosistemas se identificó en el área de estudio tres tipos de ecosistemas en el cual el ecosistema acuático es el que ocupa el mayor espacio con 24.61 ha, mientras que el agro ecosistema tiene un área de 17.31 ha, finalmente el ecosistema terrestre que ocupa un área de 1,30 Ha (Figura 4.8).

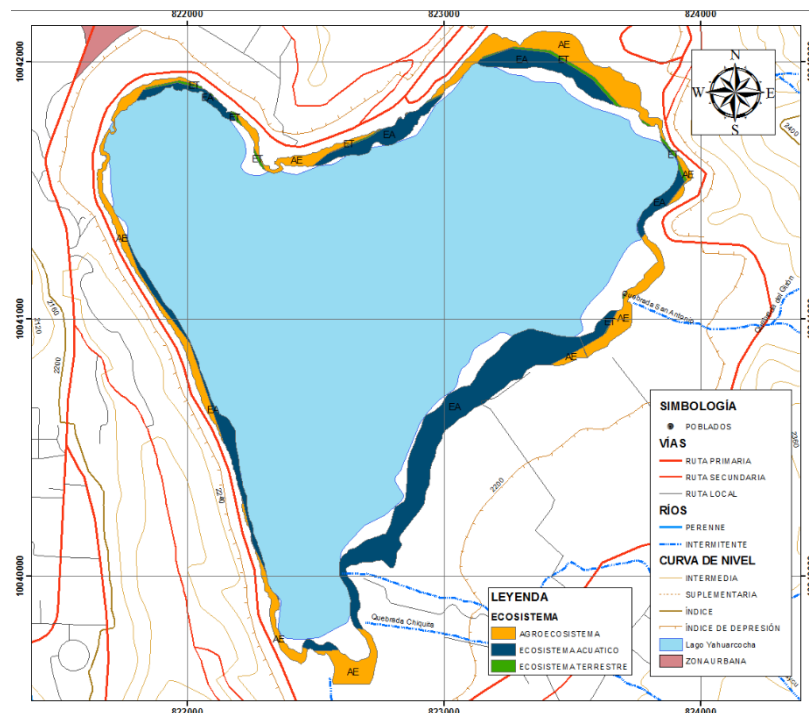


Figura 4.8. Mapa de Ecosistemas del área de estudio en el lago de Yahuarcocha

Elaboración: Autora

El ecosistema acuático se encuentra representado principalmente por especies vegetales acuáticas o macrófitas las cuales han determinado su aumento debido a la concentración de nutrientes determinando un cambio significativo en la vegetación, en cuanto a los agro ecosistemas, probablemente sea por las diferentes actividades que se realizan alrededor del

lago por causa de las modificaciones del componente biótico y abiótico para producción de alimentos.

4.2.3. Principales problemas identificados

Basándose en estudios previos de Maridueña *et al.* (2011); Plan de Manejo (2012) y Blomme (2014); las salidas de campo previas al lugar de estudio Los principales problemas que se han identificado y los cuales están ocasionando la contaminación del lago, pérdida de especies y alteración del ciclo normal del sistema son:

- Uso excesivo de agroquímicos que afectan directamente a la calidad de agua debido al aporte de estos contaminantes al lago por efecto de arrastre.
- Desecho de aguas servidas de los domicilios, basura y detergentes que se pueden observar en la franja de plantas acuáticas
- Contaminación orgánica debido a los residuos de los animales domésticos y ganado que se encuentran alrededor del lago.
- Extracción de las plantas acuáticas sin un adecuado criterio técnico lo cual ocasiona desequilibrio para las especies
- Eutrofización del lago debido al incremento excesivo de nutrientes, lo cual se evidencia en la coloración verdosa lo que significa un crecimiento acelerado y una alteración en las algas verde azules.
- Invasión de *Procambarus clarkii* (camarón de río) y muerte de aves y peces
- Disminución del nivel del agua debido a que las propiedades que se encuentran alrededor del lago tratan de ganar espacio de sus propiedades ubicando material de construcción en la orilla.

4.3. Identificar la vegetación macrofítica asociada al lago de Yahuarcocha

En el lago de Yahuarcocha es posible encontrar una gran diversidad de especies de macrófitos. En este hábitat se encontró un total de 17 especies de plantas acuáticas distribuidas en 11 órdenes (Cuadro 4.9). Las especies encontradas fueron identificadas de acuerdo a (Fernández-Aláez, Calabuig, & Fernández-Aláez, 1984; Buczacki, 1995; García, Fernández, & Cirujano, 2010; Alarcón-Elbal, 2013; Blomme, 2014).

Cuadro 4.9. Listado de organismos que compone la vegetación macrofítica en el Lago de Yahuarcocha

| No | Clase | Orden | Familia | Género | Especie |
|----|---------------|----------------|------------------|----------------|---|
| 1 | Pteridopsida | Salviniales | Azollaceae | Azolla | <i>Azolla Caroliniana</i> Wild. 1810 |
| 2 | Liliopsida | Commelinales | Pontederiaceae | Eichhornia | <i>Eichhornia crassipes</i> (Mart.) Solms-Laub 1883 |
| 3 | Liliopsida | Alismatales | Lemnaceae | Lemna | <i>Lemna minor</i> Linnaeus Griff. 1851 |
| 4 | Liliopsida | Poales | Cyperaceae | Schoenoplectus | <i>Schoenoplectus californicus</i> (C.A. Meyer) Soják. 1972 |
| 5 | Liliopsida | Poales | Thyphaceae | Typha | <i>Typha latifolia</i> L. |
| 6 | Liliopsida | Alismatales | Hydrocharitaceae | Egeria | <i>Egeria densa</i> Planch. 1849 |
| 7 | Liliopsida | Cyperales | Poaceae | Arundo | <i>Arundo donax</i> L. |
| 8 | Liliopsida | Cyperales | Cyperaceae | Cyperus | <i>Cyperus papyrus</i> L. 1753 |
| 9 | Liliopsida | Alismatales | Potamogetonaceae | Potamogeton | <i>Potamogeton pectinatus</i> var. <i>striatus</i> Ruiz & Pav. (1997) |
| 10 | Liliopsida | Poales | Juncaceae | Juncus | <i>Juncus arcticus</i> Willdenow. (1799) |
| 11 | Liliopsida | Cyperales | Cyperaceae | Cyperus | <i>Cyperus odoratus</i> L. (1753) |
| 12 | Magnoliopsida | Saxifragales | Haloagaceae | Myriophyllum | <i>Myriophyllum aquaticum</i> (Velloso) Verdcourt. 1973 |
| 13 | Magnoliopsida | Apiales | Araliaceae | Hydrocotyle | <i>Hydrocotyle verticillata</i> Thunb. 1798 |
| 14 | Magnoliopsida | Lamiales | Calceolariaceae | Calceolaria | <i>Calceolaria tripartita</i> Ruiz y Pav. (1798) |
| 15 | Magnoliopsida | Caryophyllales | Polygonaceae | Polygonum | <i>Polygonum hydropiper</i> (L.) Delarbre 1800 |
| 16 | Magnoliopsida | Lamiales | Plantaginaceae | Bacopa | <i>Bacopa monnieri</i> L. Wettst. 1891 |

17 Magnoliopsida Caryophyllales Polygonaceae Rumex *Rumex conglomeratus* Murray. (1770)

Elaboración: Propia

La especie *S. californicus* (totora) se reportó en el estudio de Steinitz Kannan (1979), en donde se refiere a esta como la mas abundante, además las especies *Ceratophyllum* y *Spirogya* que no se consideraron en este estudio. En el año 2011 se menciona a la especie totora y se habla de su extracción para la fabricación de esteras y artesanías (Maridueña *et al.*, 2011). Las especies *S. californicus*, *Calitriche deflexa*, *M. quítense*, *Juncus stipulatus*, *J. articus*, *Potamogeton filiformis*, *P. striatus*, *Elatine ecuadoriensis* fueron reportadas por Pabón *et al.* (2012) en el Plan de Manejo 2012 del lago Yahuarcocha. Por su parte, Blomme (2014) quien trabajó en la limnología general del lago Yahuarcocha menciona que existe un mayor porcentaje de plantas emergentes entre las cuales están *S. californicus*, *T. latifolia*, *A. donax*, dentro de la vegetación sumergida indica a *E. densa*, *Potamogeton sp.*, *Myriophyllum sp.*; y la vegetación flotante señala a *Azolla sp* y *E. crassipes*, también identificadas en el presente trabajo (Cuadro 4.10).

Cuadro 4.10. Composición (Presencia) de la vegetación macrofítica en el Lago Yahuarcocha en comparación con otros estudios

| FAMILIA | ESPECIE | REFERENCIA (Steinitz Kannan, 1979) | (Maridueña <i>et al.</i> , 2011) | (Pabón <i>et al.</i> , 2012) | (Blomme, 2014) | El presente estudio |
|------------------|------------------------------------|---------------------------------------|----------------------------------|------------------------------|----------------|---------------------|
| Azollaceae | <i>Azolla caroliniana</i> | | | | x | x |
| Pontederiaceae | <i>Eichhornia crassipes</i> | | | | x | x |
| Lemnaceae | <i>Lemna minor L.</i> | | | | | x |
| Cyperaceae | <i>Schoenoplectus californicus</i> | x | x | x | x | x |
| | <i>Typha latifolia</i> | | | | x | x |
| Ceratophyllaceae | <i>Ceratophyllum demersum</i> | x | | | | |
| Apiaceae | <i>Hydrocotyle verticillata</i> | | | | | x |
| Haloagaceae | <i>Myriophyllum aquaticum</i> | | | x | x | x |
| Callitrichaceae | <i>Callitriche stagnalis</i> | | | x | | |
| Hydrocharitaceae | <i>Egeria densa</i> | | | | x | x |
| Poaceae | <i>Arundo donax</i> | | | | x | x |

| | | | | |
|------------------|-------------------------------|---|---|---|
| Polygonaceae | <i>Polygonum hydropiper</i> | | | x |
| Calceolariaceae | <i>Calceolaria tripartita</i> | | | x |
| Cyperaceae | <i>Cyperus papyrus</i> | | | x |
| Juncaceae | <i>Juncus arcticus</i> , | x | | x |
| Potamogetonaceae | <i>Potamogeton filiformis</i> | x | | x |
| Potamogetonaceae | <i>Potamogeton striatus</i> | x | x | |
| Elatinaceae | <i>Elatine ecuadoriensis</i> | x | | |
| Juncaceae | <i>Juncus arcticus</i> | | | |
| Cyperaceae | <i>Cyperus odoratus</i> | | | x |
| Polygonaceae | <i>Rumex conglomeratus</i> | | | x |
| Lamiaceae | <i>Bacopa monnieri</i> | | | x |

Elaboración: Autora

Estudios sobre la taxonomía de familias o géneros que incluyan especies acuáticas en Ecuador no son abundantes y muchas de ellas se encuentran hoy en día desactualizadas. Como muestra la siguiente reseña bibliográfica enfocada al área de estudio Pontederiaceae (Blomme, 2014), Cyperaceae (Steinitz Kannan, 1979; Erazo C. & Jaramillo T., 2005; Maridueña *et al.*, 2011), Hydrocharitaceae (Schmidt-Mumm, 1998; Blomme, 2014); Potamogetonaceae (Kiersch, Mühleck, & Günter, 2004), *Azolla caroliniana* (León & Peralta, 2009), Haloagaceae (Barros Pasantez & Carrasco, 2001), Polygonaceae (Barros Pasantez & Carrasco, 2006). A partir de la anterior reseña y la colección personal se compiló un listado de número de géneros y especies representados en el Lago de Yahuarcocha. De acuerdo a esto el número de géneros y especies que se puede encontrar en el área de estudio asciendo a 17 respectivamente (Cuadro 4.11).

Cuadro 4.11. Número de familias, géneros y especies de macrófitos acuáticos encontrados para cada una de las clases presentes en el Lago de Yahuarcocha

| CLASE | FAMILIAS | GÉNEROS | ESPECIES |
|-------|----------|---------|----------|
|-------|----------|---------|----------|

| | | | |
|----------------------|-----------|-----------|-----------|
| Pteridopsida | 1 | 1 | 1 |
| Liliopsida | 8 | 9 | 10 |
| Magnoliopsida | 5 | 6 | 6 |
| TOTAL | 14 | 16 | 17 |

Al observar la vegetación acuática se observa que se encuentra representada a nivel de

Elaboración: Autora

familia en un 57,14% por Liliopsida, en un 56,25% a nivel de género y en 61,11% a nivel de especie (Figura 4.9). Por otro lado existen especies con una amplia distribución geográfica pero que son raras en el área de estudio o inclusive se encuentran en vía de desaparecer o ya se encuentran extintas. Tal es el caso por ejemplo la especie *E. densa* (Hydrocharitaceae), especie registrada una sola vez en la época lluviosa en los transectos 8, 9, 10 y 11; esto probablemente a las actividades de dragado y el ingreso de maquinaria pesada para la extracción de plantas acuáticas. Otro caso similar es el de *L. minor* (Lemnaceae), especie que se encuentra solo en el transecto 2, evento que se relaciona a que la especie se desarrolla mejor en aguas tranquilas y en el transecto mencionado en a donde se direcciona frecuentemente el viento por lo que existe mayor corriente de agua.

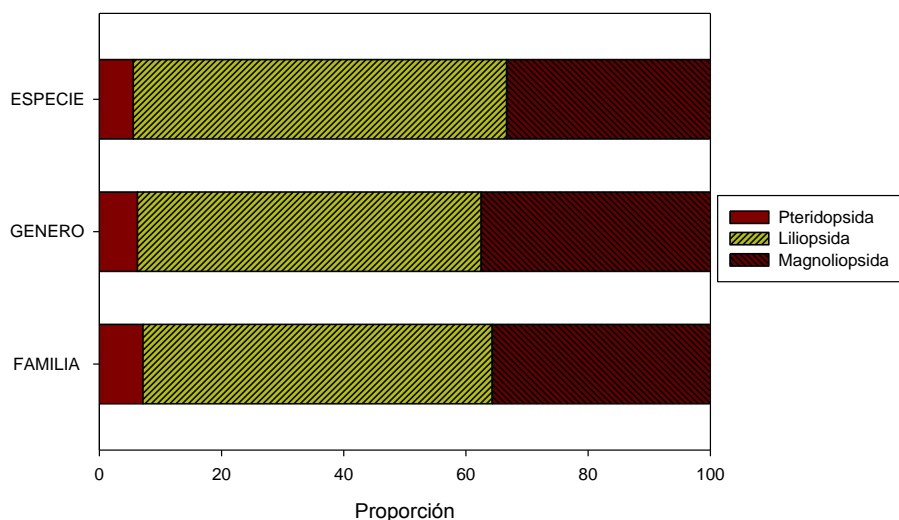


Figura 4.9. Proporción porcentual (%) de familias, géneros y especies de macrófitos acuáticos en el lago de Yahuarcocha

Elaboración: Autora

Se menciona también casos de los registros recientes de especies que presentan de por sí una distribución geográfica amplia como: *A. caroliniana*, *E. crassipes*, *T. latifolia* y *E. densa*. La consideración de una especie introducida no resulta tan fácil dada la escasa información sobre vegetación acuática que se tiene en la actualidad en el Lago de Yahuarcocha y en algunos casos la introducción es diversa, puede ser del mismo continente o regiones cercanas. Ahora, un reconocimiento general de la distribución global de la vegetación acuática y semi-acuática considerada en el presente estudio se realizó sobre la base de las áreas fitogeográficas definidas por Schmidt-Mumm (1998); Josse, Mena, & Medina (2000) y Cleef (1979). En este caso se definieron siete regiones las cuales fueron analizadas tanto a nivel de géneros como de especies registradas para el lago de Yahuarcocha que son Región Neotropical, Americano, Tropical amplio, Austral-Antártico, Holártico, Templado amplio y Cosmopolita.

La representación porcentual de la participación de los géneros a cada región geográfica se encuentra visualizada en la Figura 4.9. Aproximadamente la cuarta parte de géneros corresponde a la región neotropical (áreas tropicales y subtropicales del continente

americano); existen géneros que abarcan otras regiones como Potamogeton, Cyperus, Polygonum y Bacopa.

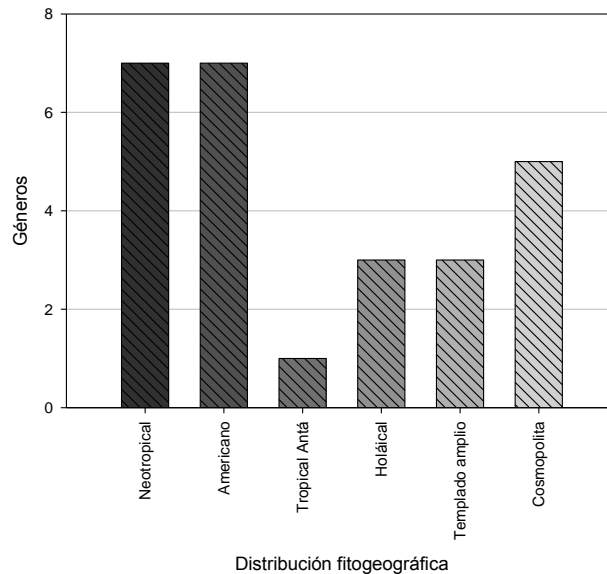


Figura 4.10. Comparación fitogeográfica entre los diferentes géneros de macrófitos acuáticos en el lago de Yahuarcocha

Elaboración: Autora

La región americana (continente americano pero con distribución Holártica hasta américa) también ocupa la otra cuarta parte, existiendo especies que no pertenecen a esta única región dentro de las cuales se puede mencionar a Lemna, y Myriophyllum. En menor proporción se encuentran la región cosmopolita (distribución mundial o subcosmopolita, y desde el nivel del mar hasta los páramos o piso nival), siendo los restantes géneros con un porcentaje menor a 10%.

Cleef (1979) menciona que a pesar de existir un alto número de elementos neotropicales, el escaso número de especies y géneros endémicos registrados en un ecosistema puede deberse al corto tiempo geológico transcurrido desde la formación de su flora. La delimitación fitogeográfica se basó en su distribución espacial actualmente conocida, al igual que las especies resumida en en Cuadro 4.12, y los cuales se definen de la siguiente manera:

Cuadro 4.12. Distribución geográfica por del número de especies en los géneros de macrófitas presentes en el lago de Yahuarcocha

| | GÉNERO | Neotropical | Americano | Tropical Antártico | Holático | Templado amplio | Cosmopolita |
|----|-----------------------|-------------|-----------|--------------------|----------|-----------------|-------------|
| 1 | <i>Azolla</i> | | | | | | x |
| 2 | <i>Eichhornia</i> | | | | | | x |
| 3 | <i>Lemna</i> | | x | | | x | x |
| 4 | <i>Schoenoplectus</i> | x | | | | | |
| 5 | <i>Typha</i> | | | | | | x |
| 6 | <i>Egeria</i> | | | | | | x |
| 7 | <i>Arundo</i> | | | | x | | |
| 8 | <i>Potamogeton</i> | x | x | | | x | |
| 9 | <i>Juncus</i> | x | | | | | |
| 10 | <i>Cyperus</i> | x | x | x | | | |
| 11 | <i>Myriophyllum</i> | | x | | | x | |
| 12 | <i>Hydrocotyle</i> | | x | | | | |
| 13 | <i>Calceolaria</i> | x | | | | | |
| 14 | <i>Polygonum</i> | x | x | | | | |
| 15 | <i>Bacopa</i> | x | x | | x | | |
| 16 | <i>Rumex</i> | | | | x | | |

Elaboración: Autora

4.3.1. Las formas de vida y de crecimiento

En cuanto a los conceptos de forma de vida y de crecimiento, lo cual se refiere al aspecto externo de las plantas, en otras palabras indica en el primer caso a una connotación adaptativa o distribución espacial y la segunda lo hace a partir de similitudes morfológicas. Para clasificar a las especies encontradas en el lago en estudio y siguiendo los diferentes criterios de (Schmidt-Mumm, 1998) se clasificó a los macrófitos en biotipos y fisiotipos (Cuadro 4.13). El mismo autor señala que pueden existir dificultades para definir las categorías de algunas especies, se han observado formas con estados intermedios o transitorios que hacen que una especie pueda pertenecer a más de una forma de vida. En este estudio la especie que presentó dificultad para su clasificación acorde a biotipo fue *C. tripartita* y en cuanto a su fisiotipo la especie *P. striatus*, *H. verticillata* y *C. tripartita*. y *B. monnieri*.

Cuadro 4.13. Lista de especies de macrófitos acuáticos, clasificación biotipológica y formas de vida en el Lago de Yahuarcocha (LF= Libre Flotante, S= Sumergida, EE= Enraizada Emergente)

| | ESPECIE | BIOTIPO | FISIOTIPO | Forma de vida |
|----|------------------------------------|-----------------|---------------|---------------|
| 1 | <i>Azolla caroliniana</i> | Acropleustofita | Lemnida | LF |
| 2 | <i>Eichhornia crassipes</i> | Acropleustofita | Eichhorniida | LF |
| 3 | <i>Lemna minor L.</i> | Acropleustofita | Lemnida | LF |
| 4 | <i>Schoenoplectus californicus</i> | Helophyta | Graminida | EE |
| 5 | <i>Typha latifolia</i> | Helophyta | Graminida | EE |
| 6 | <i>Egeria densa</i> | Hyphydata | Parvopotamida | S |
| 7 | <i>Arundo donax</i> | Helóphyta | Graminida | EE |
| 8 | <i>Cyperus papyrus</i> | Helophyta | Graminida | EE |
| 9 | <i>Potamogeton striatus</i> | Hyphydata | - | S |
| 10 | <i>Juncus arcticus</i> | Helophyta | Juncoide | EE |
| 11 | <i>Cyperus odoratus</i> | Helophyta | Graminida | EE |
| 12 | <i>Myriophyllum aquaticum</i> | Hyphydata | Myriophyllida | S |
| 13 | <i>Hydrocotyle verticillata</i> | Ephydata | - | F |
| 14 | <i>Calceolaria tripartita</i> | - | - | E |
| 15 | <i>Polygonum hydropiper</i> | Helophyta | Herbida | EE |
| 16 | <i>Bacopa monnieri</i> | Helophyta | - | EE |
| 17 | <i>Rumex conglomeratus</i> | Helophyta | Herbida | EE |

Elaboración: Autora

Evidentemente el mayor porcentaje de las especies acuáticas registradas en el área de estudio se presenta para el tipo enraizado emergente correspondiente a helófito con un 56.25%, seguido en menor proporción por los de tipo errantes, sin raíces o están colgando en el agua o acropleustophyta y del tipo enteramente sumergida, con flor u inflorescencia encima del agua o hyphydata con un 19.75%. Por último la de tipo ephydata tiene un porcentaje de 6.25%. En el espectro biotopológico se refleja en gran medida la disponibilidad de los hábitats acuáticos en el Lago de Yahuarcocha, y su propensa invasión en su totalidad por especies enraizadas emergentes o errantes. Schmidt-Mumm (1998) y Medina (2003) estas últimas se han visto favorecidas por el aumento de la carga de nutrientes que afecta la totalidad de cuerpos de agua. Por otra parte con el aumento de turbidez se ven disminuidas especies sumergidas, con excepción de *E. densa* o *M. aquaticum* que tienen buena tolerancia a ambientes eutroficados (Cuadro 4.13).

La clasificación biotipológica de los macrófitos acuáticos registrados en el Lago de Yahuarcocha se realizó bajo el enfoque de Schmidt-Mumm (1998); Terneus (2007) & Ardilla

(2009). A continuación se muestra las respectivas formas de vida (biotipo) y de crecimiento (fisiotipo) de las especies consideradas en el presente trabajo (Figura 4.11)

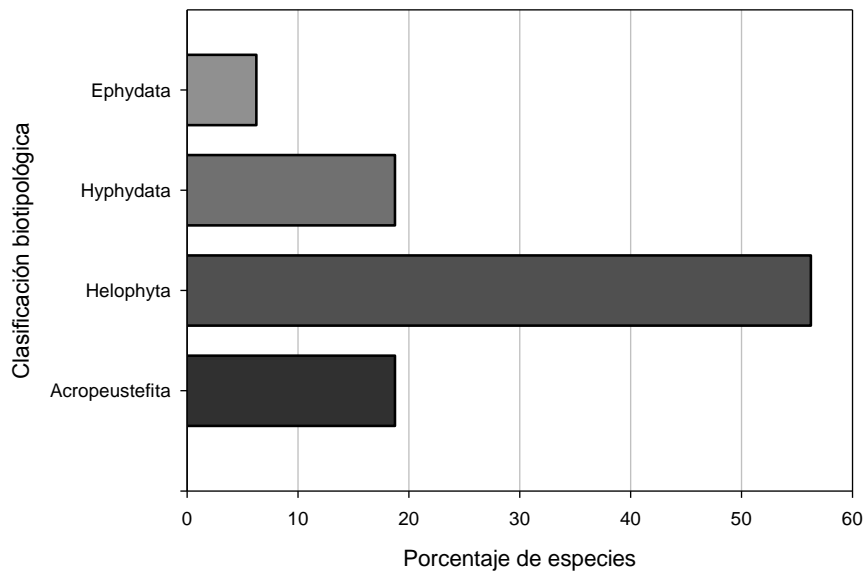


Figura 4.11. Comparación fitogeográfica entre los diferentes géneros de macrófitos acuáticos en el lago de Yahuarcocha

Elaboración: Autora

El espectro biotopológico muestra además que las formas de crecimiento corresponden a 38.46% de las especies son del tipo graminoide, típicamente herbáceo o juncoide. El 15.38% pertenecen las completamente emergidas o tipo Herbida, al igual que las formas errantes emergidas tipo Lemnida con el mismo porcentaje. Entre las enraizadas sumergidas se destacan los Myriophyllida, Parvopotamida, Eichhornida y Juncoide con 7.69%. Las especies que no tuvieron una clasificación adecuada no se incluyen en la distribución porcentual (Figura 4.12).

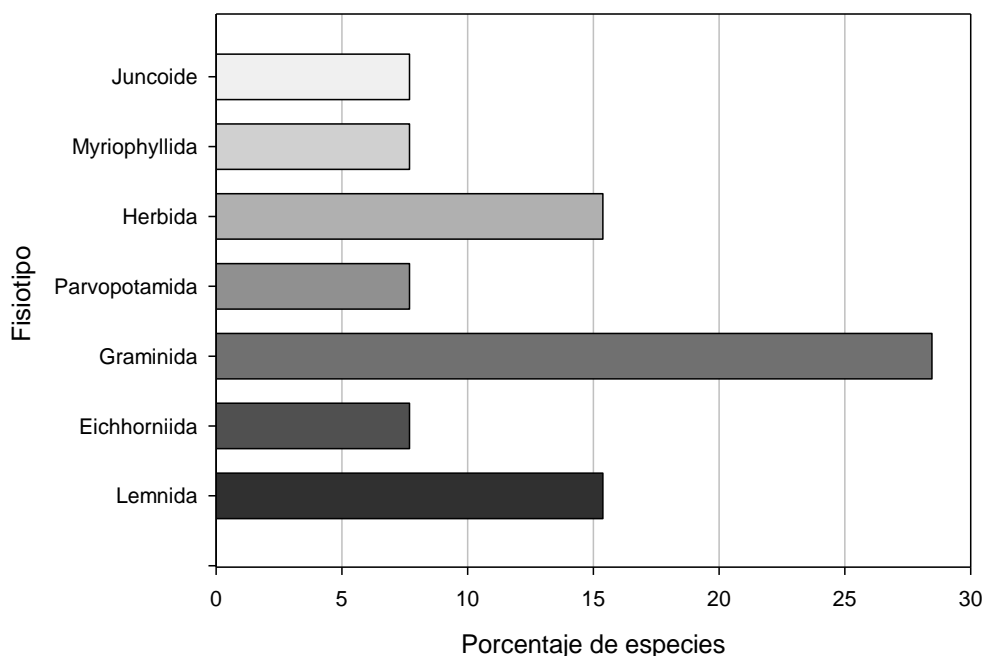


Figura 4.12. Espectro biotipológico de la proporciones de especies en las diferentes formas de crecimiento (fisiotipos) registrados en el lago de Yahuarcocha

Elaboración: Autora

4.3.2. Descripción de los biotipos, fisiotipos y las especies

Para la descripción de los biotipos, fisiotipos y de las características principales de las especies acuáticas del lago de Yahuarcocha se basó en estudios previos de (Cook, 1990; Bonilla & Novelo, 1995; Schmidt-Mumm, 1998; Ardilla, 2009; García, Fernández, & Cirujano, 2010; Durán-Suárez, Terneus-Jácome, Gavilán-Díaz, & Posada-García, 2011; Morales & Salazar, 2012; Alarcón-Elbal, 2013).

A) Biotipo Planófitos

Plantas errantes, sin raíces o con las raíces colgando en el agua.

I) Subdivisión del Biotipo:

ACROPLEUSTOFITOS

Plantas errantes y flotantes, usan en CO₂ atmosférico.

a) Fisiotipo Lemnida

Plantas pequeñas muchas veces de estructura reducida.

- **Especie:** *Azolla Caroliniana* Wild.

Planta flotante que cambia de color a rojo intenso cuando se expone a la luz directa del sol, de origen cosmopolita, tiene una altura de hasta 3 cm y crecimiento rápido, su multiplicación es por vástagos laterales y soporta temperaturas de 0-18 °C (Van der Velde, 1999). Esta planta tiene sus hojas muy reducidas y muy bifurcadas, miden hasta 6cm de largo, son completamente planas y del envés de la hoja salen unas pequeñas ricillas, por las que se unen a otras hojas. Crecen entre la vegetación, necesitan mucha luz para su crecimiento y prefieren aguas alcalinas ricas en nutrientes. Es una planta fijadora de nitrógeno y sus raíces sirven de nutriente para protección de algunos alevinos (Schmidt-Mumm, 1998; Ardilla, 2009).

La multiplicación y propagación de esta especie es rápida por fragmentación del tallo o germinación de las mega esporas sobre la superficie del agua, originando pequeños prótalos. Las plantas cubren la superficie de muchos cuerpos de agua; las plantas jóvenes son brillantes hasta gris verdosas y las más viejas se tornan rosadas, rojas hasta marrón oscuro, esta no es considerada una planta con problema (Buczacki, 1995). Tienen 1-3 cm de largo, bi hasta tripartida con ramificaciones de las hojas subcilíndricas, estas se dividen en segmentos

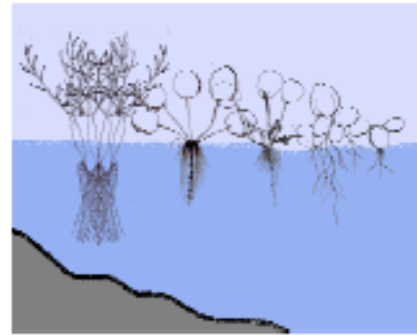


Figura 4.13. Esquema de fisiotipos encontrados en la subdivisión Acroleustófitos

Fuente: (Ardilla, 2009)

numerosos, mide 2-6 cm de largo. Hojas aéreas subescamosas imbrincadas, lóbulo superior rómbico, obtuso blando con pelos bicelulares.

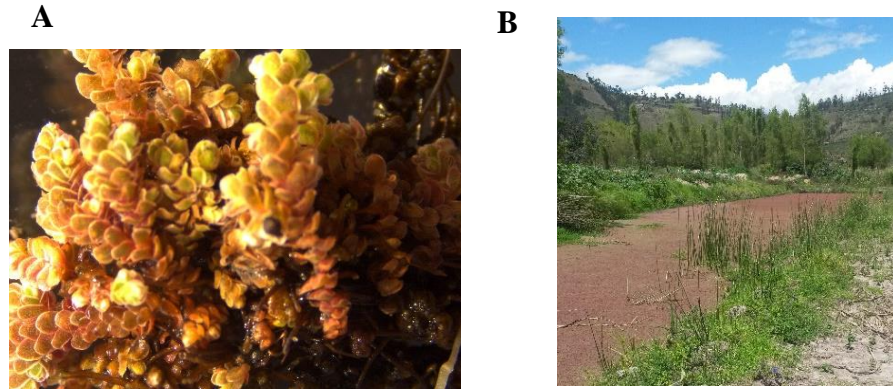


Figura 4.14. *Azolla caroliniana* A. Estructura de las hojas B. Formando un tapete sobre el agua, en asociación la totora

Elaboración: Autora

○ **Especie:** *Lemna minor* Linnaeus Griff. 1851

Comúnmente llamada lenteja de agua, es una planta angiosperma (planta con flores) monocotiledónea. Su cuerpo vegetativo es taloide, es decir que su tallo y hojas no se diferencian. Constituye una estructura plana, verde y una sola raíz delgada de color blanco (Arroyave, 2004). Posee un tamaño muy reducido, alcanzando de 2 a 4 mm de ancho, considerándose una de las plantas más pequeñas de su reino. Sus flores son unisexuales, las flores masculinas tienen un solo estambre y las femeninas un pistilo formado por un solo carpelo. Las flores nacen de una hendidura del borde de la hoja y su fruto de 1 a 4 semillas. Su forma común de reproducción es por gemación.

Posee una distribución universal; y se encuentra por lo general en charcos de agua dulce, ciénagas, lagos y ríos calmados. Se desarrolla a temperaturas de 5 -30°C y se adapta a cualquier tipo de iluminación. Esta planta crece rápidamente en aguas tranquilas y rica en nutrientes con niveles altos de nitrógeno y fosfatos. También tolera rangos de pH altos, siendo óptimo entre 4.5 y 7.5 (Arenas, Marcó, & Torres, 2011; Bres *et al.*, 2012). Las aguas

superficiales con altas concentraciones de nutrientes, favorecen el crecimiento en gran cantidad de la especie, generando problemas al ecosistema (Díaz , Díaz, & Vargas, 2012).

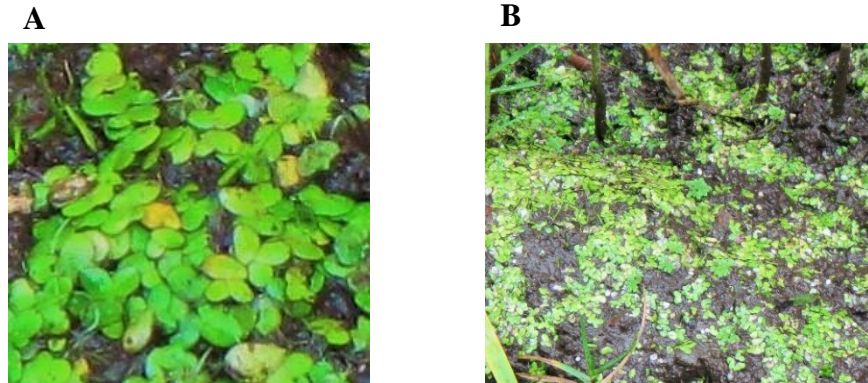


Figura 4.15. *Lemna minor* A. Estructura de las hojas B. Formando un tapete sobre la orilla, en asociación con *H. verticillata*

Elaboración: Autora

b) Fisiotipo Eichhorniida

Plantas arrocentadas, estaloníferas flotantes, hojas emergentes con peciolo esponjoso.

- **Especie:** *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms-Laub 1883

Conocido comúnmente como jacinto de agua, lirio de agua o buchón de agua. Son plantas libres flotantes, en casos fijas al sustrato. Poseen un tallo reducido y conectadas por un estolón horizontal alargado. Presenta hojas emergentes de forma variable; peciolo 20-30 cm inflado; estípulas 2-15 cm de largo e inflorescencia variable. Flores de 4-6 cm de largo; periantio morado claro, tiene de 5-2 cm de largo, lóbulos de 2,5-4,5 cm de largo, bordes enteros; estambres externos, filamentosos veloso glandulares (Díaz , Díaz, & Vargas, 2012).

A**B**

Figura 4.16. *Eichhornia crassipes* A) Flores B) Hábito libre flotante
Elaboración: Autora

Posee hojas grandes y tallos hinchados basalmente con una hoja que envuelve el bulbo desde la parte inferior. Este bulbo posee un tejido esponjoso que le permite flotar y del que cuelgan raíces. Esta especie prefiere ecosistemas lóticos, y prefiere aguas bien oxigenadas. Sus tallos engrosados sirven de flotadores, necesita mucha luz para vivir. Puede tolerar fluctuaciones extremas de nivel de agua, variaciones estacionales en la velocidad de flujo y extremos de disponibilidad de nutrientes, temperatura, pH y sustancias tóxicas (Schmidt-Mumm, 1998).

El mes de floración es entre agostos-septiembre y prefiere su emplazamiento en lugares soleados y también con algo de sombra. La resistencia de esta especie es de 0-5°C, su óptimo crecimiento está a temperaturas de 28-30°C y su extensión es de aproximadamente 1m² en un año (Buczacki, 1995). Esta especie es originaria de la cuenca amazónica, con una expansión natural en otras áreas de América del Sur, aunque está considerada dentro de las 100 especies más invasoras del mundo, llegando a colonizar cinco continentes y numerosas islas de regiones tropicales y subtropicales (Barrett & Pono, 1982).

B) Biotipo Rizophyta

Plantas enraizadas a un sedimento

I) Subdivisión del Biotipo: HIPERTHYDATA O HELOPHYTA

Parte de su estructura vegetativa pasa la mayor parte del tiempo por encima del agua; este grupo pasa imperceptiblemente a la vegetación terrestre.

a) Fisiotipo Graminida

Son hierbas con un tallo elongado emergente o postrado, con hojas cilíndricas y largas o planas y estrechas, en algunos casos son reducidas y subacuáticas, su tallo puede ser su principal órgano fotosintético.

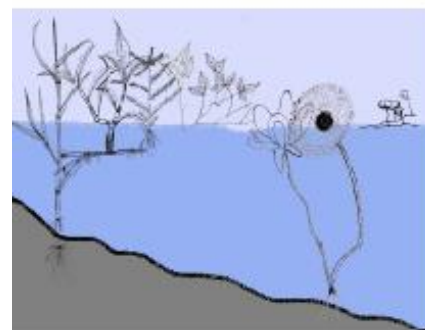


Figura 4.17. Esquema de fisiotipos encontrados en la biotipo Rizophyta

Fuente: (Ardilla, 2009)

○ **Especie:** *Typha latifolia* L.

También llamada enea; esta especie es considerada acuática y terrestre, posee tallos cilíndricos, hojas lineares y anchas, casi la mayoría basales, un único tallo floral desnudo y tiene rizomas superficiales que echan zarcillos, la cual es su principal forma de propagación. Presenta flores unisexuales dispuestas en un espádice compacto con un aspecto de puro, las femeninas se encuentran en su parte inferior, son más anchas y de color oscuro y las masculinas en la parte superior; su altura oscila entre 1 y 3 metros y su reproducción es por vía vegetativa (Crespo & Pérez-Moreau, 1967; Schmidt-Mumm, 1998; Fundación Humedales, 2012).

La distribución de esta especie es plurirregional o subcosmopolita, se encuentra en lugares templados y tropicales de todo el mundo (Stevens M. , 2006). Esta es una planta propia de

orillas de agua, crece en lagunas pantanos, esteros, entre otros. El mes de floración es entre julio-octubre, de climas templados o templado fríos con estaciones y crece cuando tiene luz aunque soporta algo de sombra. El rango de temperatura en el cual se desarrollan es de 10-30°C, la profundidad óptima de crecimiento es 0,5 metros y constituye una especie indicadora de riqueza de nutrientes (Curt Fernández de la Mora, 2005).

A



Figura 4.18. *Typha latifolia* A) Flores B) Hábito libre

Elaboración: Autora

○ **Especie:** *Arundo donax* L.

La caña gigante o carrizo es una de mayores especies de gramíneas, generalmente crece cerca del agua, aunque soporta diferentes condiciones de hábitat y tipos de suelo, esta especie responde fuertemente a exceso de nitrógeno de fuentes antropogénicas y fuego. Es una hierba perenne de altura de 2 a 8 metros y se desarrolla a una temperatura entre 7 y 30°C. Presenta hojas anchas, largas y lineales de borde áspero y color verde, los tallos principales son huecos con paredes de 2 a 7 mm de grosor y se dividen por tabiques en los nodos, mientras que las ramas secundarias tienen un diámetro mucho más pequeño. Tiene flores muy pequeñas y poco llamativas ubicadas en la zona apical del tallo en una estructura llamada panoja (Naccarato, 2009; Giessow *et al.*, 2011; Falasca, Flores, & Galvani, 2011).

Se considera originaria de Asia pero se extendió por todo el mundo, se encuentra en muchas regiones templado cálidas y tropicales del mundo; está presente en el sur de Europa, Sudáfrica, norte de América, Australia, Nueva Zelanda, América Central, América del Sur,

islas del Pacífico entre otras (Deltoro *et al.*, 2012). Considerada invasora en cuerpos de agua dulce de costas de la Unión Americana, lo cual muestra su enorme capacidad de colonización en nuevos sitios; de esta forma esta especie se considera tener un alto rango de desarrollo y producción primaria en todo el planeta (Flores *et al.*, 2008). En Ecuador los tallos son usados para artesanías, canastas de uso doméstico, sombreros, entre otros, los cuales se comercializan generalmente en mercados locales (Macía, 2006; Arguero S & Albuja V, 2011).



Figura 4.19. *Arundo donax* A) Hojas B) Hábito libre
Elaboración: Autora

○ **Especie:** *Cyperus papyrus* L.

Planta acuática arraigante rizomatosa, de crecimiento rápido y de hasta 5 metros de altura. Presenta hojas basales pequeñas. Inflorescencia terminal, dispuesta en umbela compuesta. Las brácteas son más cortas que los radios de hasta 30 cm de largo y filiformes. Tiene espiguillas delgadas, parduscas y agrupadas en cabezuelas al final de los radios. Se desarrollan mejor en las orillas de los cuerpos de agua. Su reproducción es por medio de semillas y rizomas, y tiene auto propagación por agua y viento (Peña, Sebastián, & Laguna, 2003; InBUy, 2011; Opio, Jones, Kansime, & Otiti, 2104).

Especie de origen de la cuenca del Nilo, Africa tropical hasta Egipto, introducida en todo el mundo. La época de mayor floración es en verano, y es usada mayormente para decoración debido a que es una planta llamativa. Se desarrolla mejor a temperaturas de 10°C y a mayores temperaturas si tiene un ambiente húmedo.

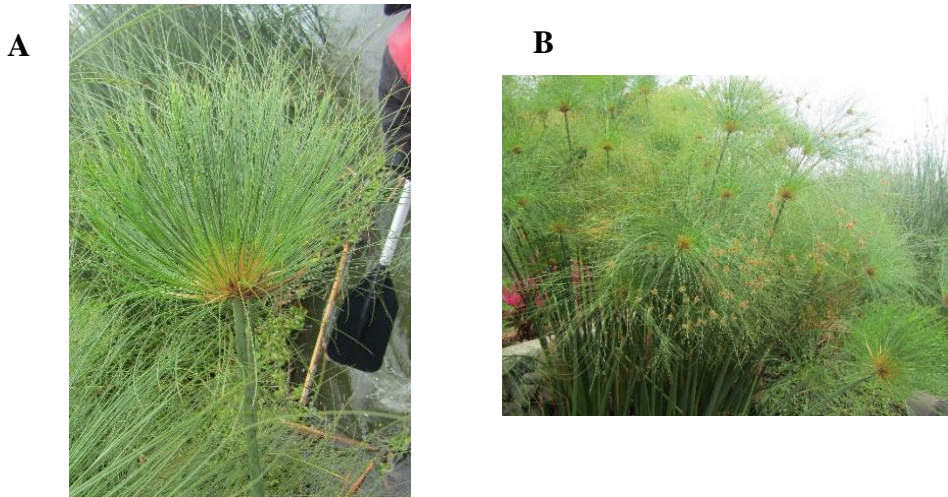


Figura 4.20. *Cyperus papyrus* A) Hojas B) Hábito libre

Elaboración: Autora

○ **Especie:** *Cyperus odoratus* L. (1753)

Planta herbácea, tallos de hasta 80 cm, rectos, solitarios o fasciculados, sus hojas de hasta 60 cm, generalmente de mayor longitud que el tallo. Inflorescencia terminal, en antela compuesta con numerosos radios primarios hasta de 8cm, muy desiguales, con los radios terminales rematados por una espiga laxa de numerosas espiguillas, entre las que se aprecia claramente el eje (Castroviejo S. , 2006).

Su ciclo de vida puede ser anual o perenne, su dispersión es por diásporas anemócora e hidrócora, desarrolla rizomas cortos odoríferos, no tolera la sombra y por lo general se adapta a suelos inundados. Especie de origen pantropical, nativa de América del Norte y también se encuentra distribuida en regiones de climas templados de América del Sur, Australia y países asiáticos como Japón, Tailandia e Indonesia (Ramachandran & Soosairaj, 2014; Ortiz *et al.*, 2015). El potencial invasor de esta especie está en la rapidez con la que llega a expandirse y colonizar un territorio, por su alta capacidad de reproducción, ya que esta planta puede producir alta cantidad de semillas viables (Ferrer-Gallego & Laguna, 2013).

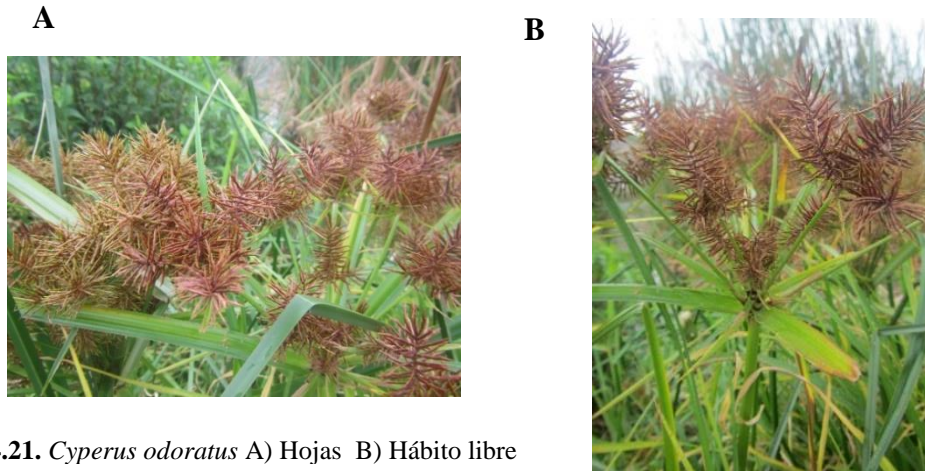


Figura 4.21. *Cyperus odoratus* A) Hojas B) Hábito libre
Elaboración: Autora

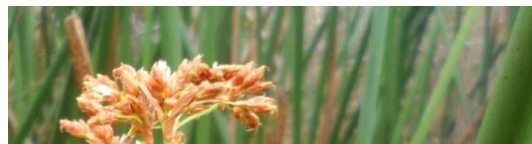
- **Especie:** *Schoenoplectus californicus* (C.A. Meyer) Soják

Hierba acuática perenne que mide entre 1 a 4 metros de altura conocida comúnmente como tatora o junco, posee tallos gruesos y erectos entre 0,5 y 1 cm de diámetro, con rizomas horizontales entre 1 y 2 cm de diámetro. Sus hojas son basales reducidas a vainas, las inflorescencias son pseudolaterales y ramificadas de 1 a 5 cm de largo, con numerosas espiguillas. Las flores que posee son unisexuales y los frutos son aquenios lenticulares, biconvexos o aplanado convexo, lisos o transversalmente rugosos de color castaño (De los Ángeles & Noguera , 2007; Neubauer *et al.*, 2012). Es una planta rizomatosa es decir con tallos subterráneos, se adapta muy bien al medio acuático y puede desarrollarse en aguas de hasta 1 m de profundidad. En Ecuador crece a una altura aproximada de 2000 msnm donde la temperatura es entre 12-16 °C y la precipitación anual entre 400-1200mm. Esta especie habita tanto en sistemas lóticos como lénticos, tolera la inundación pero es limitada a altos niveles de aguas adentro (Macía, 2006; Sabaj, 2011).

La planta es oriunda de casi toda la América Latina, desde Estados Unidos hasta Chile y Argentina, además se encuentra en las islas del Pacífico. La floración inicia en dos etapas durante año, a mediados de la época lluviosa y seca, donde generalmente se realiza el corte.

A

B



Se utiliza tradicionalmente para la fabricación de esteras y artesanías (Palomino & Cabrera, 2008)



Figura 4.22. *Schoenoplectus californicus* A) Hábito libre B) Inflorescencia
Elaboración: Autora

b) Fisiotipo Juncoide

Especies de tipo graminoide, típicamente herbáceo o juncoide. Las formas juncoides se caracterizan por tener tallos redondos o triangulares y sin hojas, o por la presencia de hojas basales rollizas.

- **Especie:** *Juncus arcticus* Willdenow. (1799)

Plantas herbáceas perennes y en casos anuales, cespitosa, de 8,5 a 67,5 cm de altura, posee rizoma ramificado; tallos cilíndricos o comprimidos que van de 7 a 55 cm de longitud por 0.6 a 2.4 mm de diámetro; ligeramente estriados; sus hojas son basales reducidas solo a vainas, con un filamento apical de 1 a 4 mm de largo, o bien 1 a 3 de las vainas superiores provistas de una lámina comprimida de hasta 18cm de longitud, las vainas son de 0,5 a 11 cm de largo, de color verde, café-amarillento o color paja; inflorescencia en forma de panícula pseudolateral de 0,8 a 5,5 cm de largo, multiflora, compuesta, densa; sus flores tienen dos bractéolas basales y poco vistosas, con 6 pétalos, 3 internos y 3 externos (Galván, 2002; Hanan, Mondragón, & Vibrans, 2009; Klinkenberg, 2015).

Especie de distribución circumboreal, generalizada en todas las regiones templadas del hemisferio norte, al oeste de Norteamérica a México y en la región andina de Colombia a Argentina y Chile. En Ecuador esta especie se desarrolla entre 2700-4000 m. Se encuentra a menudo en los hábitats de humedales, pero crece en el agua estancada y lugares estacionalmente secos; frecuentemente se presenta en áreas de pastizal y en áreas de influencia humana, también soporta moderada salinidad del suelo (Macía, 2001; Dité, 2012; Stevens, Hoag, Tilley D, & St. Jhon, 2012).

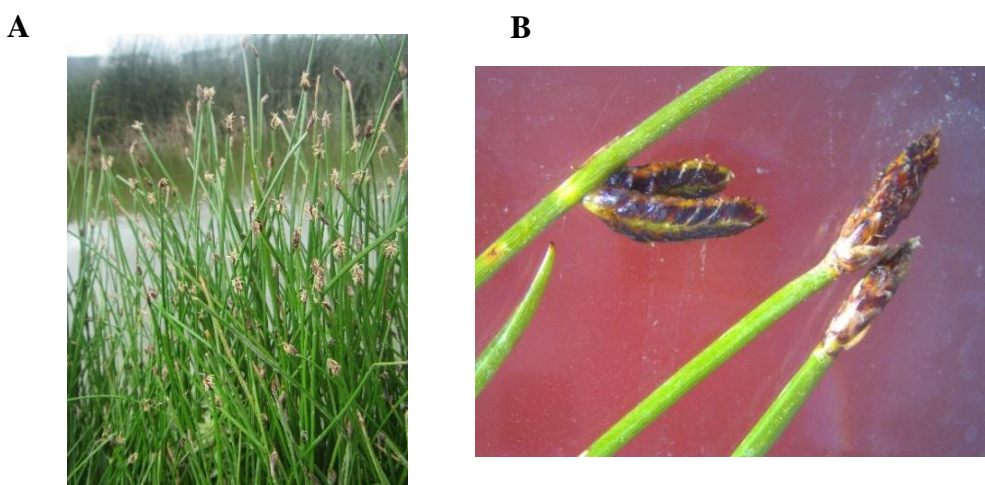


Figura 4.23. *Juncus arcticus* A) Hábito libre B) Inflorescencia

Elaboración: Autora

c) Fisiotipo Herbida

Tallo completamente emergido, sus hojas son de diferentes tamaños y formas, con importancia vegetativa durante la mayor parte del periodo de crecimiento (Ardilla, 2009; Schmidt-Mumm, 1998).

- **Especie:** *Polygonum hydropiper* (L.) Delarbre 1800

Hierba anual o perenne de 15-50 cm de altura que crece en la zona templada del hemisferio norte en lugares húmedos, umbríos y encharcados. Tallos de color verdoso. Hojas lanceoladas que alcanzan los 7 cm de longitud con el peciolo corto. Las flores son pequeñas, actinomorfas, apétalas y hipóginas. Los sépalos son en su mayoría de cuatro o cinco a menudo petaloide (verde, blanco, rosa, rojo o púrpura), cinco a ocho estambres, dos o tres carpelos, pero con un solo desarrollo ovario unicelular. El fruto es un aquenio de hasta 3.5 mm, más o menos trígono o plano-convexo, acuminado, pardusco, mate. Prefiere suelos húmedos y ácidos con un pH de 5.5 – 8 indicadoras de alcalinidad. Florece de julio a octubre (Clinton , 1992; Valdes, Talabera, & Fernández-Galiano, 2015).

Crece junto los cursos de agua o en suelos húmedos, de preferencia en los no calizos o descalcificados, desde el nivel del mar a lo 1300m. Crece en presencia de luz aunque es capaz de soportar sombra. Crece en temperatura moderada pero soporta grandes variaciones de temperatura. Aparece en Europa, al SO de Asia, N de África, Madeira y América del Norte. En Guatemala esta especie se considera maleza debido a su hábito de crecimiento y por la gran capacidad que tiene de reproducirse vegetativamente, lo cual hace que su control además de costoso sea temporal (Pareja, 1987; Menéndez, 2011).

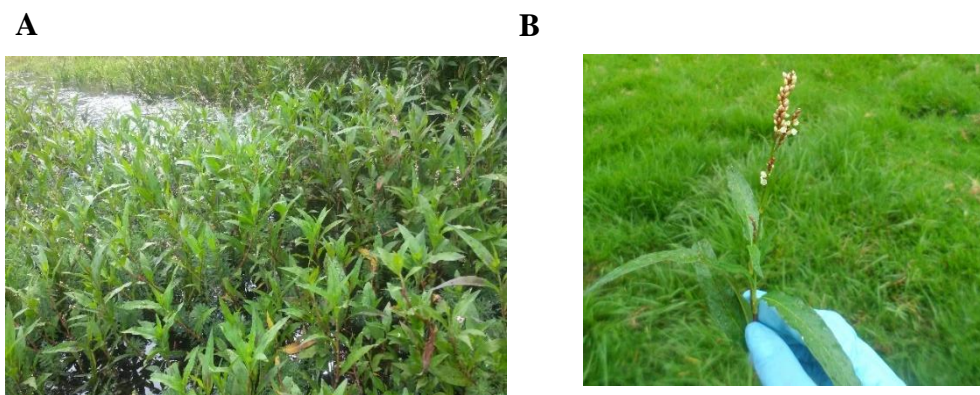


Figura 4.24. *Polygonum hydropiper* A) Hábito libre B) Inflorescencia
Elaboración: Autora

- **Especie:** *Calceolaria tripartita* Ruiz y Pav. (1798)

Esta especie no presentó ninguna clasificación biotipológica. Planta anual, generalmente corta y poco usual que se encuentra en sitios húmedos y perturbados de las regiones templadas. Hierba higrófito, erecta o escandente. Su tamaño es de hasta 1.5 m de alto. Su tallo es de color verde- amarillento a púrpura, a veces con pelillos que puede ser glandulares. Sus hojas son opuestas, de hasta 12 cm de largo, ligera a profundamente divididas, de color amarillo verdoso a púrpura, los márgenes enteros o con denticillos a veces con pelillos. Su inflorescencia son flores solitarias o bien agrupadas, sobre pedicelos de hasta 20mm de largo acompañadas de brácteas. Sus flores son 4 sépalos ovados, algo puntiagudos de hasta 6mm de largo, la corola amarilla. Su fruto es una cápsula ovoide, de hasta 8mm de largo, sobrepasando el cáliz (Puppo, 2006; Huamán Luis *et al.*, 2011)

Originaria de México y hacia el sur hasta Panamá y Perú, naturalizada en otras partes del mundo como Colombia, Australia, Nueva Zelanda, entre otras. Se cultiva ocasionalmente como planta ornamental. *C. tripartita* es una especie bien distribuida, frecuentemente en formaciones de lomas entre los 500-900m; y en los andes cerca de cursos de agua entre 1800-3900m (Vibrans, 2009; Missouri Botanical Garden, 2015)

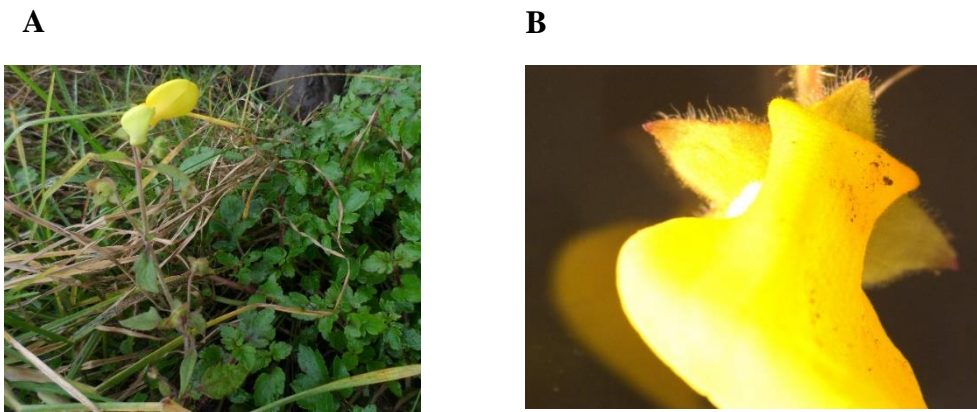


Figura 4.25. *Calceolaria tripartita* A) Hábito libre B) Inflorescencia
Elaboración: Autora

- **Especie:** *Rumex conglomeratus* Murray (1770)

Conocida como labasa paniega o lengua de vaca; es una planta perenne, con tallos de 30-80 cm, que se diferencia por sus hojas de estrechamente ovadas a oblongas, redondeadas en la base, y sus inflorescencias, en forma de racimos espiciformes. Sus flores son pediceladas dispuestas en grupos verticilados acompañados de una hoja. El fruto es un trígono con valvas oblongas, íntegras y obtusas (Gil, 2015).

Florece entre julio y agosto. Se desarrolla en zonas más o menos nitrificadas, especialmente en juncuales; crece en terrenos húmedos, orillas de cursos de agua y terrenos alterados; a pesar de permanecer en el agua, no son plantas flotantes que poseen raíces fijas; esta característica les permite formar una barrera para controlar la invasión del kikuyo. Su reproducción es por semillas y se auto propaga por medio del agua y suelo. Su introducción se debe al transporte de materiales naturales de forma accidental (Castroviejo, Valdés-Bermejo, Rivas-Martínez, & Costa, 1980; Bohórquez , 2009; Inbuy, 2011).

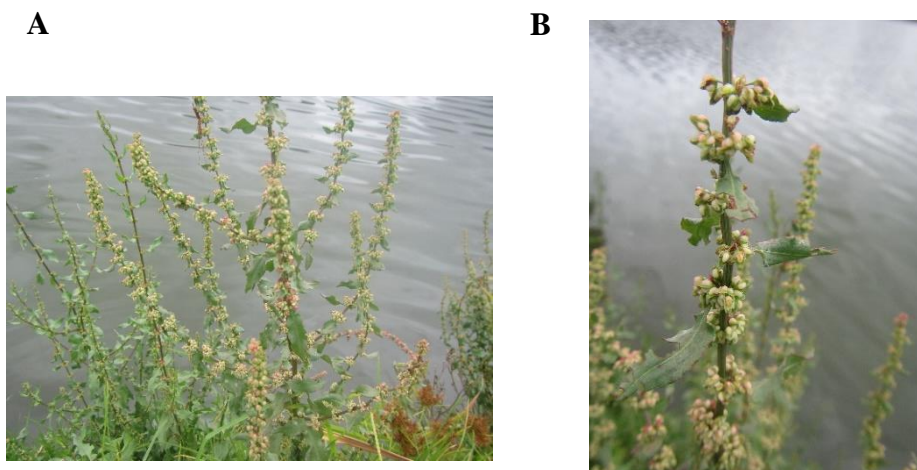


Figura 4.26. *Rumex conglomeratus* A) Hábito libre B) Inflorescencia
Elaboración: Autora

- **Especie:** *Hydrocotyle verticillata* Thunb.

Esta especie se incluye dentro del biotipo ephydata pero no se logró identificar una clasificación fisiotípica. Hierba glabra, con tallos postrados, radicales en los nudos, con entrenudos de 0.4-8cm. Sus hojas tienen de 9-13 nervios, peciolo glabro; inflorescencias iguales o más largas que la hoja adyacente de 4 -28 cm; flores sésiles o subsésiles- pedicelos 0.2-0.4 mm, hermafroditas, con una bractéola de 0.9-1.1 mm, lanceolada, aguda. Su fruto es de color castaño rojizo. Su tamaño oscila entre 5 a 15 cm de altura (Medina , 2003; Díaz M. P., 2011).

Se origina en el Sur de América del Norte y se distribuye en por gran parte de Australia, África y América tropical y Subtropical. También se ha indicado su probable presencia en el sur de Europa. Esta especie no crece en aguas con presencia de carbonatos, absorbe los nutrientes mayoritariamente por las hojas. Sus requerimientos de luz son altos, se desarrolla a temperaturas entre 5-25 °C y un pH entre 5.8 – 7.5. Su propagación es por brotes laterales; es una planta trepadora que crece en lugares pantanosos y húmedos (Carretero, 1997; Méndez, 2012).

A



B



Figura 4.27. *Hydrocotyle verticillata* A) Hábito libre en asociación con azolla B) Inflorescencia

Elaboración: Autora

II) Subdivisión del Biotipo: HYPHYDATA

Plantas, excepto flor o inflorescencia, con todas o casi todas las hojas enteramente sumergidas; uso exclusivo del CO₂ del agua

a) **Fisiotipo Parvopotamida**

Hierbas con tallos largos o rizomas rastreros con ramas largas y flexibles. Con hojas pequeñas.

- **Especie:** *Egeria densa* Planch

Planta herbácea acuática, sumergida excepto las flores. Sus tallos alcanzan los 2 m de largo, con hojas lanceoladas, de 1-4 cm de largo por 2-5mm de ancho. Sus hojas se disponen en verticilos de 4 a 8, salvo en las zonas bajas donde puede ser 3. Sus flores son blancas con tres pétalos, se disponen al final de un largo pedúnculo y flotan en el agua. Fruto 10-14 mm, elíptico; semillas de 5-7 mm. Se reproducen principalmente de forma vegetativa; cada planta presenta un único sexo produciendo flores diferentes que usan para su reproducción (Arguello *et al.*, 1999; Feijoó, García, Momo, & Toja, 2002; Nacif, Vázquez, & Latournerié Cervera, 2007).

Presenta buena tolerancia a ambientes eutroficados, crece rápidamente sin recibir luz suficiente y es una gran productora de oxígeno. Se adapta a un amplio rango de temperatura entre 15-22° siendo el valor más óptimo el cercano a 20, pero su forma de agua fría produce plantas más tupidas, robustas y con más colorido que cuando se las mantiene en aguas tropicales. Prefiere aguas alcalinas. Originaria exótica de Sudamérica, zona sur de Brasil, Argentina y Chile, sin embargo se considera naturalizada en todo el mundo. A pesar de su exclusiva dispersión vegetativa, ha invadido enormes extensiones en diferentes cuerpos de agua del altiplano; además se conoce a esta especie por competir con otras especies nativas (Schmidt-Mumm, 1998; MAGRAMA, 2013).

A

B





Figura 4.28. *Egeria densa* Hábito libre B) Hojas
Elaboración: Autora

b) Fisiotipo Myriophyllida

Hierbas con tallos largos rastreros o ramas largas y flexibles, con hojas muy divididas, capitales.

- **Especie:** *Myriophyllum aquaticum* Velloso Verdcourt, 1973

Conocida comúnmente como milhojas acuáticas, milenrama brasileño, entre otras. Planta perenne de tallo erguido, con hojas pinnadas, dispuestas alrededor de un tallo robusto en grupos de 4 a 6 hojas. Sus hojas miden de 1,5 a 4 cm, poseen alrededor de 25 divisiones en forma de segmentos filiformes por hoja, teniendo un aspecto plumoso y color verde aceituna. El sistema radicular que posee está adaptado para anclarse al sustrato, aunque también desarrolla raíces adventicias desde sus tallos. Tiene flores macho y hembra que nacen de las axilas de las hojas emergidas; las blancas con hembras sin pétalos y con sépalos y estigmas prominentes de un tamaño de 1,5 mm, mientras que las flores masculinas tienen 8 estambres (Cuenca, 2010; M.A.G.R.A.M.A, 2013).

Planta nativa de Sudamérica: Brasil, Bolivia, Ecuador, Perú, Argentina, Chile, Paraguay, Uruguay, con distribución pantropical. Considerada planta invasora por obstaculizar el flujo normal del agua, y llegan a alterar seriamente los ecosistemas de lagos por su rápido

crecimiento que en condiciones adecuadas crea grandes masas. Puede vivir en temperaturas entre 10-30° y un pH entre 5.5-8.0. En cuanto a la iluminación puede hacerlo a pleno sol. Se encuentra en lagos de agua dulce, lagunas, arroyos, canales y parece estar adaptada a ambientes con alta cantidad de nutrientes, mayormente aguas sómeras, donde las nuevas plantas surgen de fragmentos de plantas enraizadas. Esta especie es tolerante a cambios en la salinidad, en algunos ambientes presenta reproducción sexual y asexual, lo que permite que sature espacios favorables y disminuya la competencia interespecífica (Ramírez & San Martín, 1996; Durán-Suárez *et al.*, 201; Alarcón-Elbal, 2013).



Figura 4.29. *Myriophyllum aquaticum* A) Hábito libre B) Hojas
Elaboración: Autora

- **Especie:** *Potamogeton striatus* Ruiz & Pav. (1997)

Esta especie se incluye dentro del biotipo Hyphydata pero no se logró identificar una clasificación fisiotípica. Hierba acuática sumergida arraigada al sustrato, anual o perenne en climas **A**ridos (sobreviven los tubérculos en **B**erno), provista de rizomas y tubérculos. Es planta de crecimiento primavera-estival, que florece en verano – otoño, se propaga por semillas. Se desarrolla en un rango altitudinal entre 800 – 2000 m (JSTOR, 2015). Las partes tiernas son comestibles; en especial los tubérculos. Nativo de América, Bolivia, Paraguay, Chile y Argentina, pero distribuida en Europa desde Finlandia hasta Marruecos, Asia, N. América y Africa (Hellquist, 2005; Rapoport, Marzocca, & Drausal, 2009).



Figura 4.30. . *Potamogeton striatus* A) Hábito libre B) Extracción mediante gancho
Elaboración: Autora

○ **Especie:** *Bacopa monnieri* L. Wettst. 1891

Esta especie se incluye dentro del biotipo Helophyta pero no se logró identificar una clasificación fisiotípica. Planta emergente comúnmente llamada hisopo de agua, lagrima de bebe, bacopa, entre otras. Especie palustre que no suele vivir sumergida de un modo permanente. Presenta hojas ovaladas opuestas y entrecruzadas dispuestas en sentido opuesto en el tallo, algo carnosas y miden 1-2cm de longitud y hasta 1cm de ancho. Son de color verde, más angostas hacia la base y una distancia de entrenudos de 1 cm. Su tallo puede alcanzar los 40 cm de altura. Cuando crece por encima del agua presenta flores de color blanco zigomorfas y más tarde frutos como bayas (Vibrans , Heike, 2009; Martínez, 2015).

Su origen es en el trópico pacífico (americano); zonas tropicales y subtropicales de los cinco continentes (Sur de Europa) y está extendida por toda América desde Argentina hasta México. **A** se desarrolla casi en todas las condiciones **B** orillas de lagunas, corrientes de agua o terrenos encharcados, con iluminación adecuada. Si la iluminación es pobre la distancia de entrenudos en el tallo tiende a alargarse. Se reproduce por medio de esquejes. Se desarrolla mejor a una temperatura de 15-30° y un pH entre 5,8 – 7,5 (Siebers, 1991; Rinconature, 2014).



Figura 4.31. *Bacopa monnieri* A) Hábito libre B) hojas y flor

Elaboración: Autora

4.4. Comunidad de macrófitas acuáticas y su distribución en el Lago de Yahuarcocha en relación a los parámetros bióticos y abióticos

En el Lago de Yahuarcocha se encontró un total de 1.13×10^8 individuos en la época lluvia y $1,0 \times 10^8$ en la época seca, se distribuyeron en 17 especies, 16 géneros y 14 familias, siendo el transecto más abundante el 1, 4, 5 y 9 en los dos periodos de muestreo (Figura 4.32). La mayor abundancia de especies que pertenece a la época de lluvia concuerda con lo registrado en otro trabajo que versa sobre estructura de las asociaciones de macrófitas (Moreno & Guillot, 2012). Del total de taxones 8 fueron comunes en casi la totalidad de transectos de muestreo, mientras que los nueve restantes estuvieron presentes máximo en 6 transectos y mínimo en un solo sitio de muestreo, siendo los taxones menos comunes *L. minor* en el transecto 2, *C. papyrus* en el transecto 7, *P. striatus* en el transecto 11. La riqueza total de especies alcanzada en el lago es de 17 especies de macrófitas acuáticas, siendo relativamente alta si se tiene en cuenta que Ramos & Novelo (1993) y Kiersch *et al.* (2004) reportaron un menor número de especies en lagunas de Colombia y Ecuador respectivamente, que además poseen una extensión superior.

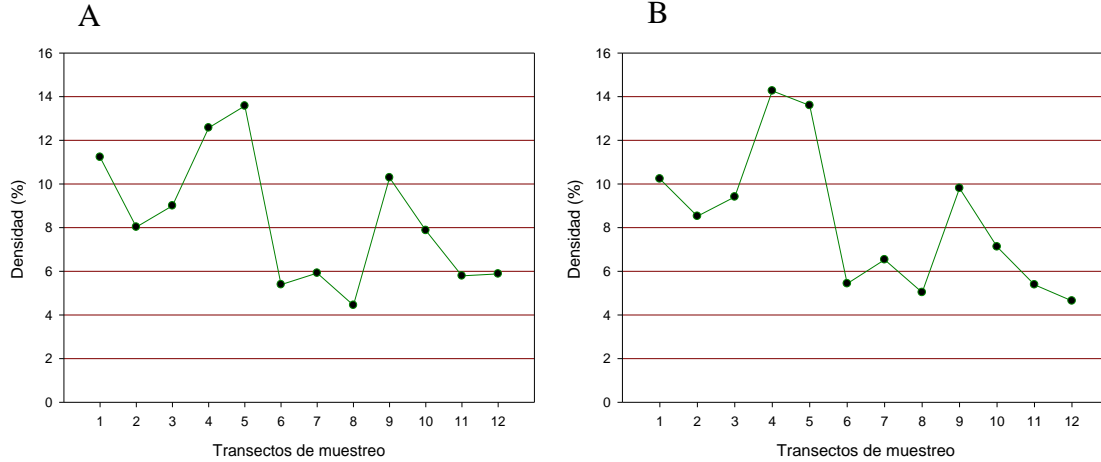


Figura 4.32. Variación temporal de la densidad especies en porcentaje (eje y), en los transectos de muestreo (eje x) de la vegetación acuática en el Lago de Yahuarcocha. A) Época lluviosa B) Época seca
Elaboración: Propia

Discriminando en valores expresados en porcentaje, en los sitios estudiados se observó que los géneros con mayor número de individuos en todo el periodo de estudio comprendido desde Marzo a Agosto del 2015 en el Lago Yahuarcocha fueron: *Schoenoplectus* en el transecto 5 con $2,04 \times 10^7$ individuos/transecto correspondiente al 70,71%, *Typha* en el transecto 7 con $6,0 \times 10^6$ individuos/transecto y 45,17%. Por su parte en los transectos 1, 2 y 3 los géneros *Myriophyllum*, *Hydrocotyle* y *Polygonum* respectivamente reportaron un alto número de individuos con 15.2, 12.03 y 13.03%, en el transecto 11 hubo dos especies con porcentajes similares concerniente a los géneros *Bacopa* y *Myriophyllum* con 12,74% (Figura 4.33).

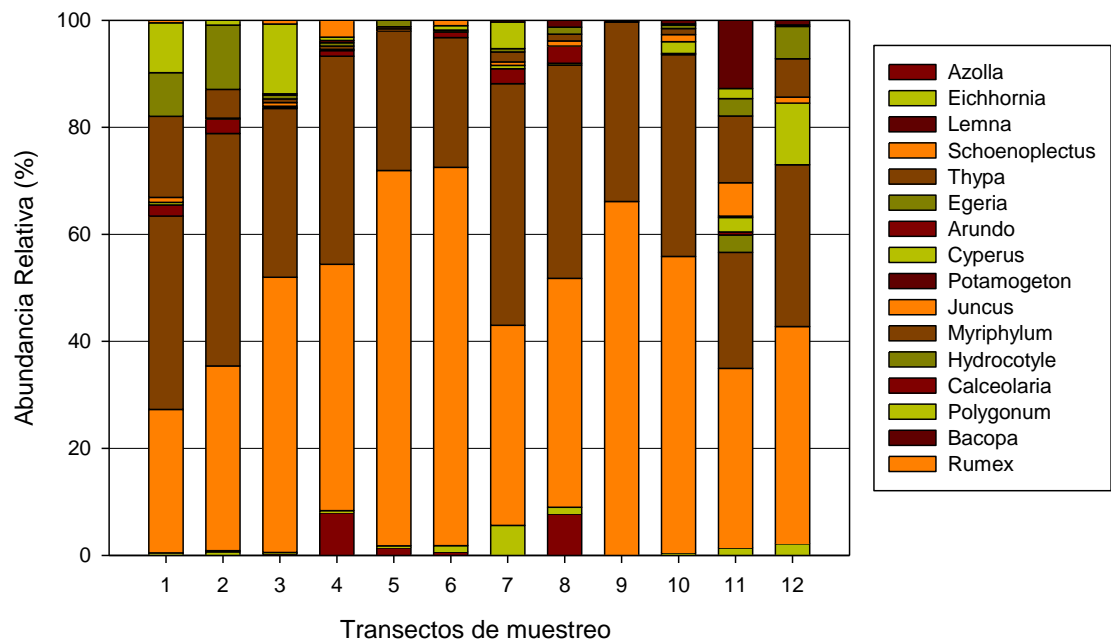


Figura 4.33. Géneros con mayor número de especies en porcentaje (eje y), en los transectos de muestreo (eje x) durante el periodo de estudio Marzo - Agosto 2015).

Elaboración: Autora

Durán-Suárez *et al.* (2011) refiere que la ampliación de cobertura de *M. aquaticum* puede deberse al aumento de contaminación del agua por prácticas agrícolas y actividad antrópica en zonas aledañas al ecosistema acuático, lo cual es consistente con lo encontrado en el lago en estudio ya que durante todo el tiempo de estudio se observó contaminación por vertimientos de agua servida, basura y agroquímicos que llegan por escorrentía de sembríos que se mantienen a su alrededor. La distribución espacial y temporal de las plantas acuáticas presentan diferencias en la estructura de abundancia entre transectos; el gradiente de distribución de abundancia de las macrofitas observado en el Lago Yahuarcocha, se ajusta probablemente a una respuesta de las especies en términos de tolerancia a las variables ambientales como lo menciona Moreno & Guillot (2012) en un estudio realizado a nivel temporal y espacial de plantas acuáticas en un lago de Bogotá.

Fontúrbel (2005) menciona que la reducción de cobertura relativa de la especie *S. californicus* un indicador del avance y la degradación acelerada de los ecosistemas acuáticos. En el lago en estudio es la más dominante, contribuyendo gran parte de la capacidad y resiliencia del lago ya que tiene un metabolismo capaz de absorber los contaminantes del agua, aumentando la capacidad de compensar daños, aunque no ilimitadamente. Otra de las especies dominantes para este estudio es *T.latifolia*, especie que asocia su desarrollo por el incremento de carbono orgánico, nitrógeno y fósforo procedentes de desechos orgánicos (Morales & Salazar, 2012). En general la composición de especies en el periodo de lluvias es similar al de sequía, aunque disminuye la cantidad de plantas en floración, así también lo menciona Durán-Suárez *et al.* (2011) en un estudio de composición de plantas acuáticas realizado en una represa en Colombia.

La vegetación acuática dominante, en su mayoría es emergente con un total de 10 especies equivalente al 58,8%. Entre los géneros más conocidos en este grupo de plantas está *Schoenoplectus*, *Typha*, *Polygonum*, *Juncus*, entre otros. En cuanto a la vegetación flotante constituye el 23,5 % correspondiente a *Azolla caroliniana*, *Eichhornia crassipes*, *Lemna minor L.* e *Hydrocotyle verticillata*. Finalmente la vegetación sumergida ocupa un 17,7% con las especies *Egeria densa*, *Potamogeton striatus* y *Myriophyllum aquaticum* (Figura 4.34).

Distribución de especies de acuerdo a su hábitat

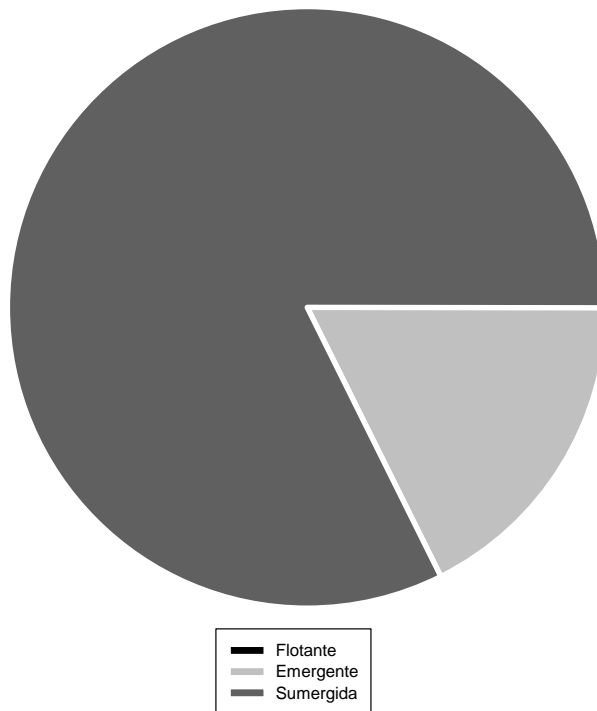


Figura 4.34. Porcentaje de la vegetación acuática de acuerdo a su tipo de hábitat en todo el periodo de muestreo en el Lago de Yahuarcocha

Elaboración: Autora

La vegetación acuática del Lago de Yahuarcocha a nivel espacial posee mayor vegetación emergente en los transectos 9 y 10 con de 99.8 y 97.6% respectivamente, estos porcentajes altos puede deberse a que la gran cantidad de la especie *S. californicus* y *T. latifolia* no permite el crecimiento de especies más pequeñas, además en estos transectos no existe la presencia de entradas de agua lo que favorece el crecimiento de otras especies acuáticas. Ardilla (2009) menciona que el aumento de cobertura de una sola especie acuática, interfiere en el desarrollo de otras plantas, sobre todo las libres flotantes.

En cuanto a la vegetación flotante el transecto 2 representó mayor densidad de especies con 12.9 % siendo la especie más abundante *H. verticilata*. Durán-Suárez *et al.* (2011) indica que la presencia de plantas acuáticas flotantes puede tomarse como indicador de estado trófico en algunos cuerpos de agua; en este sentido, si se tiene en cuenta que la flora

encontrada en el lago ocupa el 23.5%, puede inferirse que este cuerpo de agua presenta un proceso de eutrofización avanzado. Para la vegetación sumergida el transecto 11 presentó mayor densidad de especies con 16% en donde la especie más representativa fue *M. aquaticum* (Figura 4.35). Las especies acuáticas son específicas para seleccionar su ambiente, la forma de vida sumergida crece mayoritariamente en ambientes lénticos sin corriente, por ello se pudo determinar que las especies sumergidas encontradas en el lago presentaron mayor abundancia en el transecto 11 (ubicado en cerca al Cuerpo de Bomberos), donde la corriente está en dirección opuesta, por lo que son aguas quietas y permiten su crecimiento, especialmente de la especie *M. aquaticum* (San Martín *et al.*, 2011).

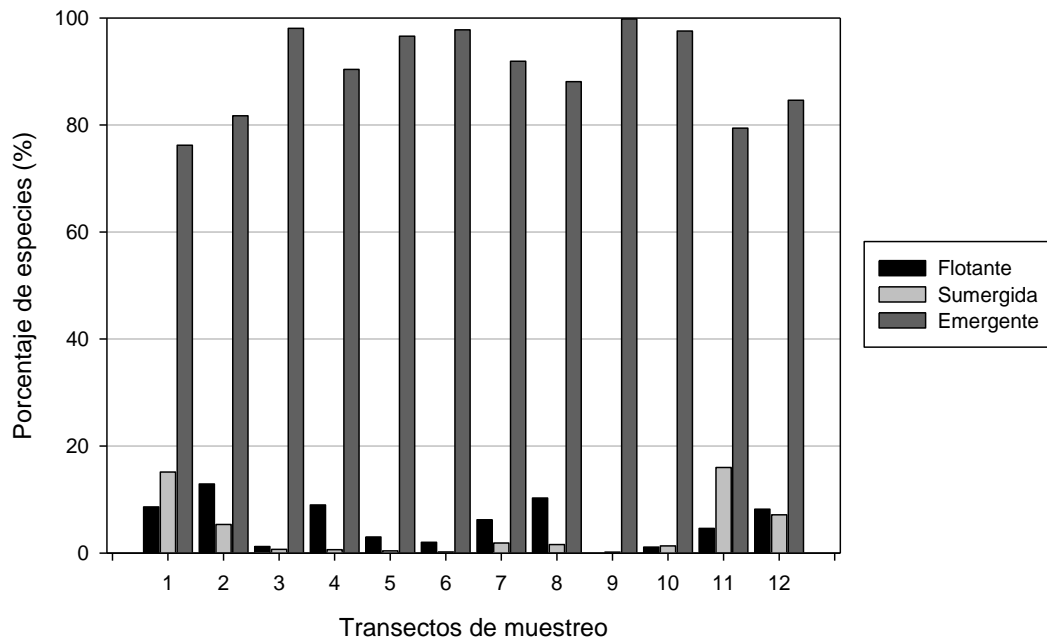


Figura 4.35. Distribución de la vegetación acuática de acuerdo a su tipo de hábitat en los transectos de muestreo todo el periodo de muestreo en el Lago de Yahuarcocha

Elaboración: Autora

En general el lago Yahuarcocha presenta dominancia de plantas emergentes en la mayoría de transectos del lago, probablemente se deba a que este grupo de plantas son perennes y poseen un sistema radical rizomatoso que les permite captar nutrientes del sustrato y emerger del agua para mantener un intercambio gaseoso adecuado sin ser afectado por factores como

la corrientes o fluctuaciones del nivel del agua; además, la reproducción por rizomas es la más frecuente y eficiente en ambientes acuáticos ya que permite la regeneración permanente de tallos juveniles y su propagación es continua (Terneus, 2007). La presencia de pocas especies de abundancia alta parece ser común en este tipo de ambientes intervenidos en donde las condiciones extremas permiten el desarrollo de unas pocas especies dominantes (Mejía, 2011).

4.4.1. Evaluación fisicoquímica del agua en los transectos de muestreo ubicados en el Lago de Yahuarcocha

En el cuadro 4.14 se presentan las características generales del agua del Lago de Yahuarcocha a nivel fisicoquímico y biológico, que permiten evidenciar las condiciones acuáticas poco fluctuantes, excepto para los fosfatos los cuales informan una variación de 61,2% y la riqueza numérica con 87,5%. Además se describe brevemente el comportamiento de cada parámetro, evaluando los 12 transectos de muestreo, en dos épocas climáticas: seca y lluvia durante un ciclo anual. El Lago de Yahuarcocha se puede describir como aguas bien oxigenadas, mineralizadas, con pH alcalinos y temperatura media-alta.

Cuadro 4.14. Valores de las variables físicas, químicas y biológicas en todo el periodo del estudio del lago de Yahuarcocha

| Variables (unidades) | Valor máximo | Valor mínimo | Promedio | CV |
|---------------------------------|--------------|--------------|----------|------|
| Profundidad total (m) | 3,2 | 1,7 | 2,5 | 19,0 |
| Transparencia Secchi (m) | 0,35 | 0,31 | 0,32 | 3,77 |
| Temperatura del agua (°C) | 21,6 | 21 | 21,3 | 0,9 |
| Oxígeno disuelto (mg/L) | 7,0 | 3,6 | 5,1 | 20,5 |
| pH (Unidades de pH) | 8,5 | 8,3 | 8,4 | 0,8 |
| Conductividad eléctrica (µS/cm) | 562,00 | 558,80 | 559,8 | 0,2 |
| Temperatura del aire (°C) | 29,90 | 24,20 | 27,70 | 5,1 |
| Humedad relativa | 49,09 | 36,78 | 42,01 | 8,3 |
| Luminosidad | 53231,50 | 29576,75 | 38109,29 | 18,2 |
| Nitritos (mg/L) | 0,060 | 0,045 | 0,054 | 8,1 |
| Nitratos (mg/L) | 1,84 | 0,4 | 0,95 | 46,5 |

| | | | | |
|----------------------------------|-------|-------|--------|------|
| Fosfatos (mg/L) | 0,865 | 0,170 | 0,312 | 61,2 |
| Sulfatos (mg/L) | 187,5 | 84,0 | 128,29 | 27,7 |
| Diversidad (bet nat) | 2,7 | 1,0 | 1,8 | 29,6 |
| Equidad (adimensional) | 0,8 | 0,4 | 0,6 | 22,8 |
| Dominancia (adimensional) | 0,64 | 0,63 | 0,64 | 1,3 |
| Riqueza Numérica (N° de taxones) | 4 | 17 | 10,5 | 87,5 |
| Elaboración: Autora | | | | |

Por otra parte se menciona la correlación para la cobertura de especies con las diferentes variables físico químicas mediante el análisis de correlación no paramétrico de Spearman en donde se obtuvieron los siguientes resultados (Cuadro 4.15).

Cuadro 4.15. Correlación de Spearman (Significancia de 0.05) entre especies acuáticas y variables físico químicas en el Lago de Yahuarcocha

| ESPECIES | TURBIDEZ | PROFUNDIDAD | TEMPERATURA AGUA | CONDUCT. | OXIGENO DISUELTO | pH | NITRITOS | NITRATOS | FOSFATOS | SULFATOS | TEMPERATURA AIRE | HUMEDAD RELATIVA | LUMINOSIDAD |
|------------------------------------|---------------|---------------|------------------|----------|------------------|---------|----------------|----------|---------------|----------|------------------|------------------|-------------|
| <i>Azolla caroliniana</i> | -0,0393 | -0,2734 | 0,5926 | 0,5527 | -0,6160 | -0,4055 | -0,3451 | -0,1716 | 0,0703 | 0,0000 | 0,5225 | -0,0468 | 0,0390 |
| <i>Eichhornia crassipes</i> | -0,0635 | -0,0035 | -0,0629 | -0,1441 | 0,4755 | -0,0629 | 0,5218 | -0,2168 | -0,2172 | -0,0979 | -0,2517 | 0,2098 | -0,2378 |
| <i>Lemna minor L.</i> | -0,3084 | -0,0437 | -0,1310 | -0,2634 | 0,1310 | -0,3930 | -0,3146 | 0,0437 | -0,0875 | -0,2184 | 0,0437 | 0,0437 | 0,4804 |
| <i>Schoenoplectus californicus</i> | 0,0317 | -0,4729 | 0,4266 | 0,0527 | -0,4545 | 0,1259 | -0,4318 | 0,0699 | -0,1436 | 0,0769 | 0,4476 | -0,1049 | -0,3007 |
| <i>Typha latifolia</i> | -0,3669 | -0,3222 | -0,0350 | -0,2460 | -0,4196 | -0,1399 | -0,5794 | 0,3566 | -0,2067 | 0,1329 | 0,1119 | 0,2657 | 0,0140 |
| <i>Egeria densa</i> | 0,7093 | 0,7252 | -0,2330 | 0,3952 | 0,0999 | 0,0166 | 0,4282 | -0,3994 | 0,3251 | -0,0291 | 0,2247 | -0,7905 | -0,0374 |
| <i>Arundo donax</i> | -0,5684 | 0,0282 | -0,0704 | -0,3752 | -0,1479 | -0,1056 | -0,3008 | 0,1268 | -0,4268 | 0,1549 | -0,0845 | 0,3662 | 0,2465 |
| <i>Cyperus papyrus</i> | -0,4406 | -0,4812 | 0,2184 | -0,4829 | 0,2184 | -0,0437 | 0,2697 | -0,0437 | -0,3062 | -0,1310 | -0,1310 | 0,3057 | -0,4804 |
| <i>Potamogeton filiformis</i> | 0,4846 | 0,4812 | -0,2184 | 0,4829 | 0,4804 | 0,1310 | 0,2697 | -0,2184 | 0,1312 | 0,3057 | -0,3057 | -0,2184 | -0,0437 |
| <i>Juncus arcticus</i> | 0,2416 | 0,2857 | -0,4507 | 0,2089 | 0,4507 | 0,1338 | 0,1051 | 0,2606 | 0,6102 | 0,0211 | -0,7113 | 0,1761 | 0,3169 |
| <i>Cyperus odoratus</i> | 0,2692 | 0,3028 | -0,7763 | 0,0769 | 0,5449 | 0,1605 | 0,4686 | 0,5599 | 0,1402 | 0,3471 | -0,7241 | 0,1792 | 0,0411 |

| | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------------|----------------|---------|----------------|---------|---------------|---------|---------------|---------------|---------|---------------|----------------|---------------|---------|
| <i>Myriophyllum aquaticum</i> | -0,2293 | 0,1716 | -0,7063 | -0,2777 | 0,5804 | 0,0000 | 0,1224 | 0,4685 | -0,0701 | 0,2448 | -0,8252 | 0,5245 | 0,2168 |
| <i>Hydrocotyle verticillata</i> | -0,1305 | 0,1506 | -0,5105 | -0,0668 | 0,2867 | -0,0839 | -0,2555 | 0,2867 | 0,1926 | 0,0490 | -0,5664 | 0,4406 | 0,4126 |
| <i>Calceolaria tripartita</i> | -0,4040 | -0,4416 | 0,1720 | 0,4080 | -0,3817 | -0,3333 | -0,3347 | 0,5698 | -0,2369 | 0,6504 | -0,0430 | 0,3709 | -0,0376 |
| <i>Polygonum hydropiper</i> | -0,5968 | -0,3563 | -0,1197 | -0,0708 | 0,2394 | 0,0634 | -0,2464 | 0,7183 | -0,3245 | 0,6409 | -0,7042 | 0,7465 | 0,1408 |
| <i>Bacopa monnieri</i> | 0,4484 | 0,5195 | -0,3743 | 0,2469 | 0,4679 | -0,2417 | 0,7303 | -0,2417 | 0,4687 | -0,2573 | -0,2183 | -0,3509 | 0,0546 |
| <i>Rumex conglomeratus</i> | -0,4386 | -0,3939 | 0,1955 | 0,2008 | -0,3412 | 0,0666 | -0,4410 | 0,6157 | -0,4522 | 0,7031 | -0,1331 | 0,5201 | 0,0874 |

Elaboración: Autora

4.4.1.1. Oxígeno Disuelto

A nivel espacio-temporal el segundo periodo donde se presentó mayor concentración con 5.58 mg/L, mientras que la época que va desde marzo hasta mayo exhibió el menor nivel con un valor de 4.6 mg/L (Figura 4.36, literal A). Los niveles más altos de oxígenos se evidenciaron al medio día por acción de la fotosíntesis. Sin embargo todos los transectos de muestreo muestran mayores valores en la época seca. A nivel espacial se presentaron diferencias significativas entre el transecto 3, 4, 8 y 9 comparado con los transectos 10 y 11 (Figura 4.36, literal B).

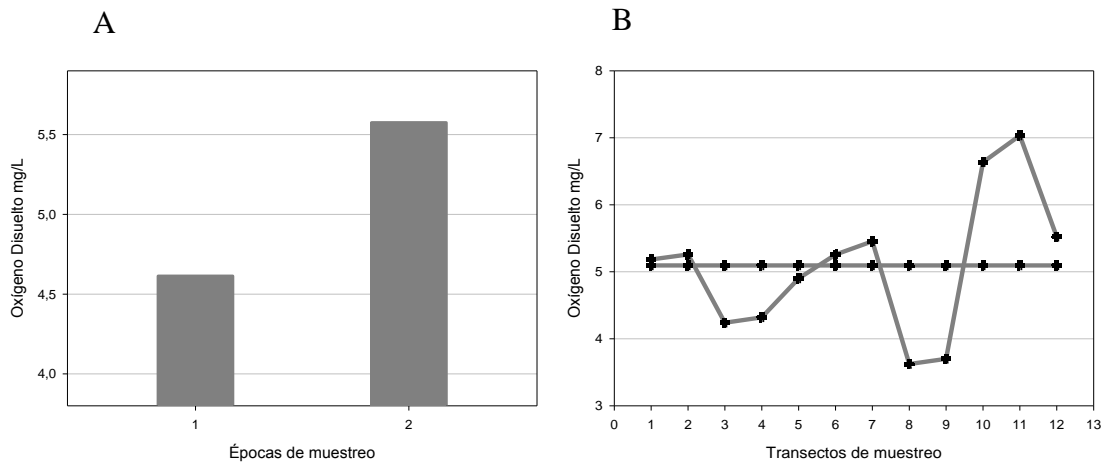


Figura 4.36. A) Variación temporal del oxígeno disuelto en el Lago de Yahuarcocha B) Variación espacial del oxígeno disuelto en el lago de Yahuarcocha eje x (transectos de muestreo) eje y (valores de oxígeno disuelto mg/L)

Elaboración: Autora

El transecto 11 registró los mayores valores de este parámetro en todos los muestreos con un máximo de 7,03 mg/L O₂, lo que determina la suficiente cantidad de oxígeno y calidad de agua aceptable para las especies. Los mínimos niveles de OD se midieron en el transecto 8 y 9 con valores de 3,62 y 3,70 mg/L respectivamente, en estos transectos no existen suficiente cantidad de oxígeno para la respiración de los organismos, ni para la descomposición de la materia orgánica; contribuyendo a una mala calidad de agua; estos resultados se podrían ver

asociados a que en estos dos transectos se realiza la inadecuada extracción de las especies *S. californicus* y *T. latifolia* y al aumento de vegetación y materia animal muerta.

Los transectos restantes presentaron valores cercanos a la media de las muestras con un valor de OD de 5,09 mg/L lo que indica que en general la calidad de agua es aceptable para la respiración de los organismos, esta condición es beneficiosa ya que el oxígeno proviene de los organismos vegetales que contienen clorofila u otro pigmento con clorofila capaz de efectuar la fotosíntesis (Rodríguez, 2011). Según la correlación de Spearman la especie que se relaciona positivamente es *M. aquaticum*, a medida que el oxígeno incrementa esta especie crece, esto se ve evidenciado con transecto donde se encuentra el mayor porcentaje de OD y abundancia de esta especie.

Por otro lado la especie *A. caroliniana* tiende a disminuir su presencia a medida que la concentración de oxígeno sube, o viceversa como sucede en este estudio donde la mayor abundancia de esta especie ocurre justamente en el transecto (4) donde se registró el valor mínimo. Un estudio realizado en ambientes acuíferos menciona que hay un bajo comportamiento de *Azolla* en relación al OD en comparación a otras especies, lo cual valida la información obtenida en este estudio (Vinueza, 2012).

4.4.1.2. Transparencia

De acuerdo a las observaciones realizadas para este trabajo, los valores del Disco Secchi (medida de transparencia de agua) a nivel temporal no se presentó una variación siendo el valor promedio 0.32 m (Figura 4.37 literal A). A nivel espacial el transecto en el que observó la mayor visibilidad fue el transecto 11 con 0.35 m, mientras que los transectos que registró menor visibilidad fueron el 3 y 7 con un valor de 0.30 m, los valores más bajos de transparencia se presentan en los transectos en donde hay mayor crecimiento fitoplanctónico.

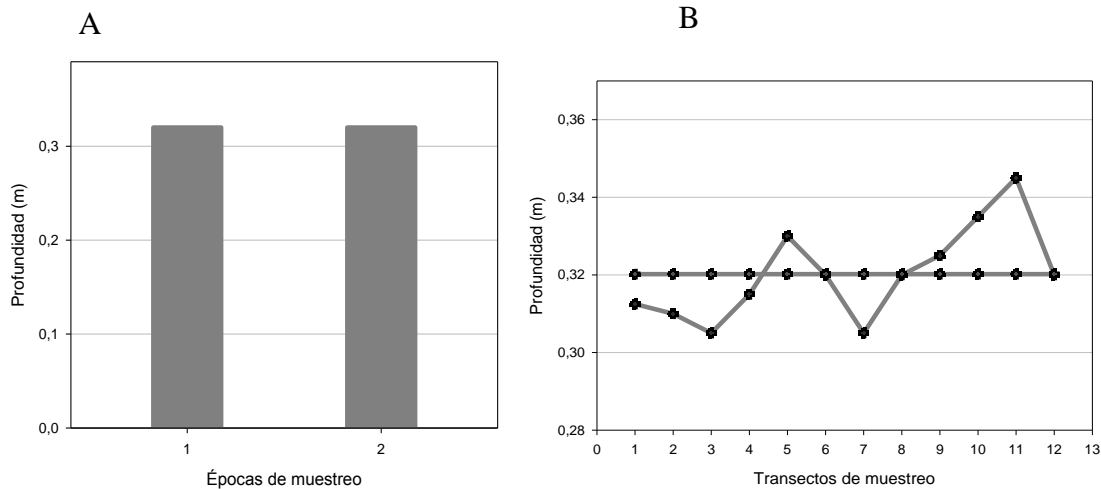


Figura 4.37. A) Variación temporal de turbidez en el Lago de Yahuarcocha B) Variación espacial de turbidez en el lago de Yahuarcocha eje x (transectos de muestreo) eje y (valores de turbidez expresado en metros)

Elaboración: Autora

La profundidad máxima a la cual se desarrollan las plantas refleja la transparencia, este hecho es un importante indicador de estado trófico; el valor promedio de transparencia obtenido para este estudio (0.32) determina que el potencial ecológico del cuerpo de agua es deficiente a malo (Medwet, 2006; Chang, 2015). Arocena (2008) señala según valores similares a los obtenidos a este estudio que el grado trófico de una laguna del Brazo de Este es hipertrófico, lo cual indica problemas pudiendo existir el crecimiento de malezas acuáticas

La turbidez del agua de acuerdo a la correlación de Spearman se relaciona positivamente con la especie *E. densa* al 0.05%, indicando que la diversidad de esta especie se incrementa a nivel que el valor de transparencia sube; esto se debe a que esta especie habita principalmente en aguas ricas en nutrientes (García, Fernández, & Cirujano, 2010). Por otra parte la especie *P. hydropiper* se correlaciona de forma negativa, lo cual indica que a media que el valor de turbiedad incrementa la especie disminuye, esto se debe a que esta especie necesita de luz para su crecimiento óptimo, así lo menciona (Menéndez, 2011). La especie *A. caroliniana* presenta bajo nivel de colonización debido a que usualmente coloniza aguas transparentes y oligotróficas, caso que no aplica para este sistema. (San Martín, Pérez, Montenegro, & Álvarez, 2011). El bajo porcentaje de riqueza de plantas sumergidas que presentó este

estudio puede deberse a que este grupo de especies no tenían la entrada de luz adecuada para su desarrollo, así lo menciona Ramos & Novelo (1993).

4.4.1.4. Profundidad

La profundidad a nivel temporal no varió significativamente teniendo en la época de lluvia un valor de 2.51 m, mientras que la época seca obtuvo 2.48 m; con un CV de 19.0%. Al analizar espacialmente cada uno de los transectos de muestreo se observó que los puntos menos profundos se encuentran en los transectos 3 y 7 correspondiente a 1.8 y 1.7 m respectivamente. El transecto que registró mayor profundidad fue el 11 con un valor de 3.2 m. Terneus (2002) realizó un estudio en dos lagos del Ecuador y señala que en las especies acuáticas existe la tendencia de ocupar aguas poco profundas debido a que la concentración de nutrientes y la cantidad de luz disponible en las orillas favorece su crecimiento y desarrollo; este factor se ve relacionado con transectos en donde se encontró la mayor abundancia de especies, donde también se halló la menor profundidad (Figura 4.38).

Ramos & Novelo (1993) realizaron una caracterización de las comunidades de macrofitas en lagunas de Boyacá-Colombia y se muestra una profundidad promedio similar al del lago de Yahuarcocha, y menciona que las diferencias en la morfometría de las lagunas y en entrada de luz, determinan las divergencias en la distribución de las especies. El análisis de Spearman determinó que a medida que el valor de profundidad aumenta *E. densa* tiene mejor desarrollo. Bonilla & Novelo (1995) mencionan que en cuerpo de agua a medida que la profundidad disminuye, las hidrófitas sumergidas tienden a desaparecer, principalmente la especie *E. densa*, esto se puede ver asociado a que el nivel de agua en el lago de Yahuarcocha ha disminuido considerablemente con el transcurso del tiempo, por ello se ha visto una considerable disminución de esta especie en particular.

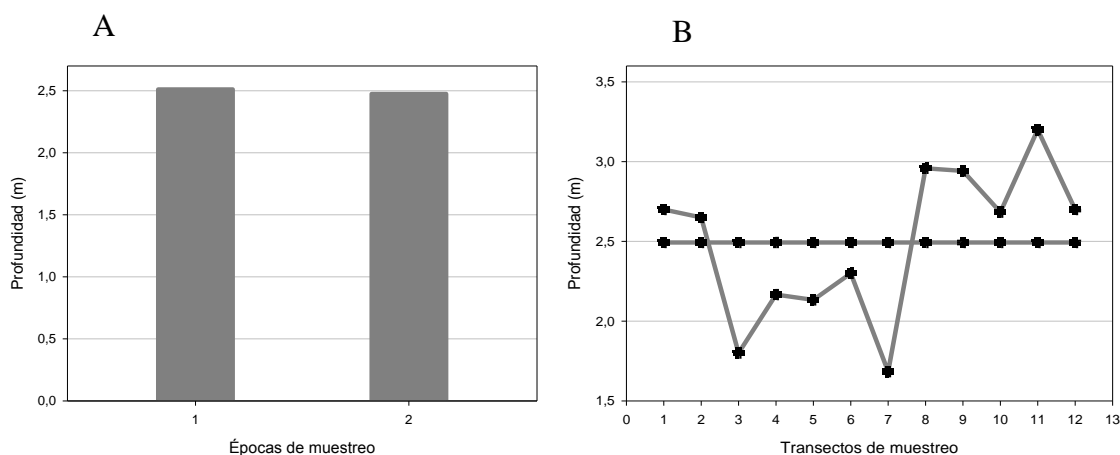


Figura 4.38. A) Variación temporal de la profundidad en el Lago de Yahuarcocha 1. Época lluviosa 2. Época seca B) Variación espacial de la profundidad en los transectos de muestreo lago de Yahuarcocha eje x (transectos de muestreo) eje y (valores de profundidad expresado en metros).

Elaboración: Autora

4.4.1.5. Temperatura

La temperatura del agua es moderada-alta; a nivel temporal mostró una variación de 2,6° siendo a la época de lluvia la cual mostró un valor mayor con 22 °C mientras que la época seca alcanzó un valor de 20 ° C. A nivel espacial como se muestra en la figura 4.39, literal B el transecto que presentó mayor temperatura del agua fue el 5 con una temperatura media de 21,6°C seguido de los transectos 3, 6 y 7 con valores similares. Los valores más bajos de temperatura se registraron en el transecto 1, 10 y 12 con una temperatura de 21, 21.1 y 21°C respectivamente (Figura 4.39).

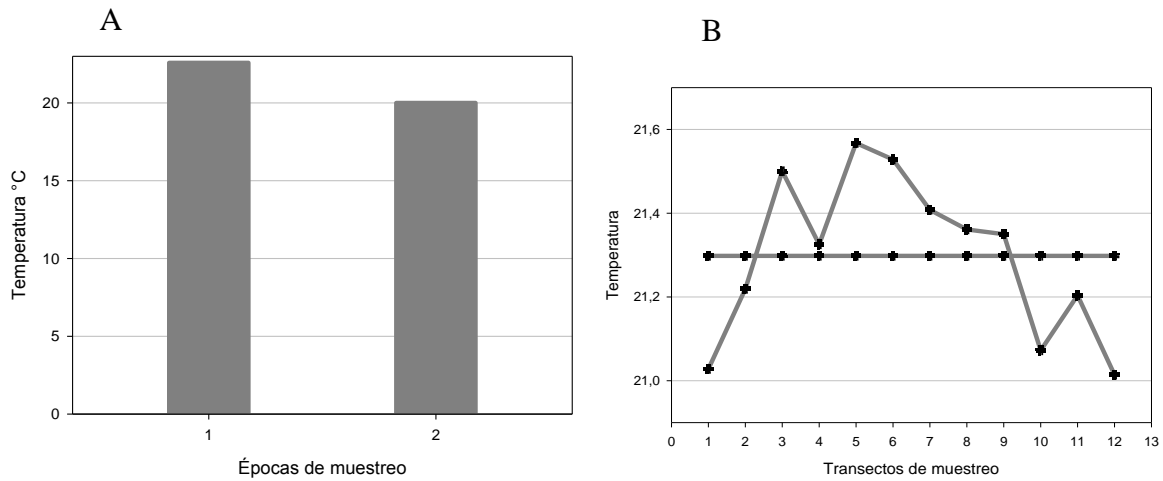


Figura 4,39, A) Variación temporal de la temperatura del agua en el Lago de Yahuarcocha B) Variación espacial de la temperatura del agua en el lago de Yahuarcocha eje x (transectos de muestreo) eje y (valores de temperatura °C)

Elaboración: Autora

Los sitios de mayor abundancia de especies se ven relacionada con los transectos en donde la temperatura es mayor, es así que el transecto 12 registró temperaturas más bajas y menor porcentaje de especies. Acosta-Arce & Agüero-Alvarado (2006) indica que la mayoría de plantas acuáticas sometidas a un incremento de temperatura llegan a su máxima biomasa especialmente en época seca, pues la temperatura constituye un factor importante en cuanto al ciclo y distribución de plantas en zonas templadas. Sin embargo cabe resaltar que posiblemente los resultados mostrados estén relacionados con el horario de muestreo, que para este estudio osciló entre 9:00am a 1:00pm en todas las salidas.

Un problema que pueden presentar las plantas acuáticas es que a elevadas temperaturas durante todo el año promueve su crecimiento y acortan la vida de las plantas. Esto puede provocar una considerable acumulación de materia orgánica que al liberar nutrientes estimula su crecimiento. En los lugares en que se descuida el control de crecimiento de las macrófitas su presencia puede considerarse un problema. San Martín, Pérez, Montenegro, & Álvarez (2011) menciona que una de las principales limitaciones para el crecimiento de las macrófitas es las bajas temperaturas. En general la temperatura del agua no muestra variaciones drásticas a través del tiempo en el lago, por tanto no parecería explicar los cambios en la composición

florística en el a pesar de ser un factor relevante en procesos metabólicos y reproductivos en las plantas. Sin embargo, si muestra un cambio entre transectos en este parámetro, debido a las condiciones ambientales propias de ambientes tropicales cortos períodos de tiempo.

Se ha determinado que la especie *A. caroliniana* tiene un mayor crecimiento a un rango de temperatura entre 20 y 22°, es decir es directamente proporcional, cuando la temperatura del agua aumenta la especie también (Ardilla, 2009). Para las especies *C. odoratus* y *M. aquaticum* en relación a la temperatura del agua presenta una correlación negativa, lo cual revela que las especies disminuyen cuando los valores de temperatura aumentan.

4.4.1.6. Conductividad

El lago de Yahuarcocha presentó una conductividad promedio de 559.83 $\mu\text{s}/\text{cm}$ y osciló entre 557 y 562.8 $\mu\text{s}/\text{cm}$, registrados respectivamente en la época seca y lluviosa. Como se muestra en la figura 4.40, el transecto 11 alcanzó el valor más alto con 562.00 $\mu\text{s}/\text{cm}$, mientras que el transecto 7 registró el valor más bajo con 558.75 $\mu\text{s}/\text{cm}$. Probablemente los datos obtenidos de conductividad tienen un comportamiento similar ya que las muestras fueron tomadas durante el día, durante la noche la respiración puede modificar la concentración de sales en el medio elevando su concentración (Terneus, 2007).

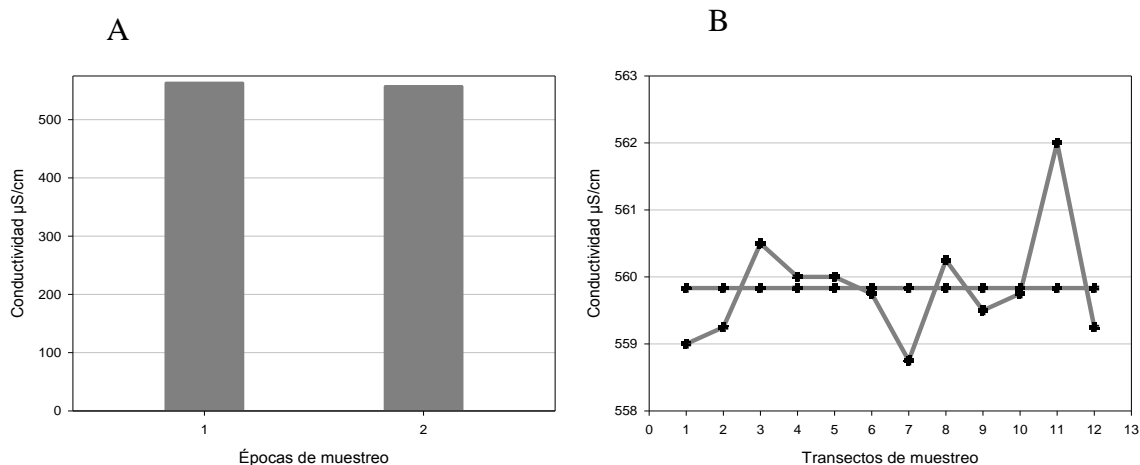


Figura 4.40. A) Variación temporal de la conductividad del agua en el Lago de Yahuarcocha B) Variación espacial de la conductividad en el lago de Yahuarcocha eje x (épocas y transectos de muestreo) eje y (valores de conductividad)

Elaboración: Autora

Los valores altos de conductividad en el lago se deben principalmente a las descargas de aguas residuales, debido al aumento de concentración de Cl , NO_3 y SO_4 u otros iones. La vegetación acuática aumenta en riqueza a medida que los valores de conductividad incrementan, esto se evidencia en el transecto en donde se presenta el valor más alto de conductividad y la número de especies (14) (Terneus, 2002). Para este parámetro no se reportó ninguna especie que tenga relación de acuerdo a la correlación no paramétrica de Spearman.

4.4.1.7. pH

Los valores tuvieron una media de 8.40 no variaron considerablemente durante el estudio (CV= 0,8) (Figura 4.41 literal A). Los valores promedio por estación a nivel general presentaron aguas básicas o alcalinas que indica que puede tener efectos benéficos para la biota acuática así como para los cultivos, ya que el agua de los canales tiene un uso agrícola. Por lo general este rango permite controlar sus efectos en el comportamiento de otros constituyentes del agua (Martel, 2005).

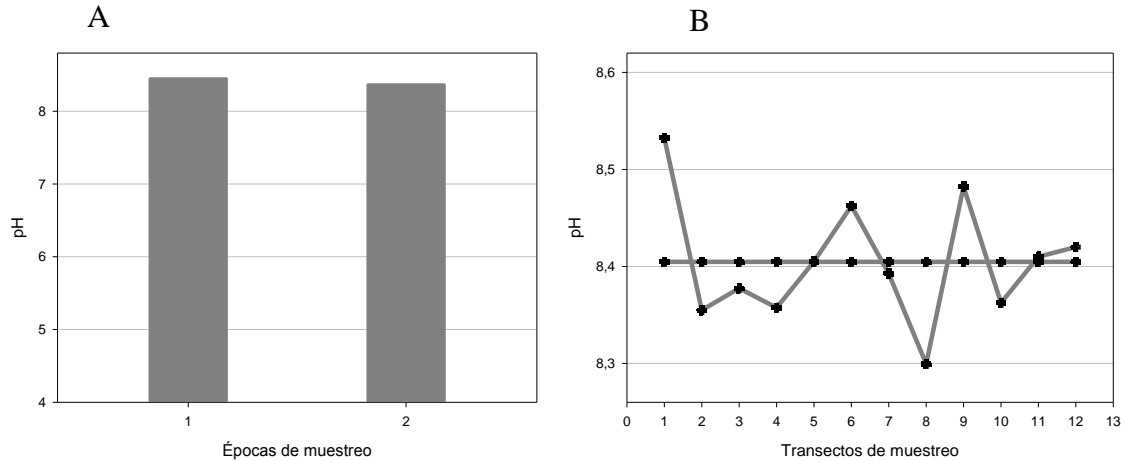


Figura 4.41. A) Variación temporal del pH el Lago de Yahuarcocha B) Variación espacial del pH en el lago de Yahuarcocha eje x (transectos de muestreo) eje y (valores de pH)

Elaboración: Autora

A nivel temporal variación temporal el pH no es significativo en las dos estaciones (0.4). A nivel espacial el transecto que registró el valor máximo fue el 1 con 8.53, y el menor valor fue el transecto 8 con 8.30 (Figura 4.41, literal B). El pH posee una estrecha independencia entre las comunidades vegetales y el medio acuático. Este fenómeno ocurre a medida en que las comunidades acuáticas interfieren en el pH, así como el pH interfiere de diferentes maneras en el metabolismo de comunidades (Durán-Suárez *et al.*, 2011). Por lo general un aumento en la temperatura hace que el pH se vea disminuido, probablemente los datos obtenidos puede deberse a que las muestras fueron tomadas en horas de la mañana. Gómez (2009) menciona que las condiciones son favorables para el crecimiento de algas cuando la luz del sol entibia la temperatura y el agua es más alcalina. Para este parámetro no se reportó ninguna especie que tenga relación estadística significativa.

4.4.1.8. Nitratos

Como se observa en la figura 4.42 A, este parámetro mostró concentraciones promedio en las estaciones estudiadas entre 0.4 a 1.84 mg/L de N-NO₃-N, con una media de 0.95 mg/L de N-NO₃-N, lo que indica que se encuentran en un rango normal siendo este esencial en el

crecimiento de las plantas. Los valores predominantes se presentaron en la época seca correspondiente entre junio – agosto. Como se aprecia en la Figura 4.42 literal B, se evidencia una clara separación del transecto 3 con 1.84 mg/L, el cual mostró diferencias significativas con los transectos 5, 8 y 9 que registraron valores de 0.40, 0.47 y 0.48 mg/L. En contraste los transectos 6, 7 y 11, mostraron valores inferiores y similares entre sí; mientras que los transectos 1, 4, 10 y 12, mostraron valores superiores y similares entre sí.

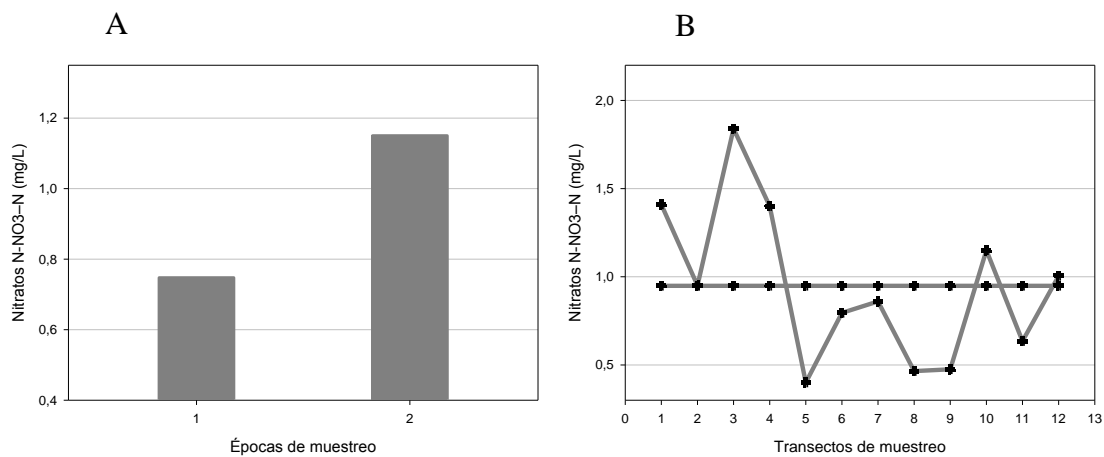


Figura 4.42. A) Variación temporal de Nitrato N-NO₃-N el Lago de Yahuarcocha B) Variación espacial de Nitrato N-NO₃-N en el lago de Yahuarcocha eje x (transectos de muestreo) eje y (valores de nitrato expresado en mg/L)

Elaboración: Autora

La mayor concentración de nitratos (1.90 mg/L de N-NO₃-N) se encontró en la época seca que corresponde a los meses entre junio hasta agosto, mientras que la menor fue de 0.31 mg/L de N-NO₃-N, registrada en el transecto 12 para la época de lluvia que va desde marzo a mayo. La carga de nutrientes que recibe el lago de Yahuarcocha por parte de la población puede estar favoreciendo la colmatación vegetal y la disminución del área de inundación. Durán-Suárez *et al.* (2011) menciona como la carga de nutrientes favorece el crecimiento de especies acuáticas como *M. aquaticum*, lo cual favorecería la pérdida de hábitats y comunidades acuáticas.

Mejía (2011) realizó un estudio en el Humedal de Jaboque que tiene características similares a las del área en estudio, y menciona que los nitratos son una fuente principal de la eutroficación, y que una de las causas principales es el uso intensivo de fertilizantes químicos, lo que implica una modificación al flujo de nutrientes en el cuerpo de agua, en este contexto se puede observar claramente que el transecto que registró el valor más alto de este nutriente tiene que ver con la presencia de los cultivos que se encuentran a su alrededor, lo cual favorece su concentración en relación a los demás transectos. De la misma forma en los transectos que se observó los niveles más bajos de nitratos puede estar asociado a factores como la adsorción de estos por la cantidad de vegetación que existe ahí, sumados a procesos de desnitrificación, mecanismo que se considera dominante en la disminución de nitratos en lagos.

En cuanto a la correlación de Spearman se identificó que la especie *T. latifolia* se relacionó negativamente, de forma que a medida que los nitratos aumentan, esta especie disminuye. Plaza de los Reyes, Pozo, Neubauer, & Vidal (2010) mencionan que el aumento de cargas de nitrógeno sobre un valor normal genera la disminución en el crecimiento de biomasa de *T. latifolia*; esto se ve relacionado con la abundancia de especies para este estudio ya que registra valores bajos donde la concentración de este nutriente aumenta. Para la especie *B. monnieri* la correlación es directamente proporcional, mostrando que mientras haya aumento del nutriente la especie incrementará.

4.4.1.9. Nitritos

A nivel temporal en las dos épocas de muestreo se presentaron una tendencia un poco dispersa de nitritos, con una media de 0.05 mg/L. Sin embargo el mayor valor de 0.07 mg/L de NO₂-N, se presentó en el segundo periodo de muestreo (junio-agosto) y el menor de 0.04 mg/L de NO₂-N se registró en el primer periodo correspondiente a las altas lluvias (marzo-mayo) (Figura 4.43 literal A). El comportamiento estacional mostrado en Figura 4.43 B denota una separación evidente entre el transecto 10 y 12 con el transecto 3. Los transectos

10 y 12 con el máximo valor del estudio fue (0.060 mg/L). En contraste el transecto 3 que presentó el menor valor en concentración tuvo un valor de (0.045 mg/L).

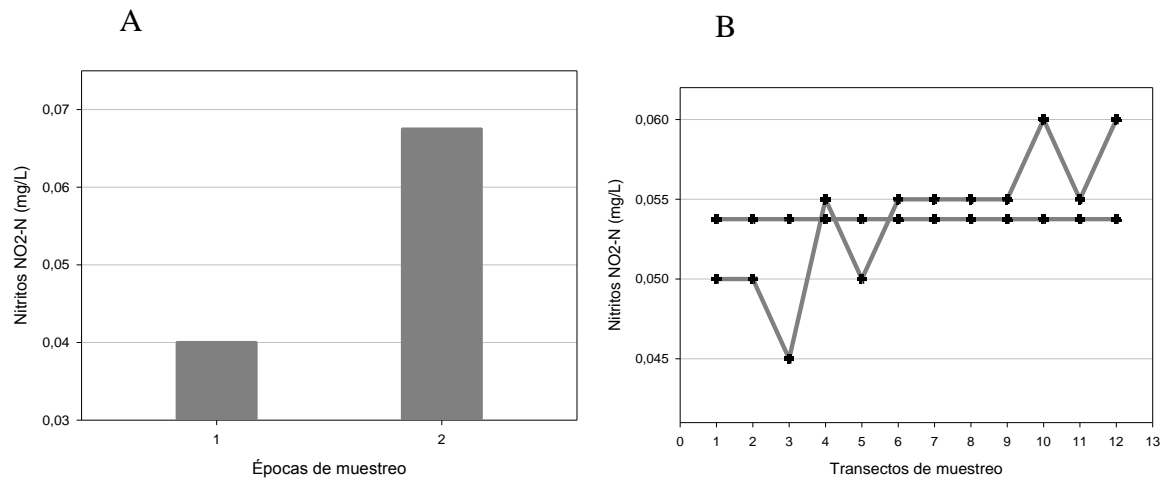


Figura 4.43. A) Variación temporal de Nitrito NO₂-N el Lago de Yahuarcocha B) Variación espacial del Nitrito NO₂-N en el lago de Yahuarcocha eje x (transectos de muestreo) eje y (valores de nitrito expresado en mg/L)

Elaboración: Autora

Los nitritos fue la forma menos abundante de nitrógeno alcanzando inclusive valores uniformes para el método aplicado, siendo el valor máximo tolerable hasta 0.1 mg/l NO₂-N. Esto puede corresponder por una parte que los nitritos no son químicamente estables en lagos y por otra que la acción de las bacterias convierten rápidamente nitritos en nitratos (Mejía, 2011; Gonzales, 2015). Según la correlación de Spearman la especie *P. hydropiper* y *R. conglomeratus* se relacionan de manera positiva con los nitritos, lo cual quiere decir que a medida que se incrementa este nutriente, la densidad de estas especies aumenta.

4.4.1.10. Fosfatos

Al analizar los fosfatos a nivel temporal se observó una diferencia entre periodos siendo la época lluviosa la que ocupó el valor más bajo con un promedio de 0.19 mg PO₄-P/l, por su parte la época seca registró el valor mayor con 0.43 mg PO₄-P/l. A nivel espacial el comportamiento mostrado en Figura 4.44 revela una separación evidente entre el transecto 8

y los demás transectos que en general se encuentran cerca de la media muestral (0.312 mg/l). Los transectos con el mínimo valor del estudio fueron el 4 y 6 correspondientemente a los valores 0.17 y 0.18 mg/l. En contraste el transecto 8 que presentó el mayor valor en concentración tuvo un valor de (0.87 mg/l).

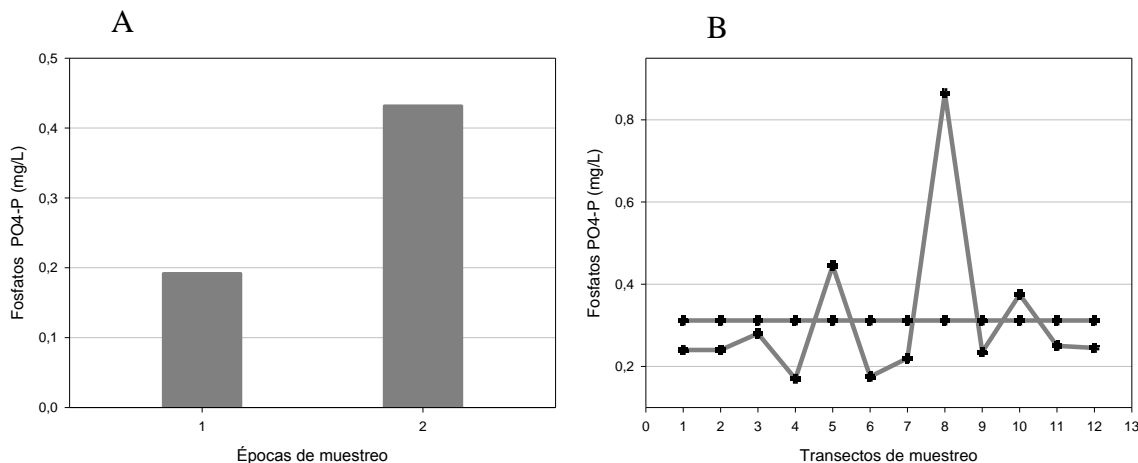


Figura 4.44. A) Variación temporal de Fosfatos PO4-P- el Lago de Yahuarcocha B) Variación espacial de Fosfatos en el lago de Yahuarcocha eje x (épocas y transectos de muestreo) eje y (valores de Fosfato expresado en mg/L)

Elaboración: Autora

Teniendo en cuenta que el valor promedio de fosfatos para un cuerpo de agua deberá ser inferior a 0.2 mg PO₄-P/l, se puede observar que en la época seca las concentraciones son críticas para la eutrofización incipiente, cuando el crecimiento de las plantas aumenta, el agua se torna turbia y verdosa, lo cual proviene de la clorofila que contiene las plantas pequeñas; el exceso de plantas debido a demasiado fosfato en el cuerpo de agua causa efectos negativos ya que cuando las plantas mueren estas caen al fondo y al descomponerse consumen la mayor parte de oxígeno en el agua (Durán, 2010). Como se observa en la Figura 4.44 literal B en el transecto en donde se registró el valor más alto de fosfato es justamente en donde existe menor valor de oxígeno disuelto para este estudio, lo cual pone en peligro la vida de otros organismos.

Gonzales (2015) menciona que los fosfatos al igual que los nitratos son nutrientes para las plantas, pues cuando entra demasiado fosfato al agua, florece el crecimiento de estas, esta situación puede verse asociado a casi todos los transectos de muestreo ya que a excepción de transecto 4 y 7 los demás tienen concentraciones de fosfatos altas. Una de las principales razones para los altos valores de fósforo en el lago es el establecimiento y desarrollo humano, así como el aumento de uso de fertilizantes, aunque también el estiércol y heces, lo cual fue evidente en todas las salidas de campo.

Una de las razones por las que vemos que el proceso de eutrofización avanza es la ventaja de las plantas enraizadas, ya que tienen mayor y permanente disponibilidad de fósforo con relación al fitoplancton y bacterias, pues estos organismos pueden llegar a agotar el fósforo de la zona trofógena durante épocas de intenso desarrollo. En otras palabras, las macrófitas actúan como especies de bombas que extraen el fósforo del sedimento, poniéndolo a disposición del fitoplancton en la columna de agua (Roldán & Ramírez, 2008). Según la correlación de Spearman la especie que tuvo relación positiva con los fosfatos es *J. arcticus*, lo cual indica que a medida que incrementa los valores de nitrato, la abundancia de esta especie también aumenta; probablemente por esta razón es que esta especie no registra ningún individuo en los transectos en donde los valores de fosfatos tienen los valores más bajos.

4.4.1.11. Sulfatos

A nivel temporal se observó una clara diferencia siendo la época de seca la que obtuvo el máximo valor con un promedio de 178.33mg/l mientras que la época de lluvia registro un valor de 78.25mg/l. A nivel espacial se presentó una variación muy dispersa entre transectos de muestreo, el transecto 3 y 4 obtuvieron los valores más altos correspondientes a 175.0 mg/l y 188.0 mg/l, por su parte los transectos que registraron valores mínimos fueron el 5, 8, 10 y 2 correspondientes a los valores 84, 85, 90 y 96 mg/l de SO₄²⁻ (Figura 4.45).

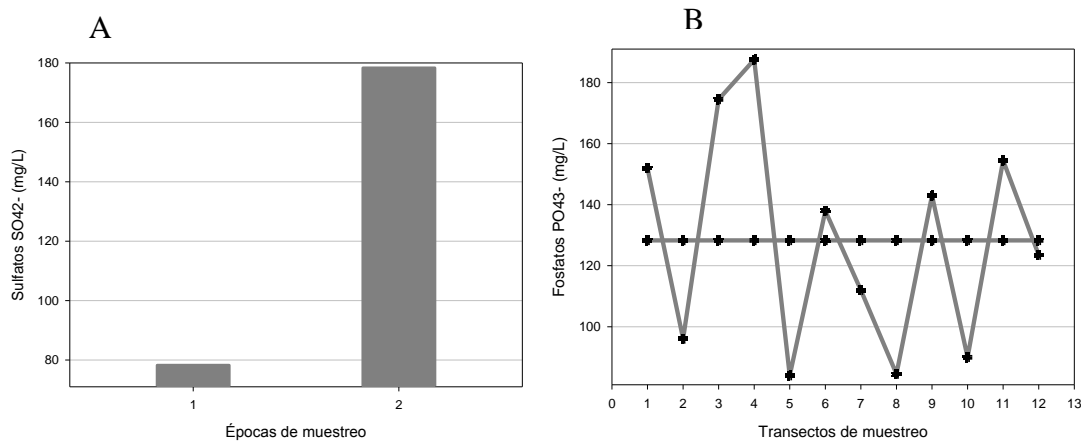


Figura 4.45. A) Variación temporal de Sulfatos SO₄²⁻ el Lago de Yahuarcocha B) Variación espacial de sulfatos en el lago de Yahuarcocha eje x (épocas y transectos de muestreo) eje y (valores de Sulfatos expresado en mg/L)

Elaboración: Autora

En general las concentraciones de sulfatos no exceden los límites máximos permisibles, aunque se puede ver un claro incremento de 100 mg/l en la época seca lo cual no presentan toxicidad pero si problemas en la calidad y usos del agua; probablemente este incremento se vea relacionado con el uso de fertilizantes por parte de los agricultores de las zonas aledañas y otras fuentes antropogénicas como la contaminación con aguas residuales industriales. De la misma forma a nivel espacial se pudo observar en las salidas de campo que todos los transectos poseen entrada de contaminación en la industria química (fertilizantes, pesticidas, jabón, vidrios, papel, entre otros), lo cual puede responder a las altas y bajas concentraciones de este compuesto. Los sulfatos se relacionaron positivamente con las especies *C. tripartita*, *P. hydropiper* y *R. conglomeratus*, es decir que a medida que incrementa la concentración de sulfatos también aumenta el porcentaje de estas especies.

4.4.1.12. Temperatura del aire, humedad relativa y luminosidad

A nivel temporal la temperatura del aire mostró una variación de 4° siendo la época lluviosa la que registró el valor más alto con 29.87 °C, mientras que la época seca mostró un valor de 25.53 °C (Figura 4.46. Literal A). El coeficiente de variación de la temperatura del aire fue de 5.1%, lo cual muestra que las variaciones no son significativas, así lo indica Roldán &

Ramírez (2008) donde menciona que la temperatura en los tropicos varías con la altura pero permanece mas o menos cosntante a lo largo del año.

A nivel espacial la temperatura del aire registró el valor más alto en el transecto 9 con un valor de 29.9 °C, seguido del transecto 8 con valor similar. Los transectos con menor valor se encuentran en el transecto 1 con 24.2 °C. En general a nivel espacial existe un valor promedio de temperatura de 27.7 °C. Teniendo en cuenta la correlación de Spearman existe una correlación inversamente proporcional de la temperatura del aire con las especies *J. arcticus*, *C. odoratus*, *M. aquaticum* y *P. hydropiper*, es decir que a medida que la temperatura del aire disminuye estas especies tienden a incrementar, esto se ve identificado con la abundancia de estas especies como *Cyperus* que muestra un porcentaje de 15.15% y *Polygonum* con 13.03%, justamente donde se ve valores bajos de temperatura. Estas especies poseen un estrecha relación con este parámetro, probablemente por se caracterizan por soportar variaciones bruscas de temperatura o tener un amplio rango de temperatura para su crecimiento (Pareja, 1987; Ramírez & San Martin, 1996; Ferrer-Gallego & Laguna, 2013).

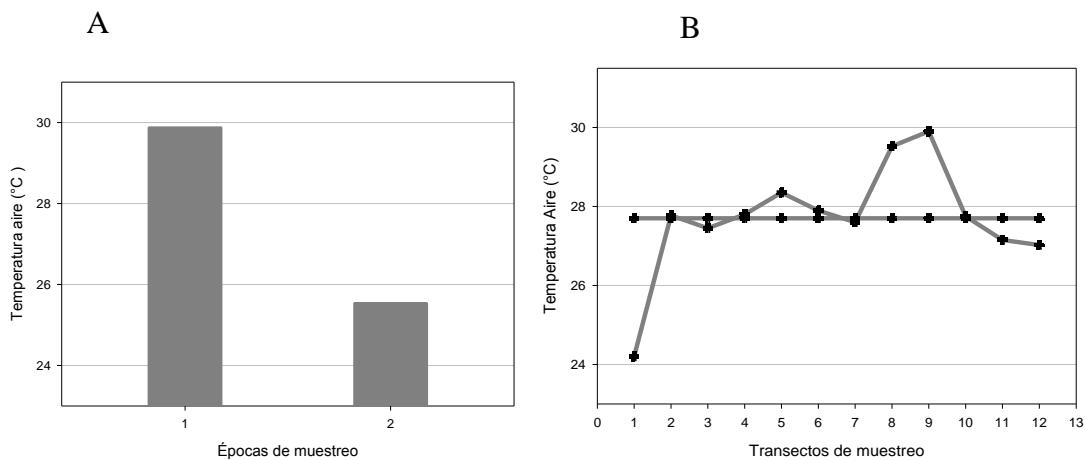


Figura 4.46. A) Variación temporal de la temperatura del aire en el Lago de Yahuarcocha B) Variación espacial de la temperatura del aire en el Lago de Yahuarcocha eje x (épocas y transectos de muestreo) eje y (valores de temperatura expresado en °C)

Elaboración: Autora

En cuanto a la humedad relativa a nivel temporal se registró el valor más alto en la época lluviosa con 46.86%, mientras que la época seca mostró el menor valor con 37.15%. A nivel

general se obtuvo un promedio de 42% y un CV=8.3% de humedad relativa lo cual indica que no tiene diferencias significativas (Figura 4.47 literal A). A nivel espacial el transecto que registró mayor valor de humedad relativa se encuentra en el transecto 1 con 49.09%, seguido del transecto 3 con 44.20%; por su parte los valores más bajos se registraron en los transectos 9, 10 y 8 con 36.8, 37.05 y 37.78 respectivamente (Figura 4.49 literal B).

Teniendo en cuenta la correlación de Spearman existe una correlación directamente proporcional de la humedad relativa con la especie *E. densa*, es decir que a medida que la humedad relativa aumenta, esta especie incrementa. Por el contrario la especie *P. hydropiper* actúa inversamente proporcional a este factor, indicando que mientras mayor sea el valor de la humedad, la abundancia de esta especie disminuye, esto puede darse debido a que esta especie se desarrolla con mucha luz, y prefiere suelos moderadamente secos a húmedos (Pareja, 1987).

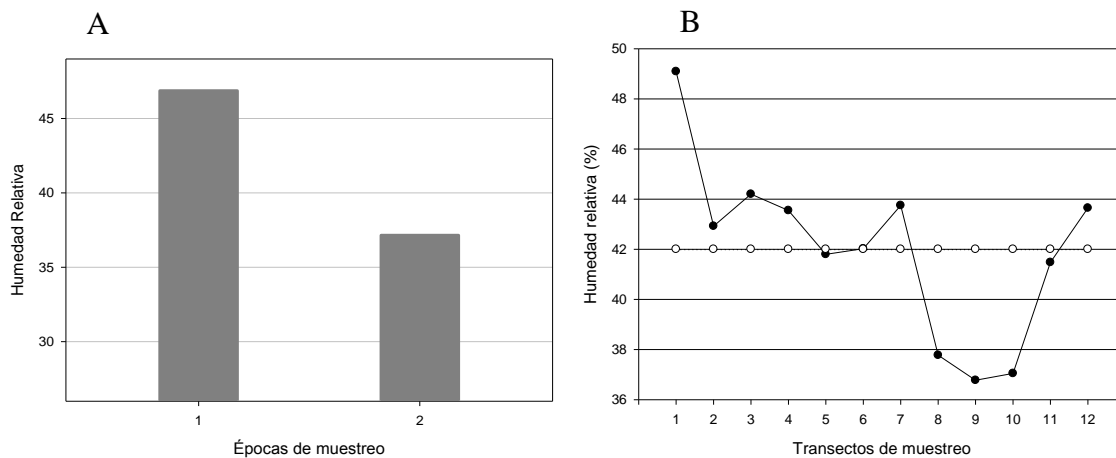


Figura 4.47. A) Variación temporal de la humedad relativa en el Lago de Yahuarcocha B) Variación espacial de la humedad relativa en el Lago de Yahuarcocha eje x (épocas y transectos de muestreo) eje y (valores de temperatura expresado en %)

Elaboración: Autora

La luminosidad a nivel temporal mostró variación siendo la época lluviosa la que registró el valor más alto con 41319.76 lux, mientras que la época seca revelo un valor de 34898.83 lux. En general se obtuvo un valor promedio de 38109.29 lux y un coeficiente de varianza de

18.8% lo que indica que no existe una diferencia significativa (Figura 4.48 literal A). A nivel espacial el transecto que registró el mayor valor fue el transecto 2 con 53231.5 lux seguido del transecto 8 con 48250.3 lux; por otra parte los valores más bajos se registraron en el transecto 7 con 29576.8 lux y el transecto 9 con 31297.5 como se muestran en la Figura 4.48 literal B.

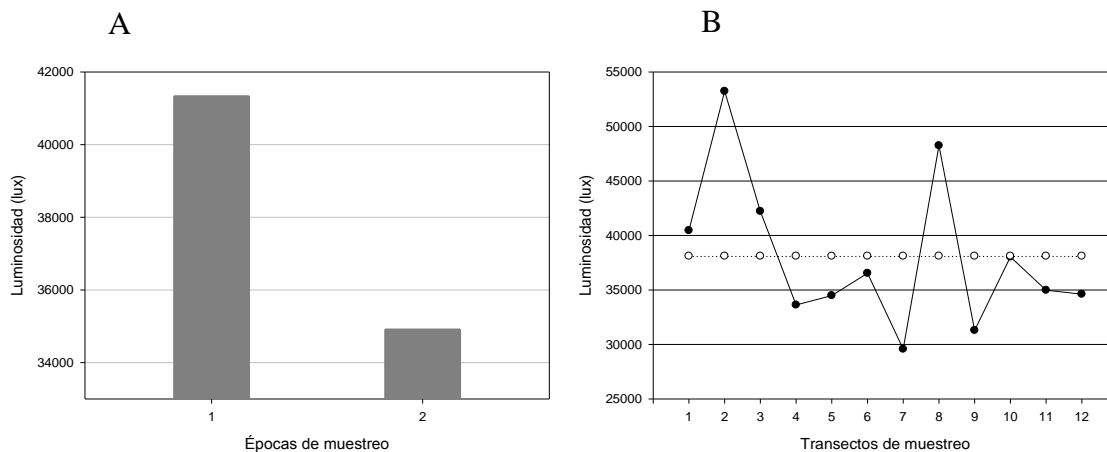


Figura 4.48. A) Variación temporal de la luminosidad en el Lago de Yahuarcocha B) Variación espacial de la luminosidad en el Lago de Yahuarcocha eje x (épocas y transectos de muestreo) eje y (valores de lux)
Elaboración: Autora

En general los valores alrededor del lago son variables y no difieren en gran cantidad el uno del otro, sin embargo la intensidad y composición espectral de la luz que penetra en la columna de agua tiene un efecto marcado sobre la actividad metabólica que se desarrolla en todo el cuerpo de agua, ya que la calidad e intensidad lumínica regulan la productividad primaria (Arocena & Conde, 1999). La luminosidad no indicó una relación estadística significativa al 0.05 con ninguna especie acuática en el presente estudio.

Probablemente los cambios en el nivel de agua en cada uno de los transectos no se tan drástico, lo cual mantiene una relativa estabilidad de los hábitats en las características físico-químicas del agua, favoreciendo el establecimiento de comunidades de plantas enraizadas, flotantes y sumergidas. La estabilidad de los hábitats contribuye al establecimiento de las comunidades de plantas acuáticas, además que permite que las especies puedan desarrollarse

sin sufrir cambios significativos en su estructura; además las variables físico-químicas se muestran como indicadores muy certeros para la estimación del avance eutrófico del lago (Terneus, 2007)

4.4.2. Diversidad, riqueza específica, equidad y dominancia

Dentro de un ecosistema intervenido, los valores en cuanto a la diversidad, riqueza específica y equidad propenden a tener bajas y altas dominancias. Esta tendencia fue evidente en el lugar de estudio tal como se muestra a continuación, donde se presentan los valores de los diversos índices.

4.4.2.1. Índice de Shannon Wiener

La utilización de este índice dio información sobre la distribución espacial de las especies, aunque se intenta incluir la equitatividad y riqueza, se basa en la probabilidad de hallar un determinado individuo en un ecosistema (Figura 4.49). Tomando el conjunto de transectos por época de muestreo, según el este índice se determinó que la época lluviosa exhibe mayor diversidad con un valor de 2.01 bet nat, mientras que en la época seca se registró un valor de diversidad menor con 1.95 bet nat, teniendo un diversidad media de 2.0 (CV=2.3%) indicando que posee un nivel de diversidad medio según los valores que presenta el índice. Esto sugiere, que la vegetación en el área del presente estudio puede encontrarse en etapas de sucesión ecológica (Pla, 2006; Zarco-Espinosa *et al.* 2010). Por otra parte Estrada (2013) menciona que valores entre 1.5 y 3.0 para este índice indican aguas medianamente contaminadas, lo cual se incluiría dentro del presente estudio.

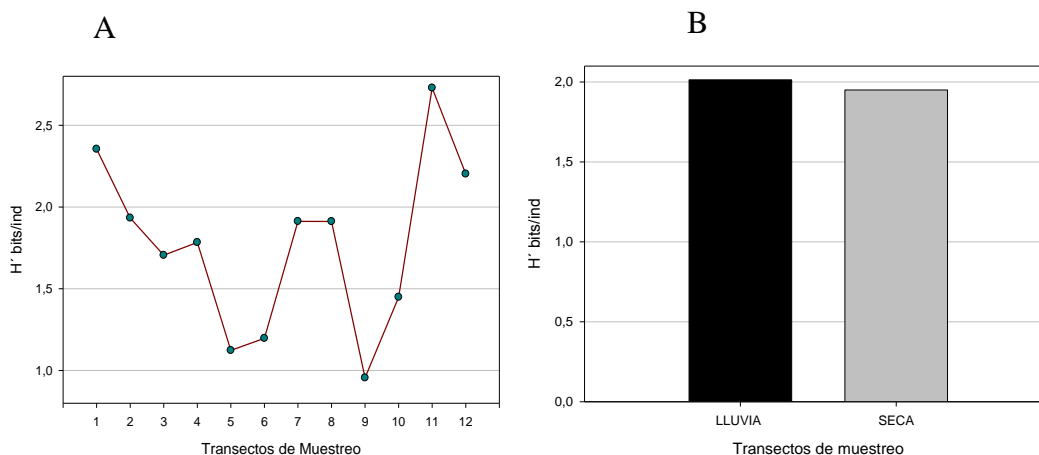


Figura 4.49. Índice de diversidad de Shannon aplicado a la vegetación macrofítica en el Lago de Yahuarcocha. A) transectos de muestreo B) Épocas de muestreo

Elaboración: Autora

Al aplicar el índice de diversidad en cada uno de los transectos de muestreo se observó que si existe diferencia entre transectos, principalmente entre el transecto 9 que es el que menor diversidad tiene con un valor de 0,96 bet nat, en relación al transecto 11 que mostró un valor de 2,73 bet nat; dando en general una diversidad con una media de 1.81 que representa un nivel medio. Zarco-Espinosa *et al.* (2010) menciona que un valor bajo de diversidad de especies puede ser debida, a las propiedades que tiene el terreno como la inclinación de la pendiente, la fertilidad del suelo, además debe tomarse en cuenta el efecto de las perturbaciones humanas en la composición y estructura de la vegetación.

La reducción de la diversidad de las macrófitas, especialmente sumergidas se relaciona directamente con la contaminación y los avances de los procesos eutróficos. Ramos & Novelo (1993), indican que la diversidad de macrofitas acuáticas tiende a declinar al igual que la riqueza de especies en un lago eutrófico (alta concentración de nutrientes), a diferencia de un lago oligotrófico o mesotrófico.

4.4.2.2. Índice de Simpson

En cuanto al índice de Simpson no existió una gran variación temporal, teniendo una variable de 0,01 con un coeficiente de variación de 1.3. En la época lluviosa se obtuvo un valor mayor de 0.643, mientras que en la época seca se tuvo el menor valor con 0.631. Mediante la figura 4.50 se puede observar que la dominancia de especies está directamente relacionada con la diversidad. Por ejemplo en los transectos 5, 6 y 9 hay una caída de diversidad y dominancia, de la misma manera el pico más alto se presenta en el transecto 11. En general para este estudio y según el criterio de este autor la dominancia de especies es media.

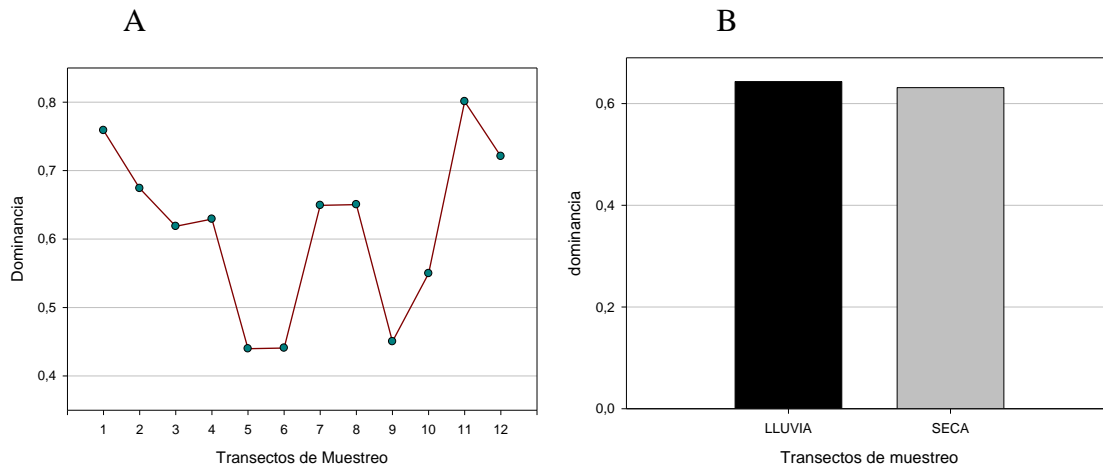


Figura 4.50. Índice de diversidad de Simpson aplicado a la vegetación macrofítica en el Lago de Yahuarcocha. A) Transectos de muestreo B) Épocas de muestreo

Elaboración: Autora

A nivel espacial los transectos con menor dominancia de especies fue los números 5,6 y 9 con un valor de 0.439, 0.440 y 0.450 respectivamente. Por su parte los transectos 11, 1 y 12 registraron los valores más altos con 0.801, 0.758 y 0.721 correspondientemente. En un estudio realizado en Colombia Durán-Suárez *et al* (2011) obtiene los menores valores en el índice de Simpson similares al de este estudio indicando una baja dominancia.

4.4.2.3. Índice de Margalef

Mediante este índice se calculó la riqueza específica de las especies en cada una de las épocas de muestreo teniendo en la época de lluvia el valor más alto con 0,86 mientras que en la época seca se registró un valor menor con 0.65. Estos resultados indican según el criterio del autor que corresponden a zonas de muy baja diversidad (en general resultado de efectos antropogénicos). En cuanto a la riqueza específica a nivel espacial el transecto de muestreo más diverso se observó que el transecto 11 con un valor de 0.67 mientras que el transecto que registró el menor valor fue el transecto 5 con un valor de 0.35 (Figura 3.51).

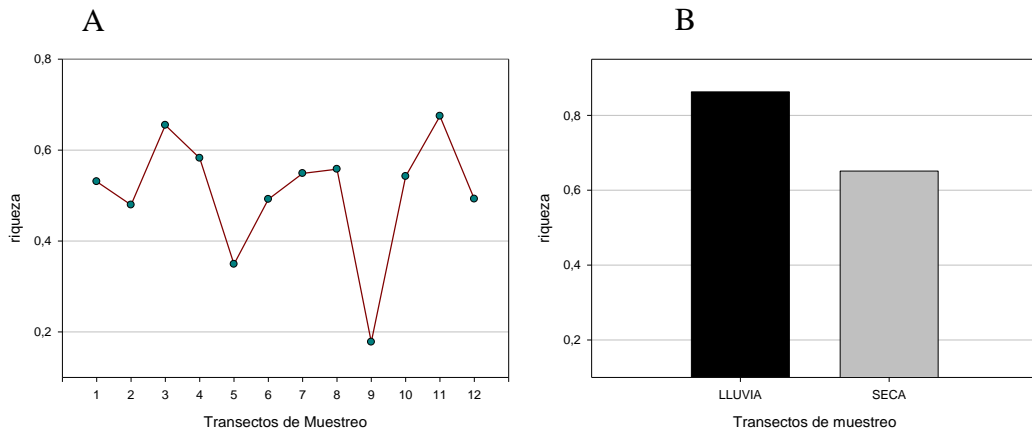


Figura 4.51. Índice de riqueza de Margalef aplicado a la vegetación macrofítica en el Lago de Yahuarcocha. A) Transectos de muestreo B) Épocas de muestreo

Elaboración: Autora

Los resultados son similares a los encontrados por Gutiérrez & Canales (2012), puesto que a pesar de no tener la misma altura que el área de estudio concluyen que existen casos en donde a mayores altitudes hay una tendencia de disminución de la riqueza específica. La baja diversidad obtenida mediante este índice probablemente se debe a la pobreza de hábitats distintos en un humedal (Medwet, 2006)

4.4.2.4. Índice de Pielou

La equidad del índice de Pielou es superior en la época seca con un valor de 0.53 mientras que en la época de lluvia presentó un valor de 0.49. A nivel espacial dentro de cada una de los transectos la equidad de Pielou se pudo diferenciar principalmente en el transecto 6 que tiene el valor más bajo con 0.38 y el transecto 11 con el valor más alto de 0.76, los valores en general tuvieron un promedio de 0.50 y un CV=4.6. Según los criterios del autor se puede deducir que las especies son tienen un nivel medio de uniformidad (Figura 4.52).

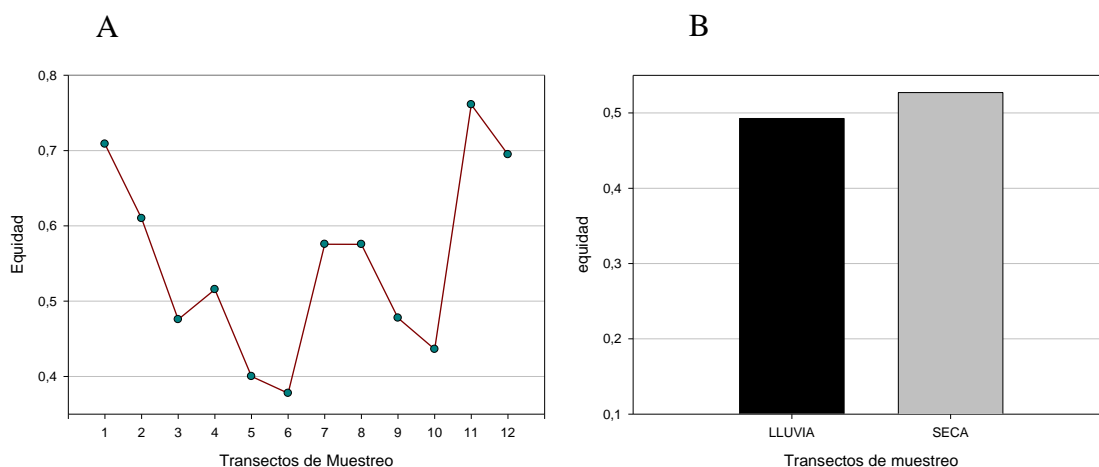


Figura 4.52. Índice de equidad de Pielou aplicado a la vegetación macrofítica en el Lago de Yahuarcocha. A) Transectos de muestreo B) Épocas de muestreo

Elaboración: Autora

Un estudio realizado por Montoya-Moreno & Aguirre-Ramírez (2008) en una ciénega tropical en Colombia muestra resultados similares a los obtenidos en este estudio, lo que cobra importancia al estudio de distribución de plantas acuáticas no solo en este lago. Por otro lado Morales & Salazar (2012) sugiere que la menor equitatividad entre taxas exista, se observa menor diversidad de especies; probablemente los resultados obtenidos de diversidad media a baja se deba a que los resultados de éste índice muestran que no están distribuidos totalmente de una manera uniforme y equitativa.

En general, no existen suficientes referentes de diversidad de plantas acuáticas, debido en parte a que se desarrollan y crecen de manera clonal, imposibilitando el conteo de individuos. En el presente estudio, el uso de frecuencias relativas obtenidas mediante el método de transectos, ayudó como estimador válido de abundancia, que finalmente se usó para el cálculo de los diferentes índices. La dificultad de este método se presenta cuando no existe la visibilidad de la cobertura vegetal debajo del agua. Los muestreos con draga en este caso son útiles para determinar la presencia o ausencia de macrófitas en el fondo, ya que incluso se han reportado a la máxima profundidad del cuerpo de agua (Ramos & Novelo, 1993).

4.5. Proponer estrategias de manejo y conservación en el Lago de Yahuarcocha en base a la vegetación macrofítica.











Luego de realizar el estudio de cada una de las macrófitas en el Lago de Yahuarcocha se determinó necesario la elaboración de una guía de especies como un incremento novedoso y de fácil acceso para las personas con el fin de generar un valor sobre las plantas acuáticas. Este instrumento técnico podrá ser tratado con una estrategia útil de manejo y conservación, y será usado para gestiones de control y erradicación de especies vegetales invasoras; y se muestra a continuación:

4.5.1. Catálogo Florístico

El catálogo florístico comentado de la vegetación acuática del Lago de Yahuarcocha que se presenta en este apartado está basado en su mayor parte en el material recolectado por parte del autor en todo el tiempo de estudio (Enero 2015-Agosto 2015).

4.5.1.1. Clave para los íconos

Cuadro 4.16. Clave de iconos para identificación de plantas acuáticas

| | | |
|--|---|---|
| Tipo biológico | Plantas flotantes |  |
| | Plantas sumergidas |  |
| | Plantas emergentes |  |
| Carácter indicador | Con carácter indicador |  |
| | Sin carácter indicador |  |
| Especies exóticas | Especie exótica |  |
| Categoría de invasión a nivel mundial | Alto (≥ 19 países y listado dentro de las 100 especies más invasoras del mundo) |  |
| | Alto (≥ 19 países) |  |
| | Moderado (entre 10 – 17 países) |  |
| | |  |

Bajo (0 – 9 países)

Fuente: (Cirujano , Cambra, & Gutiérrez, 2005; García, Fernández, & Cirujano, 2010; Díaz , Díaz, & Vargas, 2012)

4.5.1.2. Mapas

Todas las fichas de las especies tienen un mapa de distribución de la especie alrededor del Lago de Yahuarcocha. Esta información fue obtenida mediante la debida georreferencia en campo y posteriormente digitalizada como shapes de polígonos como lo muestra el siguiente ejemplo (Figura 4.53).

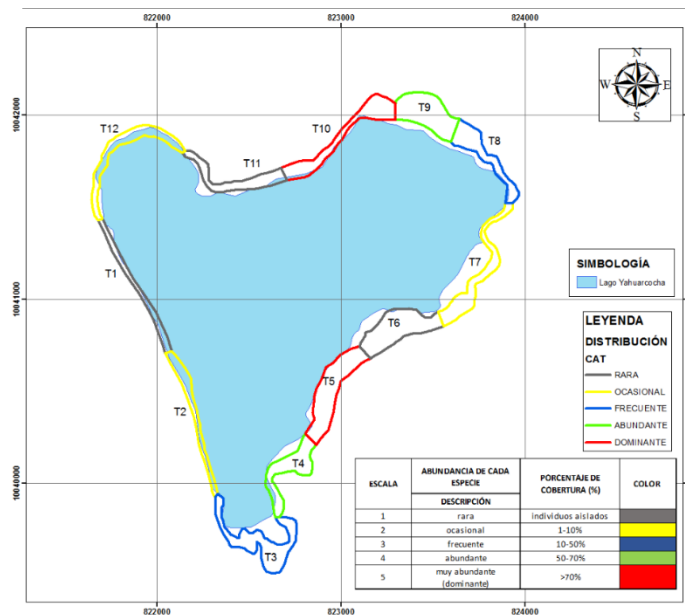
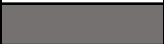






Figura 4.53. Modelo de mapa de distribución de especies acuáticas en el Lago de Yahuarcocha

Elaboración: Autora

Mediante el mapa es posible identificar cual es el grado de abundancia de cada una de las especies identificadas en este estudio, siendo la mayor categoría la dominante, que equivale a las especies que tengan más del 70%, mientras que la categoría más baja corresponde a rara teniendo presencia de individuos aislados o menor al 1% (Cuadro 4.17).

Cuadro 4.17. Escala de abundancia de especies en porcentaje en el Lago de Yahuarcocha

| ESCALA | ABUNDANCIA DE CADA ESPECIE | PORCENTAJE DE COBERTURA (%) | COLOR |
|--------|----------------------------|-----------------------------|---|
| | DESCRIPCIÓN | | |
| 1 | rara | individuos aislados |  |
| 2 | ocasional | 1-10% |  |
| 3 | frecuente | 10-50% |  |
| 4 | abundante | 50-70% |  |
| 5 | muy abundante (dominante) | >70% |  |

Elaboracion: Autora

4.5.1.3. Introducción

El catálogo florístico comentado de la vegetación acuática del Lago de Yahuarcocha que se presenta en este apartado está basado en su mayor parte en el material recolectado por parte del autor en todo el tiempo de estudio (Enero 2015-Agosto 2015). Además, hemos recogido referencias bibliográficas de la flora acuática del territorio al que está referida cada especie del catálogo, indicando la fuente y los comentarios correspondientes. El objetivo es dar una visión de conjunto del contingente florístico acuático del Lago y sus relaciones corológicas y biogeográficas con el resto del mundo.

4.5.1.4. Como usar esta guía

El objetivo de este catálogo florístico es indicar las plantas acuáticas más frecuentes, interesantes y problemáticas del Lago de Yahuarcocha. Este manual va dirigido a personas que no son especialistas en taxonomía botánica. Por este motivo se ha optado por elaborar una guía fundamentalmente visual que permita a los usuarios identificar las especies más comunes, singulares o problemáticas a partir de fotografías o dibujos. La información de cada planta se muestra en una ficha acompañada de la correspondiente ilustración. El texto de cada ficha incluye los siguientes ítems.

| | |
|-----------------------------|---|
| Nombre Científico | El nombre correcto de la especie en base a las principales reseñas bibliográficas de referencia. |
| Género | El género al que pertenece la especie. |
| Familia | La familia botánica a la que pertenece la especie. |
| División | El gran grupo vegetal en el que se encuentra la familia. |
| Nombre Común | Incluye el o los nombre comunes de las especie en consideración en el caso de existir. |
| Texto principal | En este se mencionan los principales caracteres y rasgos de la especie a tratar, los cuales son utilizados como elementos identificativos para su adecuado reconocimiento en el campo. Se incluye información sobre los hábitats en los que viven. |
| Caracteres | |
| Diagnósticos | Este apartado es en relación a los distintos órganos que posee (hojas, flores y frutos), caracteres que puedan permitir diferenciar a esta especie de otra. |
| Hábitat | Incluyen datos sobre las características principales de los ecosistemas en los que se desarrolla la especie. Además se menciona si la especie puede considerarse bioindicadora. |
| Distribución mundial | |
| y Yahuarcocha | Se señala la distribución mundial de la especie. También se menciona las localidades en las que se encuentra la especie en relación a todo el lago de Yahuarcocha y su porcentaje relativo de especies por transecto de muestreo. Se adjunta un mapa en donde se representa las especies por ubicación en el lago de Yahuarcocha. |
| Conservación e | |
| Interés | Incluye información acerca de los distintos grados de amenaza que sufre la especie. Ésta proviene de las listas existentes de plantas |

amenazadas a nivel nacional y autonómico, basadas en las categorías definidas según la UICN.

Carácter invasor Se incluye datos acerca de la biología de las especies que no son propias del territorio de Yahuarcocha, y que también tienen carácter invasor manifiesto, es decir que mediante su crecimiento y propagación transforman los ecosistemas donde han llegado, causando la extinción de otras especies propias del territorio.

Íconos Por medio de pequeños íconos se señala el tipo biológico al que pertenece la especie, su tipo de hábitat, su carácter indicador en caso de existir, y el grado de amenaza en relación con las categorías de la UICN.

El catálogo se completa con un apartado en donde se incluye un esquema sistemático de clave de géneros y un anexo donde se explica cómo debe conservarse las muestras de plantas acuáticas para un posterior estudio e identificación, tal como lo hacen los especialistas.

4.5.1.5. Concepto de planta acuática

Se denomina planta acuática a las plantas que desarrollan su ciclo biológico en el medio acuático, pero también se refiere con frecuencia a plantas que ocasionalmente pasan su vida en el agua. De igual manera existen algunos autores que restringen esta categoría a plantas vasculares, mientras que otros le hacen extensivo incluyendo géneros de algas y briófitos. La definición mas utilizada y adoptada fue por Cook (1990) que considera a las macrofitas o hidrófitas todas aquellas formas vegetales que crecen en el agua, suelos cubiertos o generalmente saturados de agua.

García, Fernández, & Cirujano (2010) señalan que para definir a las plantas acuáticas y evitar imprecisiones se ha inventado diversos términos, entre los más utilizados está:



Figura 4.54.
Myriophyllum
aquaticum

- **Hidrófitos o macrofitas acuáticas.-** Aquellas plantas que tienen todas sus estructuras vegetativas (hojas, tallos y raíz) sumergidas o flotantes. Se incluye en este grupo plantas vasculares, algunos géneros de briofitos y algas carófitas. Pertenecen las plantas acuáticas en sentido estricto y los organismos de los que trata este catálogo.

- **Higrófitos.-** En este grupo están un buen número de plantas que necesitan de un suelo húmedo o temporalmente inundado, de carácter terrestre, que por el contrario soportan sin problema ocasiones de estrechamiento. Se incluyen además aquellas que tienen la mayor parte de sus tallos, hojas y flores fuera del agua, aunque los tallos y hojas están bajo el agua



Figura 4.55.
Schoenoplectus
californicus

Los macrófitos acuáticos son los objetos de este catálogo; poseen diferentes clasificaciones según diversos autores, aunque la más aceptada y utilizada actualmente es la que menciona Acosta-Arce & Agüero-Alvarado (2006), Moreano (2008) y Roldán & Ramírez (2008) los

cuales agrupan a las plantas acuáticas de acuerdo a su hábitat o medio de vida en flotantes, sumergidas y emergentes.

- **Plantas Flotantes.**- Son aquellas que posee la mayoría de tallos y hojas en o por encima de la superficie del agua, sin tener un sistema de fijación al sustrato. Este tipo de plantas toman directamente los nutrientes del agua a través de la pared celular o mediante un bien desarrollado sistema radicular. El nivel de un mantenimiento adecuado de agua es esencial para su crecimiento.
- **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, son generalmente rígidas y no dependen de esta para su soporte. Muchas especies no son necesariamente acuáticas, pero pueden vivir en suelos o sumergidas por periodos considerables.
- **Plantas sumergidas.**- la mayor parte del tejido vegetativo se encuentra en la parte de debajo de la superficie del agua y cumplen todo su ciclo biológico dentro del agua, pero sus flores pueden salir a la superficie. Se encuentran arraigadas por medio de un sistema radical o bien adherido al fondo por órganos especiales.

4.5.1.6. Biología

Las plantas acuáticas, debido a su proceso de adaptación al medio donde viven, presentan una serie de modificaciones en su anatomía y fisiología, lo cual se distingue de las plantas terrestres. Estas adaptaciones resultan ser evidentes en las plantas vasculares y a ellas se debe las dificultades que presentar para su adecuada identificación, ya que suponen la desaparición de sus estructuras o modificación de órganos, o también llevan una disminución de caracteres taxonómicos; por ello al momento de realizar una identificación adecuada de una macrófitas es esencial buscar e interpretar exactamente el órgano o estructura que se analiza, que usualmente se encuentra modificado.

En términos generales y centrándose en las plantas vasculares, que son la mayor parte de especies de macrófitas acuáticas, las adaptaciones al medio acuático se muestran de la siguiente manera en los órganos vegetales:

- **Hojas**

Las hojas tienden a reducir la relación superficie/volumen. Por ello son frecuentes las hojas estrechamente lineares o finamente divididas.

Además se puede encontrar plantas que presentan heterofilia, es decir dos tipos de hojas: las flotantes, que se asemejan a las plantas terrestres, y las sumergidas, que suelen ser lineares o finamente divididas.



Figura 4.56. *Lemna minor*



Figura 4.57. *Eichhornia crassipes*

- **Tallos**

Son generalmente herbáceos y de escasa consistencia, ya que se encuentran surcados por espacios que contienen aire y tienen muy reducidos (o no tienen) xilema y tejidos de sostén. Suelen ser radicales en los nudos. La mayor parte de las especies acuáticas presentan tallos rizomatosos.



Figura 4.58. *Bacopa monnieri*

- **Raíces**

A excepción de algunas especies flotantes, el sistema radical suele estar escasamente desarrollado. Así mismo la mayor parte de las especies presentan raíces adventicias.



Figura 4.59. *Eichhornia crassipes*

- **Flores**

Aunque existen numerosas especies que se polinizan mediante insectos y poseen flores vistosas y completas, al igual que las especies terrestres, también existen muchas especies que usan el viento o el agua como medio de transporte de su polen; en estado casos las flores son pequeñas, poco vistosas, usualmente sin pétalos o inclusive sin sépalos, y su observación suele tornarse difícil. Este hecho es importante, ya que gran parte de los caracteres diagnósticos que usan las floras y manuales de identificación son precisamente los caracteres florales.



Figura 4.60. *Eichhornia crassipes*

- **Frutos**

El principal rasgo relacionado con los frutos en las plantas acuáticas es su aparición ocasional, lo cual ocurre con muchas especies. Estas plantas tienden a prolongarse fácilmente mediante multiplicación vegetativa y prescinden de la reproducción sexual durante largos periodos de tiempo; esto sucede cuando las condiciones ambientales fluctúan.



Figura 4.61. *Bacopa monnieri*

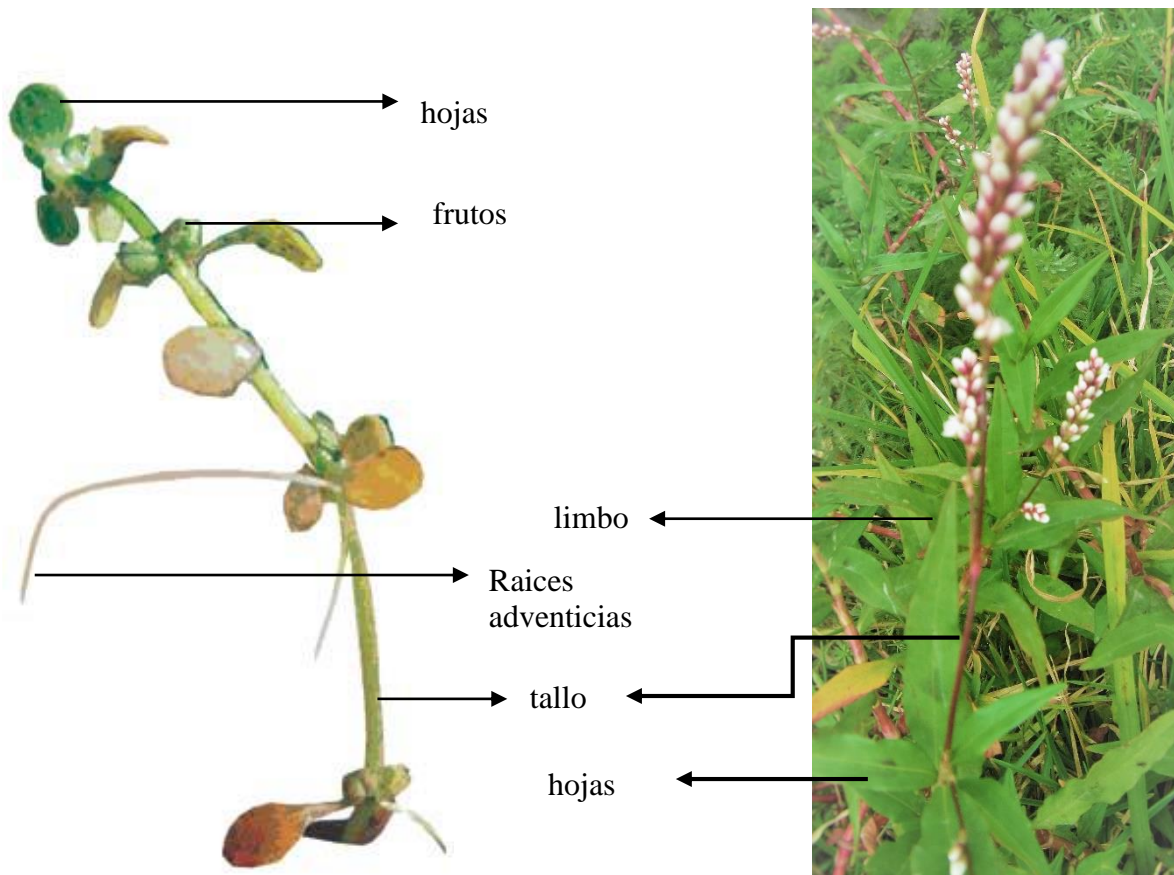


Figura 4.62. Partes de una planta acuática

Fuente: (García, Fernández, & Cirujano, 2010; Díaz, Díaz, & Vargas, 2012)

4.5.1.7. Plantas acuáticas como bioindicadoras

Las plantas bioindicadoras constituyen organismos o grupos de organismos los cuales son empleados para conocer las cualidades de un ecosistema, ya que se encuentran estrechamente relacionados con determinadas condiciones ambientales. Su abundancia y presencia indican acerca de la integridad de los ecosistemas y su estado de conservación. Su uso se encuentra cada vez más extendido en materia de gestión del medio ambiente, ya que aporta gran cantidad de información de una manera rápida y con un costo bajo (Buczacki, 1995; García, Fernández, & Cirujano, 2010; Flor-Arnau, Núria; Sánchez, Jaume; Velasco i Batlle, Eulàlia, 2013).

Las plantas acuáticas tienen propiedades que hacen que sean muy buenas bioindicadoras:

- Se observan fácilmente.
- Son organismos sedentarios.
- Responder rápido a variaciones en las condiciones físico-químicas del medio.
- Son sensibles ante la presencia de diversos contaminantes y sustancias tóxicas.
- Son capaces de acumular sustancias tóxicas en sus órganos.
- Su presencia se relaciona fácilmente con procesos ecológicos significativos.
- No requieren técnicas complicadas para identificarlos.
- Se presentan en multitud de hábitats acuáticos.

Las macrófitas acuáticas tienen un tiempo de respuesta mayor a los cambios ambientales en relación con las algas, es decir estos actúan como bioindicadores de medio y largo plazo. Las macrófitas reflejan las condiciones ambientales de los últimos meses o años. En este contexto, la aparición o desaparición de especies o cambios en la abundancia relativa constituye una información muy significativa (Cirujano , Cambra, & Gutiérrez, 2005).

Cabe resaltar que es de suma importancia monitorear y evaluar las aguas superficiales a partir de bioindicadores, para conocer el estado ecológico de un ecosistema, en lugar de utilizar directamente parámetros fisicoquímicos. Existen países de Europa donde ya se utiliza las macrófitas como bioindicadores del estado ecológico como lo señala García *et al.* (2010). También existe ya un parque científico en Madrid perteneciente a la Directiva del Marco del Agua que realizan control y seguimiento de calidad de agua en base a bioindicadores (Grisolía, 2012). En el Ecuador va incrementando los estudios en base a plantas acuáticas como bioindicadores de monitoreo, así lo menciona Kiersch *et al.* (2004), quien realizó un estudio en el lago de San Pablo. En el marco de vigilancia de la calidad de aguas en el Ecuador se encuentra la Norma de Calidad Ambiental y de Efluentes: Recurso Agua , donde se menciona los criterios de calidad de aguas para la preservación de flora y fauna en aguas dulces o cálidas, y en aguas marinas y costeras (MAE, 2012).

A pesar de lo expuesto, la información relativa de plantas acuáticas como bioindicadores en el Lago de Yahuarcocha es muy escaso y fragmentario. En este sentido, se ha elaborado la siguiente tabla a partir de datos inéditos y referencias bibliográficas, con el objeto de mostrar la conveniencia de usar este tipo de bioindicadores.

| LEYENDA DE LA TABLA | |
|----------------------------|---|
| Indicador de calidad | + Aguas con buena calidad - Aguas con mala calidad |
| Aguas mineralizadas | Aguas con elevada concentración de sales disueltas, presentan conductividad generalmente por encima de 1000 uS/cm |
| Aguas poco mineralizadas | Aguas pobres en sales disueltas con conductividades menores a 500 uS/cm |
| Eutrofia /Hipertrofia | Aguas con una concentración de nutrientes muy elevada. Con más de 0,1 mg de P/L |
| Oligotrofia | Aguas muy pobres en nutrientes. Con menos de 0,03 mg de P/L |
| Cloruros | Aguas en las que el ión mayoritario es el ión Cl ⁻ |
| Carbonatos/ Bicarbonatos | Aguas en las que los iones mayoritariamente son CO ₃ ³⁻ o HCO ₃ ⁻ |
| Sulfatos | |
| Fosfatos | |

Cuadro 4.18. Parámetros de indicación de estado ecológico en el lago de Yahuarcocha

| ESPECIES | INDICADOR DE CALIDAD | AGUAS MINERALIZADAS | AGUAS POCO MINERALIZADAS | EUTROFIA/HIPERTROFIA | OLIGOTROFIA | CLORUROS | CARBONATOS/ BICARBONATOS |
|------------------------------------|----------------------|---------------------|--------------------------|----------------------|-------------|----------|-----------------------------|
| <i>Azolla caroliniana</i> | - | X | | X | | | |
| <i>Eichhornia crassipes</i> | - | X | | X | | | |
| <i>Lemna minor L.</i> | - | X | | X | | | |
| <i>Schoenoplectus californicus</i> | | X | | X | | | |
| <i>Typha latifolia</i> | - | X | | X | | | |
| <i>Egeria densa</i> | - | | | X | | | |
| <i>Arundo donax</i> | - | X | | X | | | X |
| <i>Cyperus papyrus</i> | + | | X | | X | | |
| <i>Potamogeton filiformis</i> | | | | | | | |
| <i>Juncus arcticus</i> | | | | X | | | X |
| <i>Cyperus odoratus</i> | | | | X | | | |
| <i>Myriophyllum aquaticum</i> | - | X | | X | | | |
| <i>Hydrocotyle verticillata</i> | + | X | | | | | X |
| <i>Calceolaria tripartita</i> | | | | | | | |
| <i>Polygonum hydropiper</i> | - | X | | X | | | |
| <i>Bacopa monnieri</i> | - | X | | X | | | |
| <i>Rumex conglomeratus</i> | - | X | | X | | | |
| Elaboración: Autora | | | | | | | |

4.5.1.8. Beneficios y problemas en relación a las plantas acuáticas

Las macrófitas constituyen un componente esencial en ecosistemas acuáticos; su presencia indica un buen estado de salud del medio donde se encuentran y contribuyen de forma importante para mantener la integridad de lagos, lagunas, arroyos, ríos, entre otros (Durán, 2010).

Las plantas acuáticas específicamente nos proveen de los siguientes bienes y servicios:

- Fijan CO₂ atmosférico.
- Oxigenan las aguas.
- Absorben y reciclan nutrientes.
- Regulan efectos de luz, temperatura.
- Regulan el transporte de sedimentos.
- Constituyen una protección contra efectos erosivos de corrientes y flujos de agua
- Son el soporte trófico y alimento de consumidores primarios en la mayoría de ecosistemas acuáticos naturales.
- Constituyen hábitat para numerosas especies de aves, peces, anfibios, entre otros
- Contribuyen a mantener aguas transparentes, disminuyendo la suspensión de partículas sólidas.



Figura 4.63. *Ardea alba* y *Myriophyllum aquaticum*



Figura 4.64. *Procambarus clarkii* y *Bacopa monnieri*

En nuestro territorio, las plantas acuáticas exóticas pueden estar causando problemas al medio. Cuando los ecosistemas se desequilibran, a causa de actividades que realiza el ser humano, se producen unas condiciones que pueden resultar favorables para el asentamiento y propagación de especies exóticas. Estas especies pueden crecer de manera rápida y propagar de manera



Figura 4.65. Deterioro de especie *Eichhornia crassipes* explosiva un hábitat teniendo como consecuencia la modificación de los mismos. Por otra parte las especie exóticas inciden directamente sobre otras especies y elementos que participan de los hábitats acuáticos, ya que su crecimiento se hace a expensas de recursos que usan otros organismos o elementos del ecosistema invadido (Álvarez , Catalán, & García de Jalón, 2001; Durán, 2010).

Los problemas más frecuentes que pueden ocasionar las especies invasoras son:

- Pérdidas en la biodiversidad
- Alteración y modificación del hábitat original
- Modificación de calidad de agua
- Disminución de la superficie de aguas y bloqueo de canales de riego.
- Alteración del ciclo de los nutrientes
- Anoxia en la masa de agua.
- Impedimento de paso de luz al interior del cuerpo de agua.



Figura 4.66. Extracción de la especie *Schoenoplectus californicus* y *Typha latifolia*

- Albergar algunos organismos tropicales patógenos.
- Reducir el valor económico de lugares donde se encuentra.

Si existiese el caso de presencia de especies invasoras es necesario tomar medidas de control, las cuales serán más eficaces en cuanto se apliquen. En este sentido una pronta identificación es clave para el éxito en actividades de gestión para el mejoramiento de un sistema acuático.

4.5.1.9. Esquema sistemático y clave de géneros

En la ordenación sistemática de especies y géneros incluidos dentro del presente catálogo se han seguido diferentes obras de referencia de cada una de las divisiones consideradas. Para algunas especies concretas, además del nombre aceptado según la referencia bibliográfica, se han incluido otros nombres o sinónimos que son usados en otras citas de consulta habitual.

Cuadro 4.19. Esquema sistemático de especies acuáticas del Lago de Yahuarcocha

| División | Clase | Orden | Familia | Género |
|-----------------|---------------|----------------|------------------|----------------|
| PTERIDOPHYTA | Pteridopsida | Salviniales | Azollaceae | Azolla |
| SPERMATOPHYTA | Liliopsida | Commelinales | Pontederiaceae | Eichhornia |
| | Liliopsida | Alismatales | Lemnaceae | Lemna |
| | Liliopsida | Alismatales | Hydrocharitaceae | Egeria |
| | Liliopsida | Alismatales | Potamogetonaceae | Potamogeton |
| | Liliopsida | Cyperales | Cyperaceae | Cyperus |
| | Liliopsida | Cyperales | Poaceae | Arundo |
| | Liliopsida | Poales | Cyperaceae | Schoenoplectus |
| | Liliopsida | Poales | Juncaceae | Juncus |
| | Liliopsida | Poales | Thyphaceae | Typha |
| | Magnoliopsida | Saxifragales | Haloagaceae | Myriophyllum |
| | Magnoliopsida | Apiales | Araliaceae | Hydrocotyle |
| | Magnoliopsida | Lamiales | Calceolariaceae | Calceolaria |
| | Magnoliopsida | Lamiales | Plantaginaceae | Bacopa |
| | Magnoliopsida | Caryophyllales | Polygonaceae | Polygonum |
| | Magnoliopsida | Caryophyllales | Polygonaceae | Rumex |

Elaboración: Autora



Pteridophyta



Spermatophyta

4.5.1.10. Descripción de especies

Saxifragales - Haloagaceae

Myriophyllum aquaticum (Velloso) Verdcourt. 1973



NOMBRE COMÚN

Milhojas acuáticas, milenrama brasileño

CARACTERÍSTICAS GENERALES

Planta acuática exótica, perenne de tallo erguido, con hojas pinnadas, dispuestas alrededor de un tallo robusto en grupos de 4 a 6 hojas. El sistema radicular que posee está adaptado para anclarse al sustrato, aunque también desarrolla raíces adventicias desde sus tallos (Buczacki, 1995; García *et al.*, 2010). Puede vivir en temperaturas entre 10-30° y un pH entre 5.5-8.0. En cuanto a la iluminación puede hacerlo a plenos sol. Se encuentra en lagos de agua dulce, lagunas, arroyos, canales y parece estar adaptada a ambientes con alta cantidad de nutrientes, mayormente aguas sómeras, donde las nuevas plantas surgen de fragmentos de plantas enraizadas.

CARACTERÍSTICAS DE LA ESPECIE

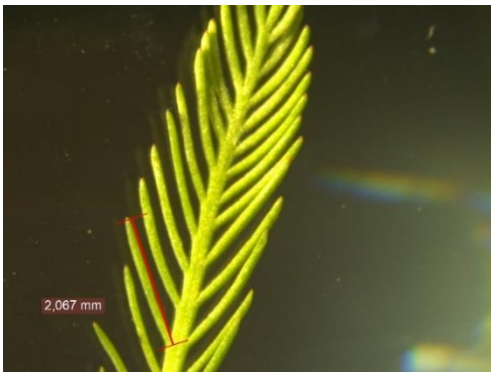
HOJAS: de tipo emergentes, miden de 1,5 a 4 cm, poseen alrededor de 25 divisiones en forma de segmentos filiformes por hoja, teniendo un aspecto plumoso y color verde aceituna

FLORES: tiene flores macho y hembra que nacen de las axilas de las hojas emergidas; las blancas con hembras sin pétalos y con sépalos y estigmas prominentes de un tamaño de 1,5 mm, mientras que las flores masculinas tienen 8 estambres

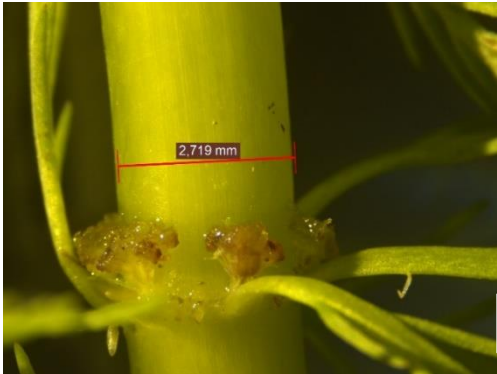
FRUTOS: pequeños de 1,5-2 mm, con 4 partes ovoides y la superficie cubierta de papilas.



b)



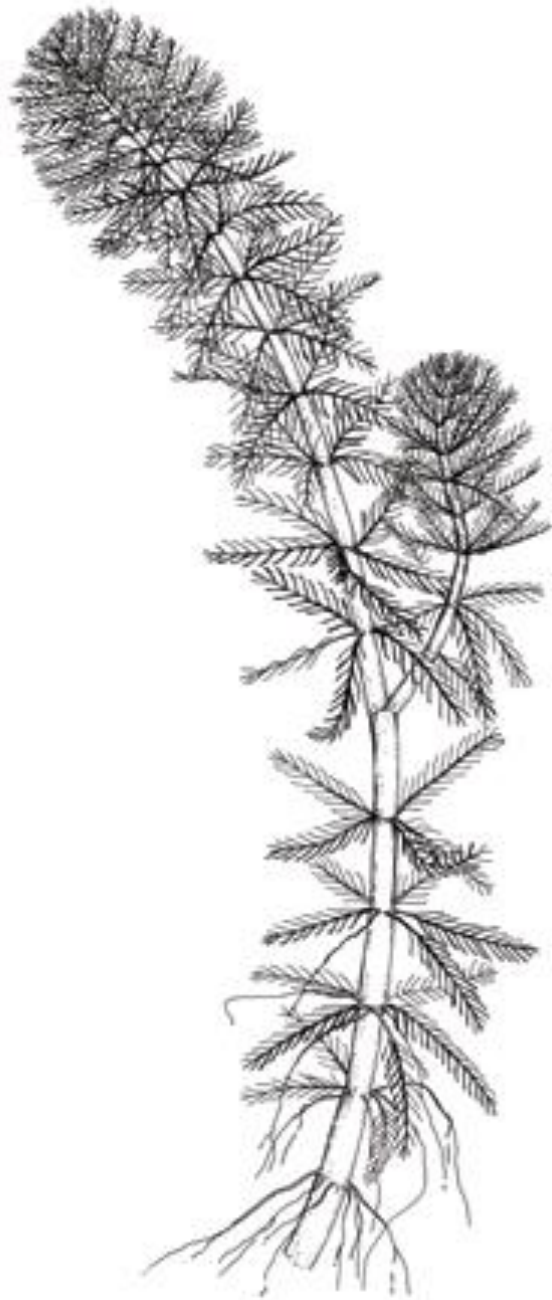
c)



d)



e)



a)

Myriophyllum aquaticum

a) Aspecto general

b y c) Hojas

d) Tallo

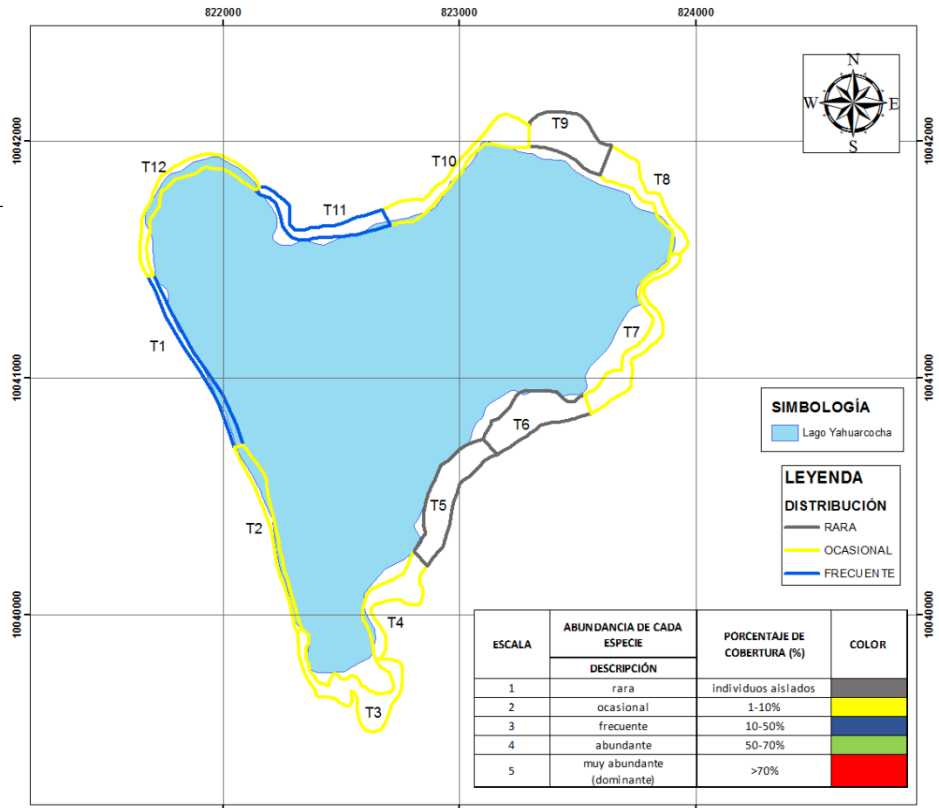
e) Hábito libre

HÁBITAT:

Canales y cursos de aguas permanentes quietas y eutofas.

DISTRIBUCIÓN:

Planta nativa de Sudamérica: Brasil, Bolivia, Ecuador, Perú, Argentina, Chile, Paraguay, Uruguay, con distribución pantropical. En el lago de Yahuarcocha



Distribución de la especie *M. aquaticum*

aparece frecuentemente en los transectos 1 y 11, ocasionalmente se encuentra en los transectos 2,3,4,7,8,10 y 12 y como individuos aislados en los transectos 5,6 y 9.

ESTADO DE CONSERVACIÓN:

UICN LISTA ROJA ECUADOR: No está incluida

UICN LISTA ROJA INTERNACIONAL: No incluida

CARACTER INVASOR:

Planta incluida en diferentes listas de plantas invasoras, cuya presencia representa un elevado riesgo para la biodiversidad de los enclaves que coloniza. Considerada planta invasora por obstaculizar el flujo normal del agua, y llegan a alterar seriamente los ecosistemas de lagos por su rápido crecimiento que en condiciones adecuadas crea grandes masas.

Salviniales - Azollaceae

Azolla Caroliniana Wild. 1810



NOMBRE COMÚN

Helecho mosquito, helecho de pato, helecho de agua, carolina mosquitofern



CARACTERÍSTICAS GENERALES

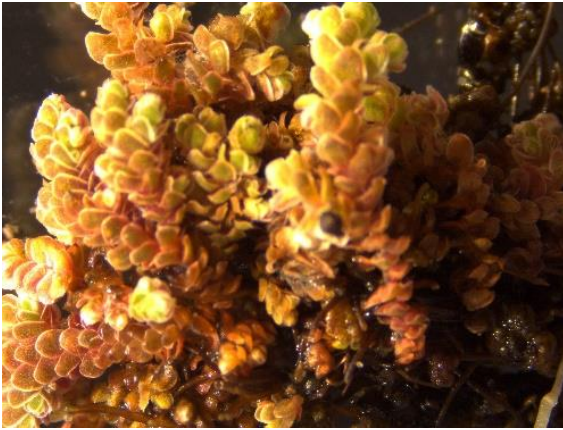
Planta flotante que cambia de color a rojo intenso cuando se expone a la luz directa del sol, tiene una altura de hasta 3 cm y crecimiento rápido y soporta temperaturas de 0-18 °C y pH de 6 a 13 (Van der Velde, 1999). Es una planta fijadora de nitrógeno y sus raíces sirven de nutriente para protección de algunos alevinos (Schmidt-Mumm, 1998; Ardilla, 2009). Las plantas cubren la superficie de muchos cuerpos de agua; las plantas jóvenes son brillantes hasta gris verdosas y las más viejas se tornan rosadas, rojas hasta marrón oscuro, esta no es considerada una planta con problema (Buczacki, 1995). Actúa como bioindicadora ya que indica contaminación por fitoplancton indeseable, metales pesados como As, Cd, Co, Cr, Cu, Pb y Zn; indica contaminación atmosférica y metales pesados, y presencia excesiva de salinidad.



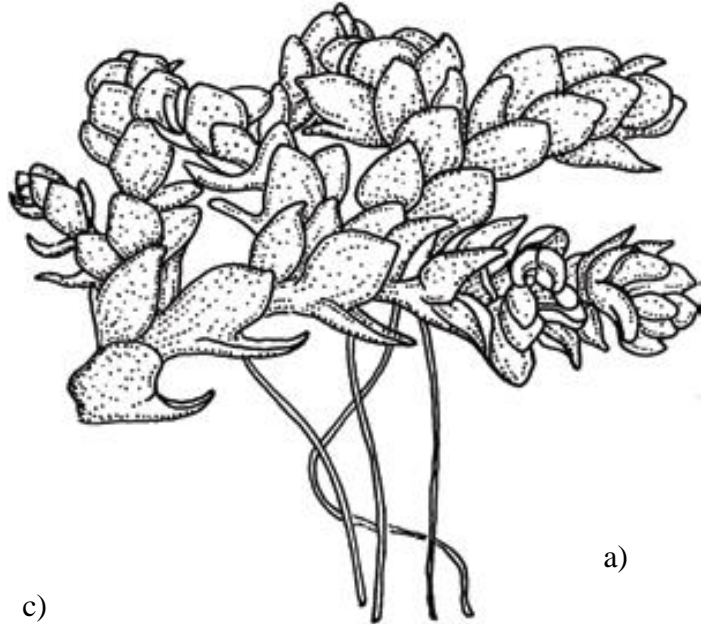
CARACTERÍSTICAS DE LA ESPECIE

HOJAS: muy reducidas y muy bifurcadas, miden hasta 6cm de largo, son completamente planas y del envés de la hoja salen unas pequeñas ricillas, por las que se unen a otras hojas. Hojas aéreas subescamosas imbricadas, lóbulo superior rómbico, obtuso blando con pelos bicelulares.

ESTRUCTURAS REDPRODUCTORAS: la multiplicación y propagación de esta especie es rápida por fragmentación del tallo o germinación de las mega esporas sobre la superficie del agua, originando pequeños prótalos. Puede reproducirse sexualmente por polinización.

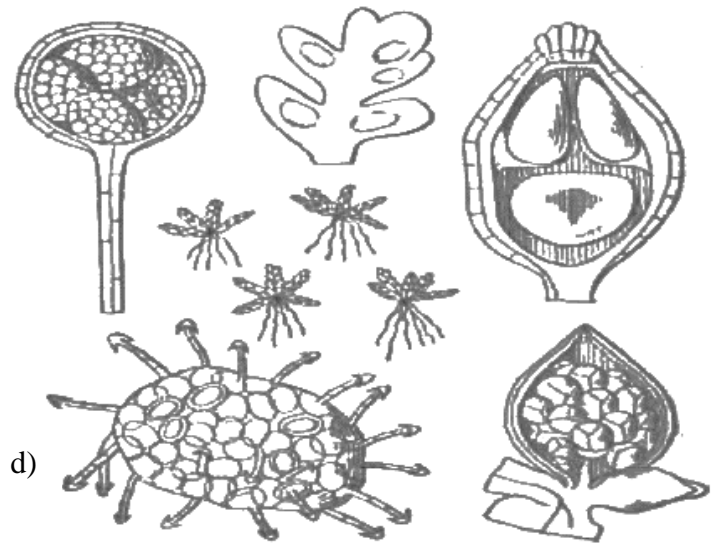


b)



a)

c)



d)

A. caroliniana

- a) Aspecto general
- b) Hojas
- c y d) Hábito libre

HÁBITAT:

Aguas limpias y lentas (embalses, balsas, canales, ríos de curso lento, arroyos, lagunas). Esta planta tiende a crecer entre la vegetación, necesitan mucha luz para su crecimiento y prefieren aguas alcalinas ricas en nutrientes.

DISTRIBUCIÓN:

De origen cosmopolita; se ha extendido por toda América, Australia, Asia

tropical, Sudáfrica y Europa. En el Ecuador se considera introducida y está mayoritariamente en la provincia del Guayas, aunque también se halla en zonas más templadas ya que es un helecho de fácil adaptación (Ballesteros, 2011). En el lago de Yahuarcocha aparece frecuentemente en los transectos 4 y 8, ocasionalmente se encuentra en los transectos 5 y 6, en los transectos restantes se encuentra como individuos aislados.

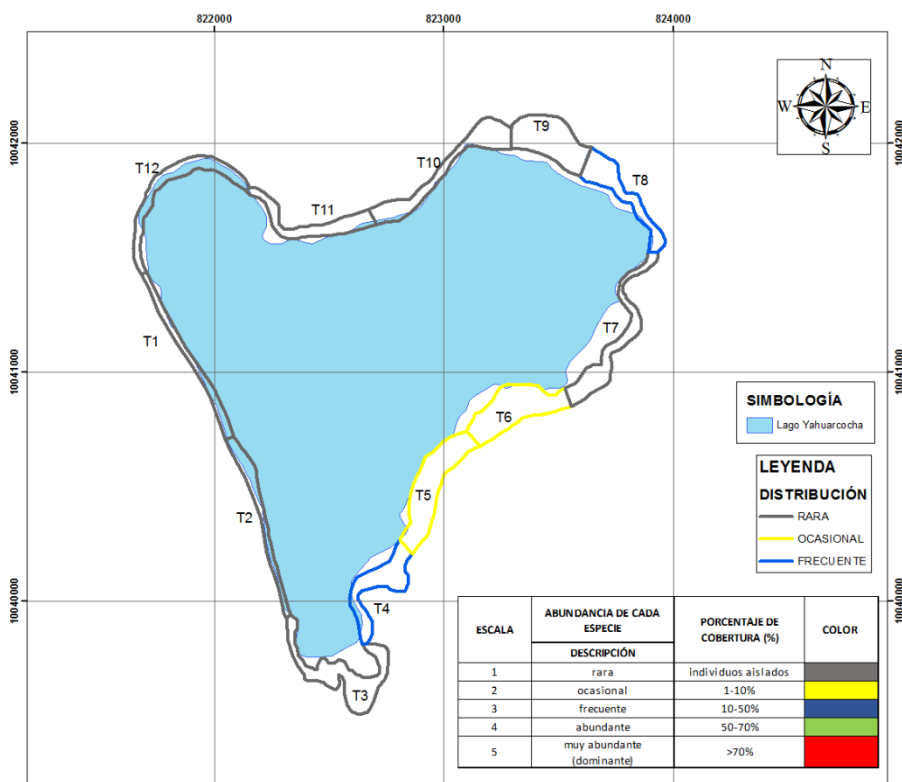
ESTADO DE CONSERVACIÓN:

UICN LISTA ROJA ECUADOR: No está incluida

UICN LISTA ROJA INTERNACIONAL: No incluida

CARACTER INVASOR:

Planta incluida en diferentes listas de plantas invasoras, cuya presencia representa un riesgo elevado para la biodiversidad de los lugares que coloniza. En los arrozales no genera problemas por no persistir bien la desecación, pero sí en humedales. Llega a tapizar grandes superficies de agua, logrando desaparecer a la vegetación sumergida y disminuir en invierno el oxígeno disuelto en capas profundas. Eutrofiza las aguas.



Distribución de la especie *A. caroliniana*

Alismatales - Hydrocharitaceae

Egeria densa Planch. 1849



NOMBRE COMÚN

Elodea, peste de agua, luchencillo, egeria



CARACTERÍSTICAS GENERALES

Planta herbácea acuática, sumergida excepto las flores. Presenta buena tolerancia a ambientes eutroficados, crece rápidamente sin recibir luz suficiente y es una gran productora de oxígeno. Se adapta a un amplio rango de temperatura entre 15-22° siendo el valor más óptimo el cercano a 20, pero su forma de agua fría produce plantas más tupidas, robustas y con más colorido que cuando se las mantiene en aguas tropicales. Prefiere aguas alcalinas. (Arguello *et al.*, 1999; Feijoó, García, Momo, & Toja, 2002; Nacif, Vázquez, & Latournerié Cervera, 2007).



CARACTERÍSTICAS DE LA ESPECIE

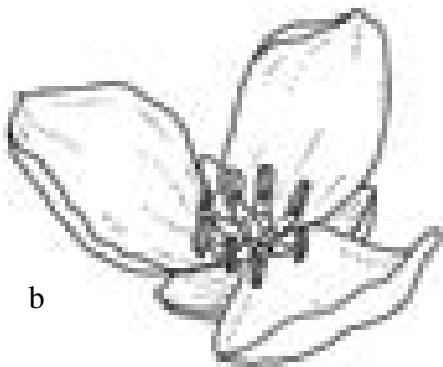
HOJAS: lanceoladas, de 1-4 cm de largo por 2-5mm de ancho. Sus hojas se disponen en verticilos de 4 a 8, salvo en las zonas bajas donde puede ser 3.

TALLOS: sus tallos son largos y alcanzan los 2 m de largo, densamente cubiertos de hojas.

FLORES: unisexuales, trímeras, con cáliz verdoso y corola de tres pétalos blancos, se disponen al final de un largo pedúnculo y flotan en el agua. Las masculinas en grupos de 2-4, con estambres; las femeninas solitarias, con un ovario provisto de un estilo largo con tres estigmas.

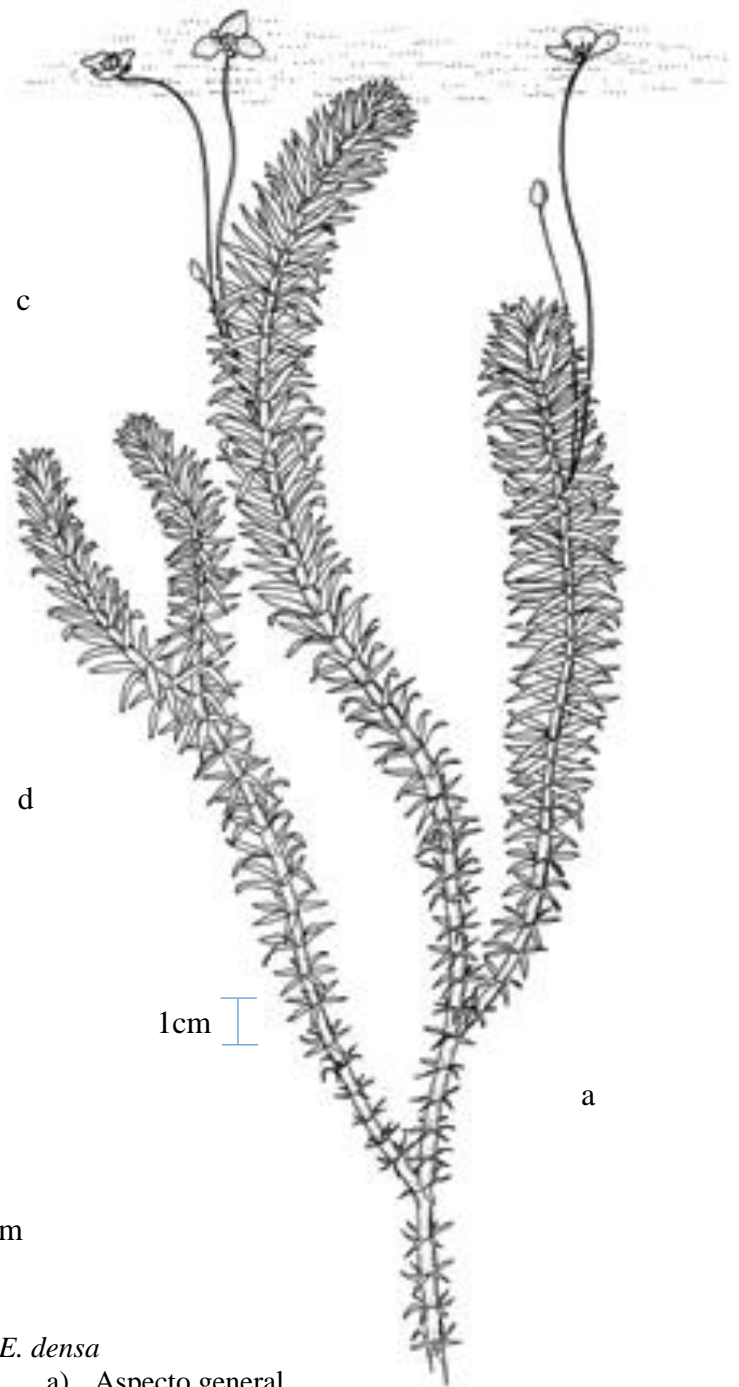
FRUTOS: baya 10-14 mm, elíptico, con varias semillas de 5-7 mm.

REPRODUCCIÓN: se reproducen principalmente de forma vegetativa; cada planta presenta un único sexo produciendo flores diferentes que usan para su reproducción.



b

1mm



c

d

1cm

a

E. densa

a) Aspecto general

b) Flor

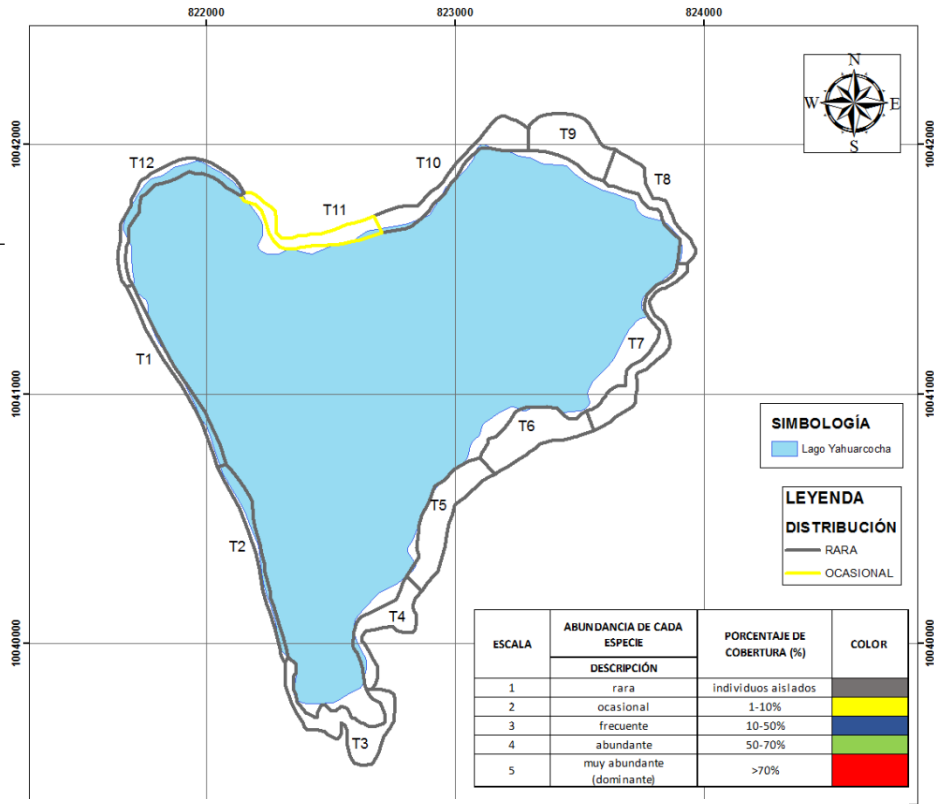
c y d) hábito libre

HÁBITAT:

Aguas quietas, permanentes y más o menos profundas, ricas en nutrientes

DISTRIBUCIÓN:

Originaria exótica de Sudamérica, zona sur de Brasil, Argentina y Chile, sin embargo se considera naturalizada en todo el mundo con climas tropical, subtropical y templado. A



Distribución de la especie *E. densa*

pesar de su exclusiva dispersión vegetativa, ha invadido enormes extensiones en diferentes cuerpos de agua del altiplano; además se conoce a esta especie por competir con otras especies nativas (Schmidt-Mumm, 1998; MAGRAMA, 2013). En el lago de Yahuarcocha aparece ocasionalmente en el transecto 11, y como individuos aislados en los demás transectos de muestreo.

ESTADO DE CONSERVACIÓN:

UICN LISTA ROJA ECUADOR: No está incluida

UICN LISTA ROJA INTERNACIONAL: No incluida

CARACTER INVASOR:

Especie invasora de hábitats acuáticos, incluida en diferentes listas de especies invasoras con alto riesgo para los ecosistemas que coloniza.

Se puede confundir con otras especies de macrófitos acuáticos sumergidos, con hojas verticiladas como *Hydrilla verticillata*, de los que se diferencia por sus flores y características de las hojas.

Alismatales - Lemnaceae

Lemna minor Linnaeus Griff. 1851



NOMBRE COMÚN

Lenteja de agua

CARACTERÍSTICAS GENERALES

Planta angiosperma (planta con flores) monocotiledónea. Su cuerpo vegetativo es taloide, es decir que su tallo y hojas no se diferencian. Constituye una estructura plana, verde y una sola raíz delgada de color blanco (Arroyave, 2004). Posee un tamaño muy reducido, alcanzando de 2 a 4 mm de ancho, considerándose una de las plantas más pequeñas de su reino. Se desarrolla a temperaturas de 5 -30°C y se adapta a cualquier tipo de iluminación. También tolera rangos de pH altos, siendo óptimo entre 4.5 y 7.5 (Arenas, Marcó, & Torres, 2011; Bres *et al.*, 2012). Las aguas superficiales con altas concentraciones de nutrientes, favorecen el crecimiento en gran cantidad de la especie, generando problemas al ecosistema (Díaz , Díaz, & Vargas, 2012).

CARACTERÍSTICAS DE LA ESPECIE

HOJAS: las Lemnáceas no tienen hojas. Su estructura en forma de “lenteja” está formada por un parénquima fotosintético en la cara superior de la lenteja y un parénquima aerífero para poder flotar, en la cara inferior, surgiendo de este último una o varias raicillas. Estas estructuras son solitarias o forman grupos de 2 o 3, como resultado del proceso de multiplicación vegetativa. Mide 3-6 mm.

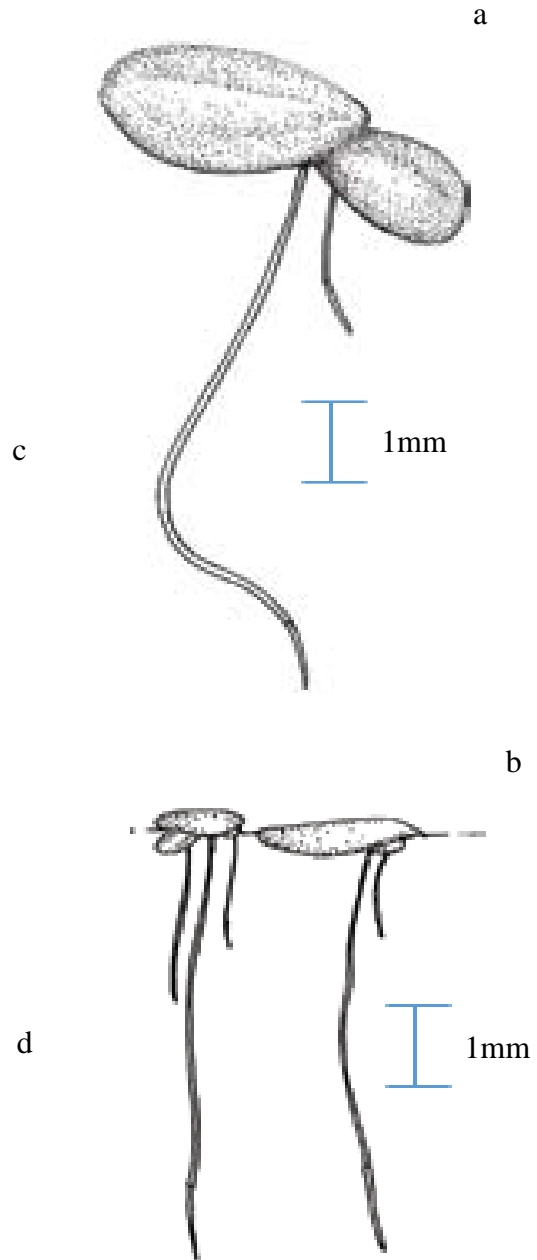
FLORES: sus flores son unisexuales, las flores masculinas tienen un solo estambre y las femeninas un pistilo formado por un solo carpelo, nacen de una hendidura del borde de la hoja.

FRUTOS: utrículos globosos, alados, de 0.2 mm, con 1 a 4 semillas.

REPRODUCCIÓN: su forma común de reproducción es por gemación.



- L. minor*:
a) Aspecto general
b) Situación agua
c y d) hábito libre



HÁBITAT:

Se encuentra por lo general en charcos de agua dulce, ciénagas, lagos y ríos calmados, aguas permanentes, Esta planta crece rápidamente en aguas tranquilas y rica en nutrientes con niveles altos de nitrógeno y fosfatos, eútrofas, desde dulces hasta un poco salinas.

DISTRIBUCIÓN:

Nativa de Norte de América pero posee una distribución universal. La UICN incluye además a esta especie como nativa del Ecuador y menciona como introducida solamente en Australia y Nueva Zelanda. En el lago de Yahuarcocha esta especie se clasifica como rara en todos los transectos de muestreo.

ESTADO DE CONSERVACIÓN:

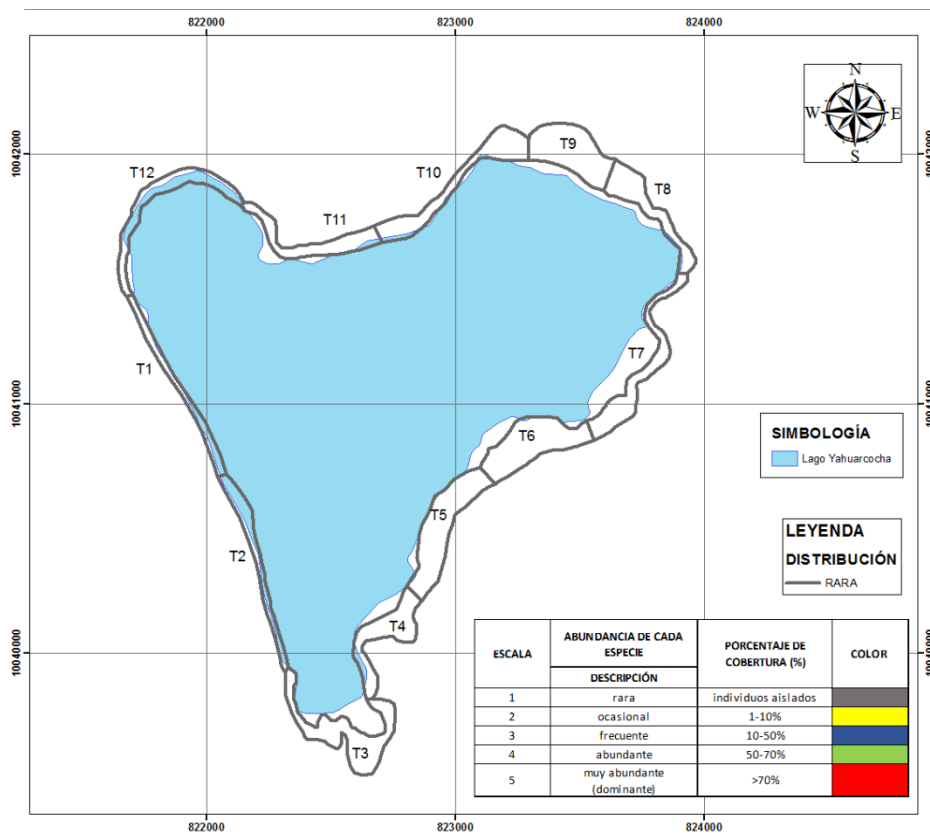
UICN LISTA ROJA ECUADOR: No está incluida

UICN LISTA ROJA INTERNACIONAL: Preocupación menor

CONSERVACIÓN E INTERÉS:

Lemna minor no tiene interés desde el punto de vista de conservación.

Se puede confundir con otros géneros de “lentejas de agua”: *Wolffia* y *Spirodela*, de los que se diferencia por el tamaño y número de raicillas que parten de la cara inferior.



Distribución de la especie *L. minor*

Commelinales - Pontederiaceae

Eichhornia crassipes (Mart.) Solms-Laub 1883



Nombre común

Jacinto de agua, lirio de agua o buchón de agua.

CARACTERÍSTICAS GENERALES

Son plantas libres flotantes, en casos fijas al sustrato. Poseen un tallo reducido y conectadas por un estolón horizontal alargado (Díaz, Díaz, & Vargas, 2012). Sus tallos engrosados sirven de flotadores, necesita mucha luz para vivir (Schmidt-Mumm, 1998). El mes de floración es entre agostos-septiembre y prefiere su emplazamiento en lugares soleados y también con algo de sombra. La resistencia de esta especie es de 0-5°C, su óptimo crecimiento está a temperaturas de 28-30°C, pH neutro, altas concentraciones de nutrientes como N y P, la cual también da lugar a la acumulación de biomasa y su extensión es de aproximadamente 1m² en un año. Reproducción sexual y asexual, siendo la reproducción vegetativa más importante que la colonización (Buczacki, 1995).

CARACTERÍSTICAS DE LA ESPECIE

HOJAS: presenta hojas emergentes de forma variable; peciolo 20-30 cm inflado; estípulas 2-15 cm de largo e inflorescencia variable.

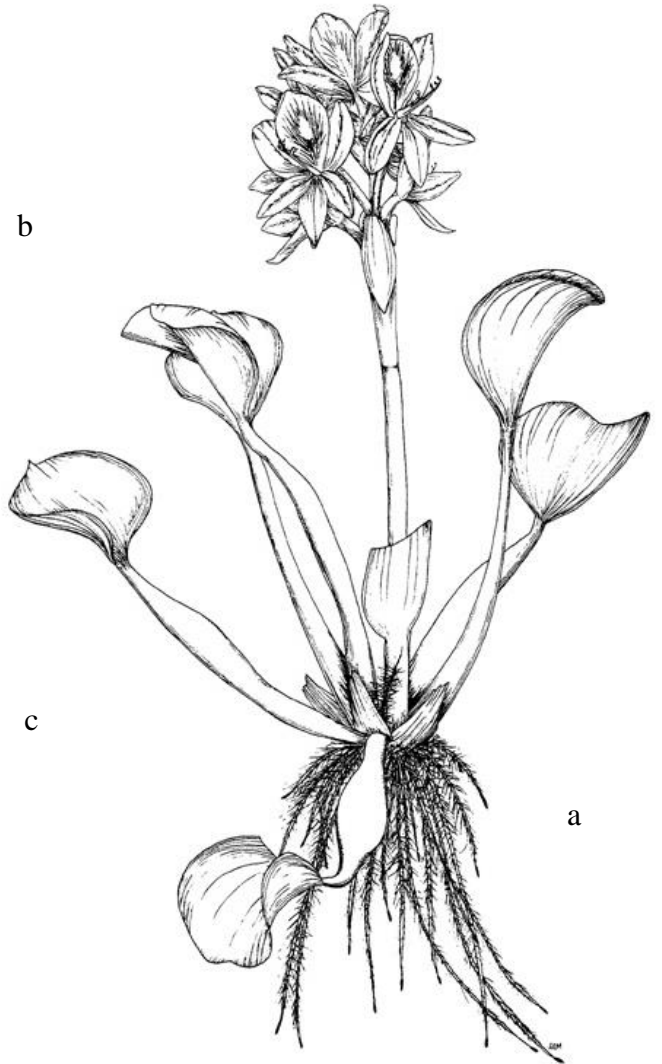
TALLOS: tallos hinchados basalmente con una hoja que envuelve el bulbo desde la parte inferior. este bulbo posee un tejido esponjoso que le permite flotar y del que cuelgan raíces.

FLORES: flores dispuestas en espigas, hermafroditas de 4-6 cm de largo; periantio morado claro, tiene de 5-2 cm de largo, lóbulos de 2,5-4,5 cm de largo, bordes enteros; estambres externos, filamentosos vellosos glandulares.

FRUTOS: cápsula, con cientos de pequeñas semillas en su interior

HÁBITAT:

Esta especie coloniza cuerpos de agua estáticas o en movimiento, formando extensas capas sobre la superficie. Se encuentra en estuarios, lagos, cursos de agua y humedales.



E. crassipes

- a) Aspecto general
- c) Flor
- d) hojas
- e) hábito libre

d

Puede tolerar fluctuaciones extremas del nivel de agua, variaciones estacionales en la velocidad de flujo y extremos de disponibilidad de nutrientes, pH, temperatura y sustancias tóxicas, pero no tolera aguas salobres. Prefiere aguas bien oxigenadas y eutrofas.

DISTRIBUCIÓN:

Esta especie es originaria de la cuenca amazónica, con una

expansión natural en otras áreas de América del Sur, se encuentra naturalizada en numerosas regiones del mundo con clima tropical subtropical o templado. La belleza de su flor, produjo la introducción en otros países tropicales como planta decorativa y finalmente se convirtió en silvestre por su tolerancia a altos niveles de nutrientes de aguas residuales del paisaje urbano, industrial y municipal (Barrett & Pomo, 1982; Díaz, Díaz, & Vargas, 2012). En el lago de Yahuarcocha esta especie se clasifica como ocasional en los transectos 2, 6, 7, 8, 11 y 12, mientras que en los transectos restantes se encuentra como muy rara.

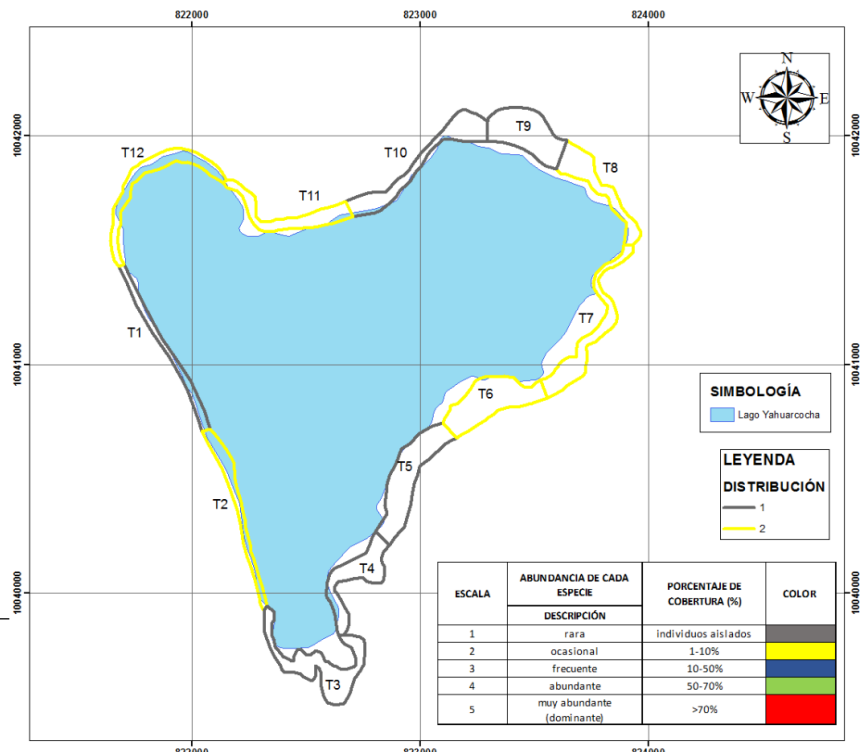
ESTADO DE CONSERVACIÓN:

UICN LISTA ROJA ECUADOR: No está incluida

UICN LISTA ROJA INTERNACIONAL: No incluida

CARÁCTER INVASOR:

Especie invasora de hábitats acuáticos, considerada dentro de las 100 especies más invasoras del mundo, llegando a colonizar cinco continentes y numerosas islas de regiones tropicales y subtropicales. Incluida en diferentes listas de especies invasoras a causa del alto riesgo para los ecosistemas que coloniza y de los trastornos ambientales que produce. Existen países en donde su distribución y venta se encuentra controlada.



Distribución de la especie *E. crassipes*

Apiales - Araliaceae

Hydrocotyle verticillata Thunb. 1798



NOMBRE COMÚN

Omblogo de venus, Sombrerillo de agua

CARACTERÍSTICAS GENERALES

Hierba glabra que funciona relativamente bien en forma sumergida, su tamaño oscila entre 5-15 cm de altura (Medina , 2003; Díaz M. P., 2011). Esta especie no crece en aguas con presencia de carbonatos, absorbe los nutrientes mayoritariamente por las hojas. Sus requerimientos de luz son altos, de velocidad de crecimiento lento-medio, se desarrolla a temperaturas entre 5-25 °C y un pH entre 5.8 – 7.5. Esta especie se puede dejar como planta flotante sin contacto con el sustrato del fondo, pero usualmente crece en el sustrato y genera sus típicas hojas circulares desde el rizoma horizontal o desde el tallo (Carretero, 1997; Méndez, 2012).

CARACTERÍSTICAS DE LA ESPECIE

HOJAS: sus hojas tienen de 9-13 nervios, peciolo glabro. Cada hoja es una lámina circular de hasta 3 cm, a menudo con un punto blancuzco en el centro.

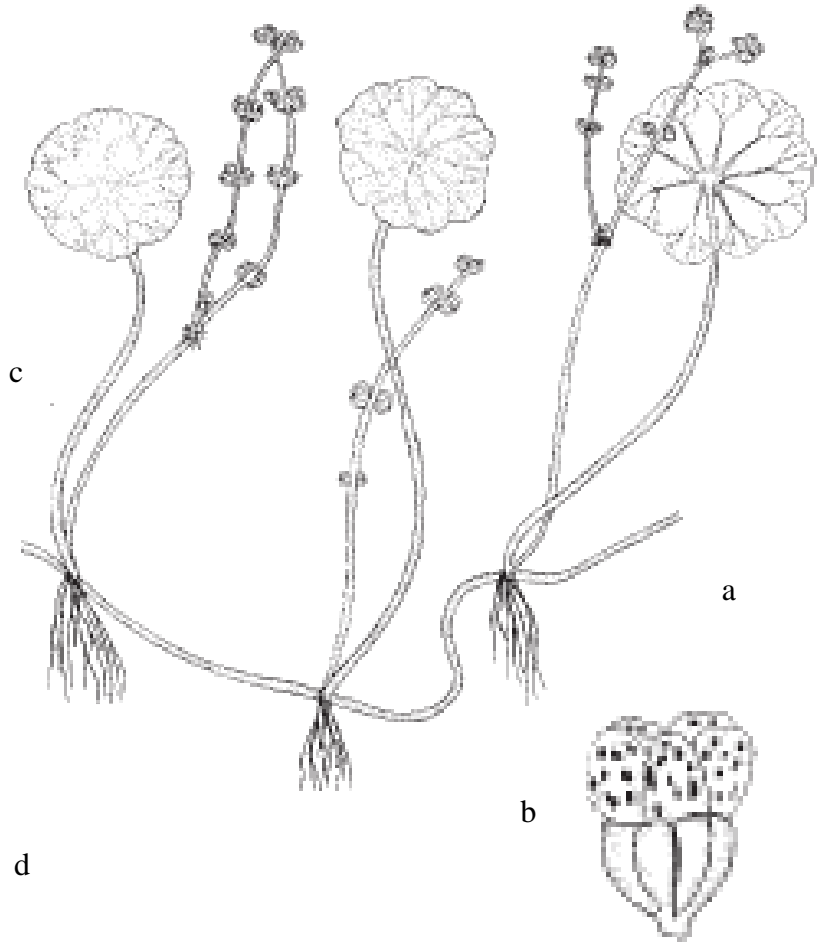
TALLOS: con tallos postrados, radicantes en los nudos, con entrenudos de 0.4-8cm.

FLORES: flores sésiles o subsésiles- pedicelos 0.2-0.4 mm, hermafroditas, con una bractéola de 0.9-1.1 mm, lanceolada, aguda.

INFLORESCENCIA: inflorescencias iguales o más largas que la hoja adyacente de 4 -28 cm.

FRUTO: su fruto es de color castaño rojizo. Su tamaño oscila entre 5 a 15 cm de altura.

REPRODUCCIÓN: su propagación es por brotes laterales.



H. verticillata
 a) Aspecto general
 b) Flor
 c, d, e) hojas
 f) raiz

e



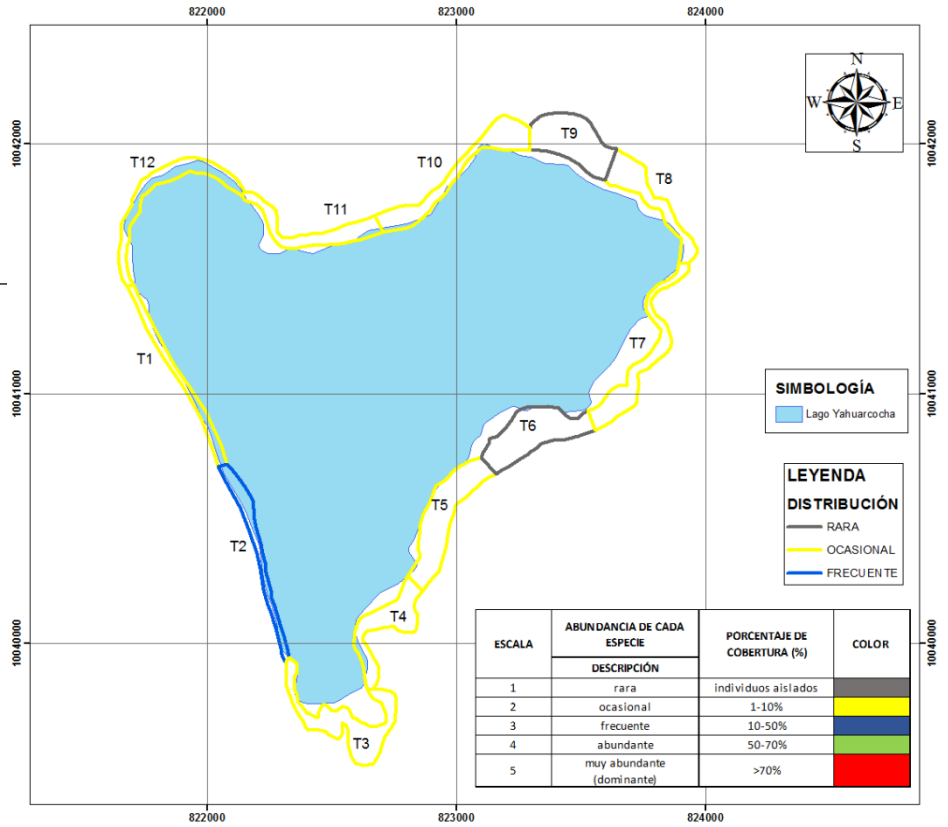
HÁBITAT:

Es una planta trepadora que crece en lugares pantanosos y húmedos

DISTRIBUCIÓN:

Se origina en el Sur de América del Norte y se distribuye en por gran parte de Australia, África y América tropical y Subtropical.

También se ha indicado su



Distribución de la especie *H. verticillata*

probable presencia en el sur de Europa, pero sin presenciar países. En el lago de Yahuarcocha el transecto donde hubo mayor cantidad de especies fue el transecto 2 siendo su abundancia de tipo frecuente, por otra parte en los transectos 6 y 9 se encuentra como rara, y en los transectos restantes se encuentra ocasionalmente.

ESTADO DE CONSERVACIÓN:

UICN LISTA ROJA ECUADOR: No está incluida

UICN LISTA ROJA INTERNACIONAL: No está incluida

CARÁCTER INVASOR:

Estudios mencionan su carácter invasor debido a su rápido crecimiento. Además tiene la capacidad de duplicarse y llegar a ocupar gran parte de flora y fauna, por ello si tiende a crecer excesivamente es necesario frenar su reproducción

Caryophyllales - Polygonaceae

Polygonum hydropiper (L.) Delarbre 1800



NOMBRE COMÚN

Pimienta de agua, pimienta de burro, pejiquera fuerte

CARACTERÍSTICAS GENERALES

Hierba anual o perenne de 15-50 cm de altura que crece en la zona templada del hemisferio norte en lugares húmedos, umbríos y encharcados. Tallos de color verdoso. Prefiere suelos húmedos y ácidos con un pH de 5.5–8 indicadoras de alcalinidad. Florece de julio a octubre (Clinton , 1992; Valdes, Talabera, & Fernández-Galiano, 2015). Crece en presencia de luz aunque es capaz de soportar sombra. Crece en temperatura moderada pero soporta grandes variaciones de temperatura, suelos moderadamente secos a húmedos.

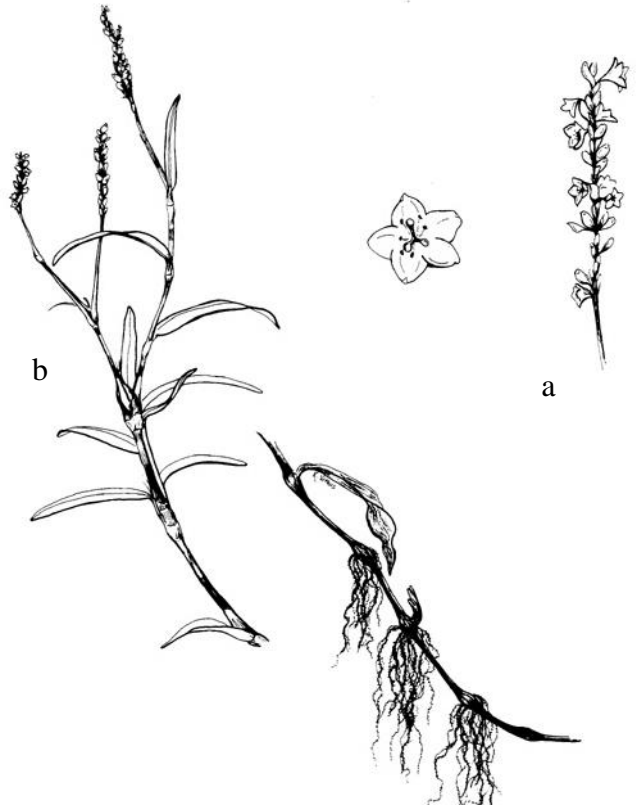
CARACTERÍSTICAS DE LA ESPECIE

HOJAS: lanceoladas que alcanzan los 7 cm de longitud con el peciolo corto.

TALLOS: simple de color verdoso

FLORES: las flores son pequeñas, actinomorfas, apétalas y hipóginas. Los sépalos son en su mayoría de cuatro o cinco a menudo petaloide (verde, blanco, rosa, rojo o púrpura), cinco a ocho estambres, dos o tres carpelos, pero con un solo desarrollo ovario unicelular.

FRUTO: es un aquenio de hasta 3.5 mm, más o menos trígono o plano-convexo, acuminado, pardusco, mate.



P. hydropiper

a) Aspecto general

b y c) habito libre

d) hoja



HÁBITAT:

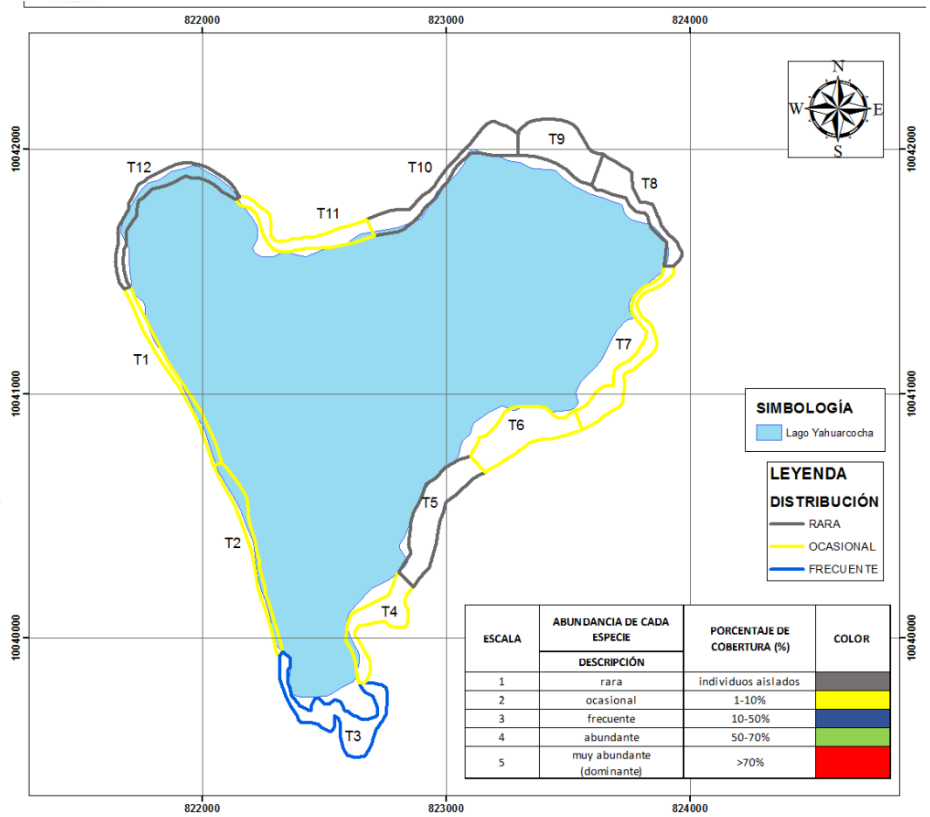
Crece junto los cursos de agua o en suelos húmedos, de preferencia en los no calizos o descalcificados, desde el nivel del mar a lo 1300m.

DISTRIBUCIÓN:

Aparece en Europa, al SO de Asia, N de África, Madeira y América del Norte.

En Guatemala esta

especie se considera maleza debido a su hábito de crecimiento y por la gran capacidad que tiene de reproducirse vegetativamente, lo cual hace que su control además de costoso sea temporal (Pareja, 1987; Menéndez, 2011).En el lago de Yahuarcocha el transecto donde hubo mayor cantidad de especies fue el transecto 3 siendo su abundancia de tipo frecuente, por otra parte en los transectos 1,2,4,6,7 y 11 se encuentra ocasionalmente, y en los transectos restantes se presenta como rara según la clasificación descrita.



Distribución de la especie *P. hydropiper*

ESTADO DE CONSERVACIÓN:

UICN LISTA ROJA ECUADOR: No está incluida

UICN LISTA ROJA INTERNACIONAL: No está incluida

Poales - Cyperaceae

Schoenoplectus californicus (C.A. Meyer) Soják. 1972



NOMBRE COMÚN
Totora, junco redondo, junco

CARACTERÍSTICAS GENERALES

Hierba acuática perenne que mide entre 1 a 4 metros de altura. Es una planta rizomatosa es decir con tallos subterráneos, se adapta muy bien al medio acuático y puede desarrollarse en aguas de hasta 1 m de profundidad. En Ecuador crece a una altura aproximada de 2000 msnm donde la temperatura es entre 12-16 °C y la precipitación anual entre 400-1200mm. Esta especie habita tanto en sistemas lóticos como lénticos, tolera la inundación pero es limitada a altos niveles de aguas adentro. La floración inicia en dos etapas durante año, a mediados de la época lluviosa y seca, donde generalmente se realiza el corte. Se utiliza tradicionalmente para la fabricación de esteras y artesanías. Resistente al frío y crece en suelos con textura gruesa (Macía, 2006; De los Ángeles & Noguera , 2007; Palomino & Cabrera, 2008; Sabaj, 2011; Neubauer *et al.*, 2012).

CARACTERÍSTICAS DE LA ESPECIE

HOJAS: son basales reducidas a vainas.

TALLOS: posee tallos gruesos y erectos entre 0,5 y 1 cm de diámetro, con rizomas horizontales entre 1 y 2 cm de diámetro, rojizos, de los cuales salen los culmos aéreos, que solo viven una temporada en las latitudes bajas.

FLORES: son unisexuales, se agrupan en la antela, que es de color castaño rojizo y está en los extremos de los tallos.

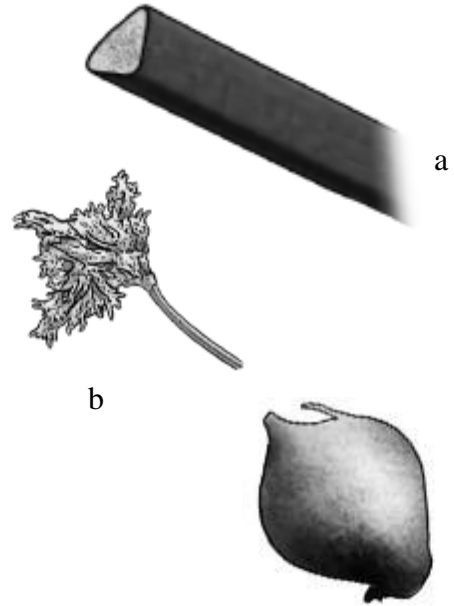
INFLORESCENCIAS: son pseudolaterales y ramificadas de 1 a 5 cm de largo, con numerosas espiguillas; están al final del tallo y de color naranja-pardo.

FRUTOS: aquenios lenticulares, biconvexos o aplanado convexo, lisos o transversalmente rugosos de color castaño.



S. californicus

- a) Tallos
- b) Flor
- c) fruto



REPRODUCCIÓN:

Se reproduce vegetativamente, gracias a su sistema rizomatoso, y sexualmente por semillas.

HÁBITAT:

Habita en aguas abiertas, poco salobres a frescas; en las costas, cursos de agua y en estanques en general. Se ha encontrado en un amplio rango altitudinal, que va desde los 0 a los

3750, en aguas con

sedimentos ricos en nutrientes y con bajo contenido orgánico. Se establece en aguas de hasta 90cm de profundidad en zonas abiertas.

DISTRIBUCIÓN:

La planta es oriunda de casi toda la América Latina, desde Estados Unidos hasta Chile y Argentina, además se encuentra en las islas del Pacífico. En el lago de Yahuarcocha el transecto donde hubo mayor cantidad de especies fue los transectos 5 y 6, en menor cantidad pero con un alto porcentaje están los transectos 3, 8 y 9, en los transectos restantes esta especie se registró como frecuente.

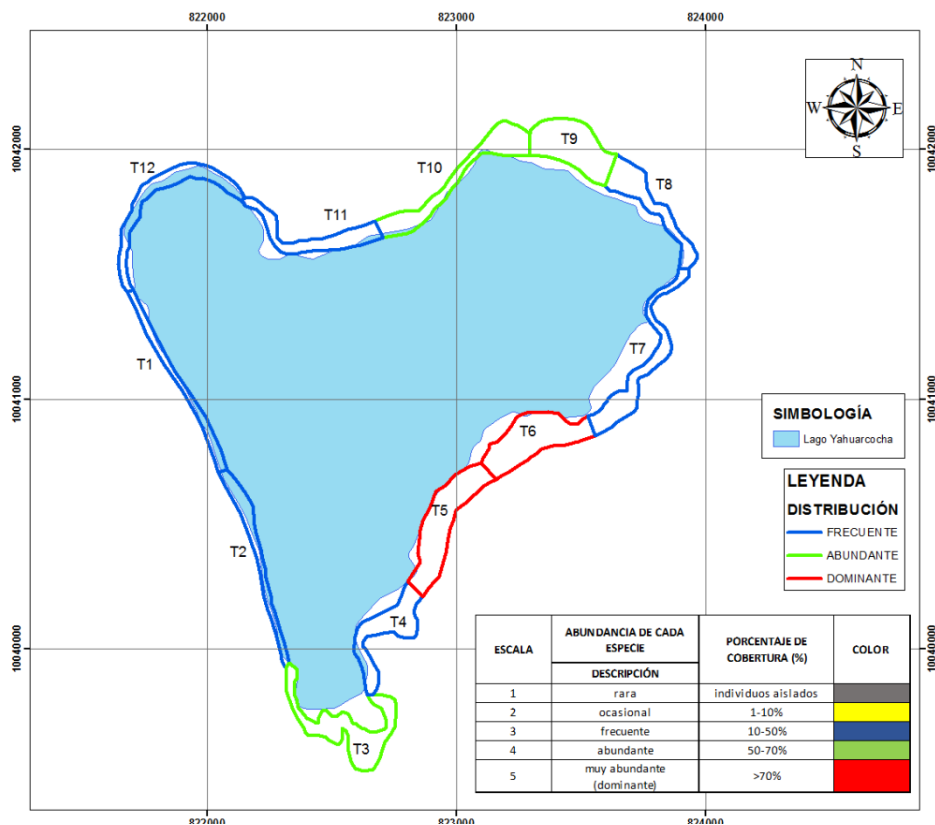
ESTADO DE CONSERVACIÓN:

UICN LISTA ROJA ECUADOR: No está incluida

UICN LISTA ROJA INTERNACIONAL: No está incluida

CARÁCTER INVASOR:

A pesar de su alta distribución geográfica, ningún país registra esta especie como invasora, aunque Australia, Nueva Zelanda y Argentina lo mencionan como una maleza ambiental (Díaz, Díaz, & Vargas, 2012).



Distribución de la especie *S. californicus*

Poales – Thyphaceae

Typha latifolia L.



NOMBRE COMÚN

Enea, junco de estera, totora

CARACTERÍSTICAS GENERALES

Esta especie es considerada acuática y terrestre; su altura oscila entre 1 y 3 metros. Son acuáticas enraizadas y crecen emergiendo sobre el agua (Crespo & Pérez-Moreau, 1967; Schmidt-Mumm, 1998; Fundación Humedales, 2012). El mes de floración es entre julio-octubre, de climas templados o templado fríos con estaciones y crece cuando tiene luz aunque soporta algo de sombra. El rango de temperatura en el cual se desarrollan es de 10-30°C, la profundidad óptima de crecimiento es 0,5 metros y constituye una especie indicadora de riqueza de nutrientes (Curt Fernández de la Mora, 2005).

CARACTERÍSTICAS DE LA ESPECIE

HOJAS: lineales, simples, basales, dísticas y envainadoras, con venación paralela y parénquima esponjoso, color verde grisáceo y miden de 6 a 23 mm de ancho.

TALLOS: posee tallos cilíndricos, hojas lineales y anchas, casi la mayoría basales, un único tallo floral desnudo y tiene rizomas superficiales que echan zarcillos, la cual es su principal forma de propagación.

FLORES: unisexuales dispuestas en un espádice compacto con un aspecto de puro, las femeninas se encuentran en su parte inferior, son más anchas y de color oscuro y las masculinas en la parte superior

INFLORESCENCIAS: en escapo, la cual es verde cuando esta inmaduro y café al madurar. El escapo tiene dos partes la cabeza estaminada (parte superior) y la pistilada (parte inferior)

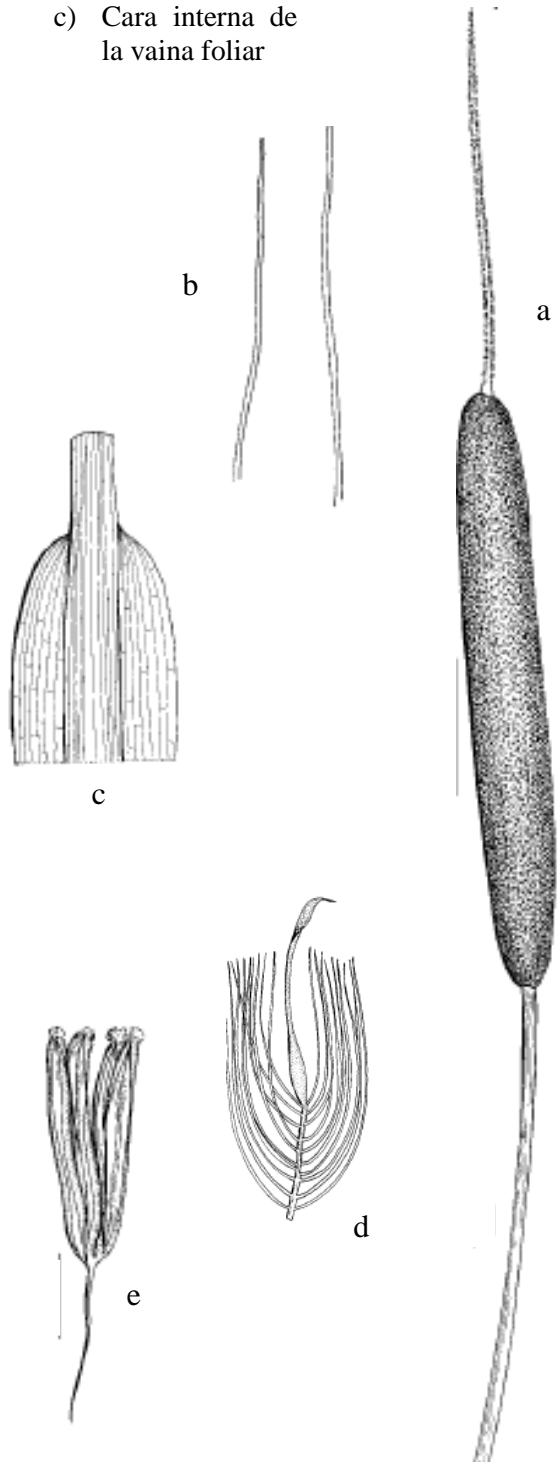
FRUTOS: aquenio, miden 1 cm y tienen tricomas que salen desde la base, nunca desde el medio.

REPRODUCCIÓN: por vía vegetativa



T. latifolia

- a) Inflorescencia
- b) Bracteolas masculinas
- c) Cara interna de la vaina foliar
- d) Flor femenina
- e) Flor masculina



HÁBITAT:

Esta especie hace parte de todas las comunidades de plantas desde humedales o pantanos profundos hasta pantanos abiertos. Crecen en costas, estuarios, lagos, zonas ribereñas, cursos de agua y humedales; también crecen sobre suelos húmedos, saturados o inundados y prefieren suelos con alto contenido de materia orgánica.

DISTRIBUCIÓN:

La distribución de esta especie es plurirregional o subcosmopolita, se encuentra en lugares templados y tropicales de todo el mundo. Para esta especie en específico se han propuesto dos lugares de origen disyuntos: Centro y Suramérica, y el reino floral Holártico (Stevens M. , 2006). En el lago de Yahuarcocha esta especie se encuentra de manera frecuente alrededor de todo el cuerpo de agua.

ESTADO DE CONSERVACIÓN:

UICN LISTA ROJA ECUADOR: No está incluida

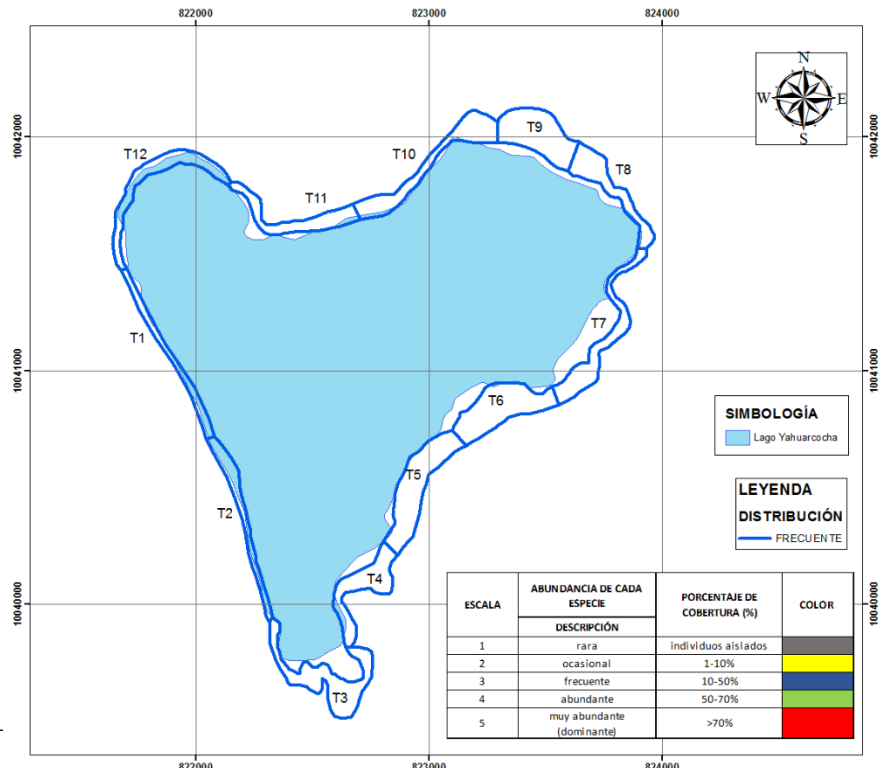
UICN LISTA ROJA INTERNACIONAL: Preocupación menor

CARÁCTER INVASOR:

Se considera como invasora de humedales tropicales disturbados. Esta especie ha sido reportada como invasora en Australia, Estados Unidos, Hawaii, Nueva Zelanda y Zambia. Esta especie ha sido introducida accidentalmente, ya que las semillas son transportadas de un lugar a otro por maquinaria, también es dispersada por viento y aves migratorias, lo más seguro es que hay una introducción local constante.

CONSERVACIÓN:

No hay información sobre las acciones de conservación para esta especie.



Distribución de la especie *T. latifolia*

Caryophyllales - Polygonaceae

Rumex conglomeratus Murray. (1770)



NOMBRE COMÚN

Labasa paniega o lengua de vaca

CARACTERÍSTICAS GENERALES



Es una planta perenne terrestre, glabra, raramente papilosa en las venas del envés de las hojas (Gil, 2015). Florece en primavera y verano. Se desarrolla en zonas más o menos nitrificadas, especialmente en juncuales; a pesar de permanecer en el agua, no son plantas flotantes que poseen raíces fijas; esta característica les permite formar una barrera para controlar la invasión del kikuyo. Su introducción se debe al transporte de materiales naturales de forma accidental. Toleran una amplia gama de suelos, condicionan del agua y florece de julio a agosto (Castroviejo, Valdés-Bermejo, Rivas-Martínez, & Costa, 1980; Bohórquez, 2009; Inbuy, 2011).

CARACTERÍSTICAS DE LA ESPECIE

HOJAS: hojas de estrechamente ovadas a oblongas, redondeadas en la base

TALLOS: con tallos de 30-80 cm

FLORES: sus flores son pediceladas dispuestas en grupos verticilados acompañados de una hoja.

INFLORESCENCIAS: en forma de racimos espiciformes. Tienen inflorescencias paniculadas terminales, ocupando los dos tercios distales

FRUTOS: es un trígono con valvas oblongas, íntegras y obtusas. Por lo general de color rojizo.

REPRODUCCIÓN: su reproducción es por semillas y se auto propaga por medio del agua y suelo



b



c



a

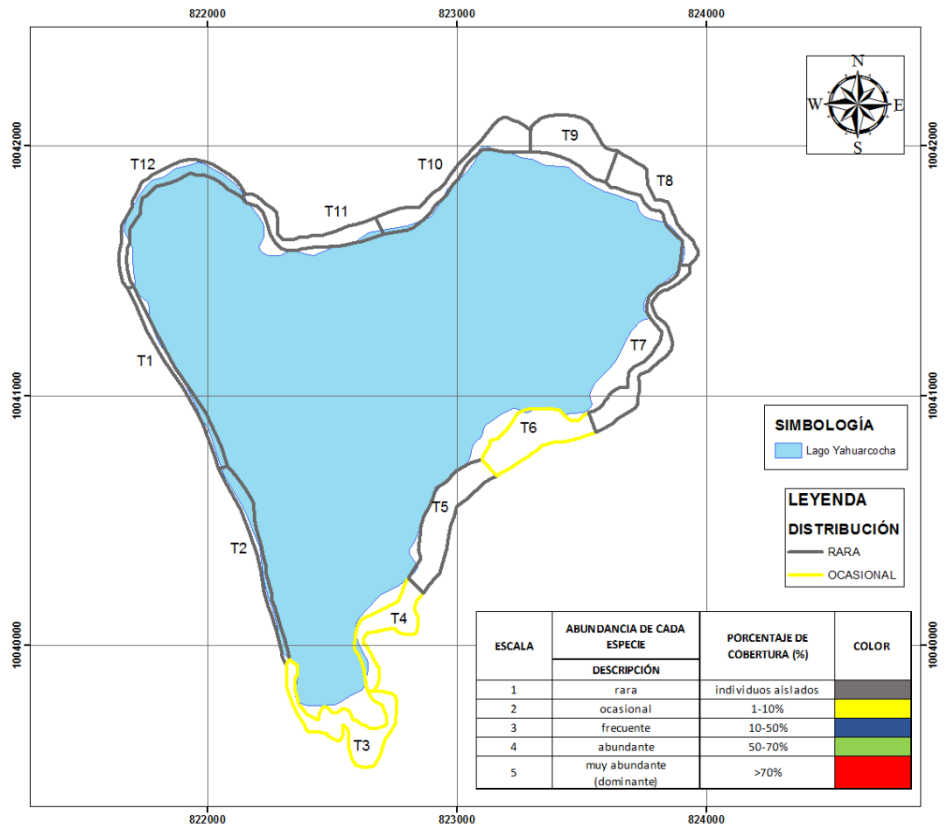
R. conglomeratus

- a) Aspecto general
- b) Hojas
- c) Frutos



HÁBITAT:

Habita en terrenos húmedos, orillas de cursos de agua, terrenos alterados. Se puede encontrar en un rango altitudinal que va desde 0 a 2500 m. Lengua de vaca es una hierba ruderal que coloniza ambientes disturbados, como campos cultivados, humedales contaminados, lugares de desecho y a lo largo de carreteras.



Distribución de la especie *R. conglomeratus*

DISTRIBUCIÓN:

Se ha reportado como nativa de una región amplia como es Eurasia y norte de África, aunque se ha extendido casi en todo el mundo. Su introducción se debe a transporte de materiales de forma accidental. La UICN considera que en el Ecuador esta especie es introducida. En el lago de Yahuarcocha esta especie se encuentra de forma frecuente en los transectos 3, 4 y 5, mientras que en los transectos restantes se ubica según la clasificación usada como rara.

ESTADO DE CONSERVACIÓN:

UICN LISTA ROJA ECUADOR: No está incluida

UICN LISTA ROJA INTERNACIONAL: No incluida

CARÁCTER INVASOR:

Tiene una amplia distribución (América, Europa y Oceanía), solo ha sido reportada como invasora en Australia, Hawaii, Isla Norfolk, Islas Juan Fernández y Nueva Zelanda. Produce cambios en la estructura del bosque nativo

Cyperales - Poaceae

Arundo donax L.



NOMBRE COMÚN

Caña gigante, carrizo, caña común

CARACTERÍSTICAS GENERALES

Es una de mayores especies de gramíneas, generalmente crece cerca del agua, aunque soporta diferentes condiciones de hábitat y tipos de suelo, esta especie responde fuertemente a exceso de nitrógeno de fuentes antropogénicas y fuego. Es una hierba perenne de altura de 2 a 8 metros y se desarrolla a una temperatura entre 7 y 30°C, tolera suelos ácidos, neutro y básico o incluso altamente alcalinos (Naccarato, 2009; Giessow *et al.*, 2011; Falasca, Flores, & Galvani, 2011). En Ecuador los tallos son usados para artesanías, canastas de uso doméstico, sombreros, entre otros, los cuales se comercializan generalmente en mercados locales (Macía, 2006; Arguero S & Albuja V, 2011).

CARACTERÍSTICAS DE LA ESPECIE

HOJAS: presenta hojas anchas, largas y lineales de borde áspero y color verde.

TALLOS: los tallos principales son huecos con paredes de 2 a 7 mm de grosor y se dividen por tabiques en los nodos, mientras que las ramas secundarias tienen un diámetro mucho más pequeño.

FLORES: flores muy pequeñas y poco llamativas ubicadas en la zona apical del tallo en una estructura llamada panoja.

HÁBITAT:

Es intolerante a la sombra y por lo general crece en lugares húmedos, tales como zanjas, arroyos y riberas de los ríos, crece mejor en suelos drenados, con niveles de nitrógeno enriquecido y con abundante luz solar. Tolera una amplia variedad de condiciones, incluyendo altos niveles de salinidad y pu



Arundo donax

A. donax

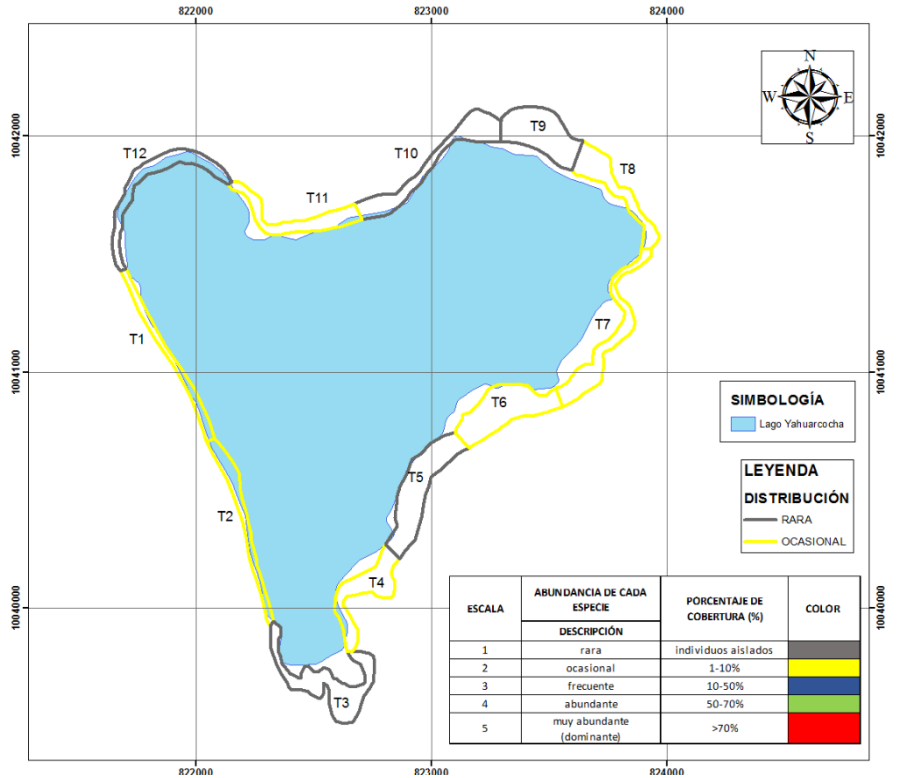
a) Aspecto general



DISTRIBUCIÓN:

Se considera originaria de Asia pero se extendió por todo el mundo, se encuentra en muchas regiones templado cálidas y tropicales del mundo; está presente en el sur de Europa, Sudáfrica, norte de América, Australia, Nueva Zelanda, América Central, América del Sur, islas del Pacífico entre otras (Deltoro *et al.*, 2012). En el lago de Yahuarcocha esta especie se encuentra de forma frecuente en los transectos 1, 2, 4, 6, 7,

8 y 11, mientras que en los transectos restantes se ubica como rara.



Distribución de la especie *A. donax*

ESTADO DE CONSERVACIÓN:

UICN LISTA ROJA ECUADOR: No está incluida

UICN LISTA ROJA INTERNACIONAL: Preocupación menor

CARÁCTER INVASOR:

Considerada dentro de las 100 especies más invasoras del mundo. Invade zonas ribereñas y causa alteraciones en la hidrología, el ciclo de nutrientes y el régimen de incendios, contribuyendo al desplazamiento de especies nativas. Se debe controlar antes de que sea un problema, porque una vez establecida, la erradicación y control son difíciles. Considerada invasora en cuerpos de agua dulce de costas de la Unión Americana, lo cual muestra su enorme capacidad de colonización en nuevos sitios; de esta forma esta especie se considera tener un alto rango de desarrollo y producción primaria en todo el planeta (Flores Maldonado *et al.*, 2008).

CONSERVACIÓN:

No hay medidas de conservación según la UICN y no se necesitan (UICN, 2011)

Cyperales - Cyperaceae

Cyperus papyrus L. 1753



NOMBRE COMÚN
Papiro, papiro de Egipto

CARACTERÍSTICAS GENERALES

Planta acuática arraigante rizomatosa, de crecimiento rápido y de hasta 5 metros de altura. Sus órganos aéreos son el tallo y la umbela, que presentan la mayor proporción de biomasa. Se desarrollan mejor en las orillas de los cuerpos de agua. (Peña, Sebastián, & Laguna, 2003; InBUy, 2011; Opio, Jones, Kansime, & Otiti, 2104). La época de mayor floración es en verano, y es usada mayormente para decoración debido a que es una planta llamativa. Se desarrolla mejor a temperaturas de 10°C y a mayores temperaturas si tiene un ambiente húmedo.

CARACTERÍSTICAS DE LA ESPECIE

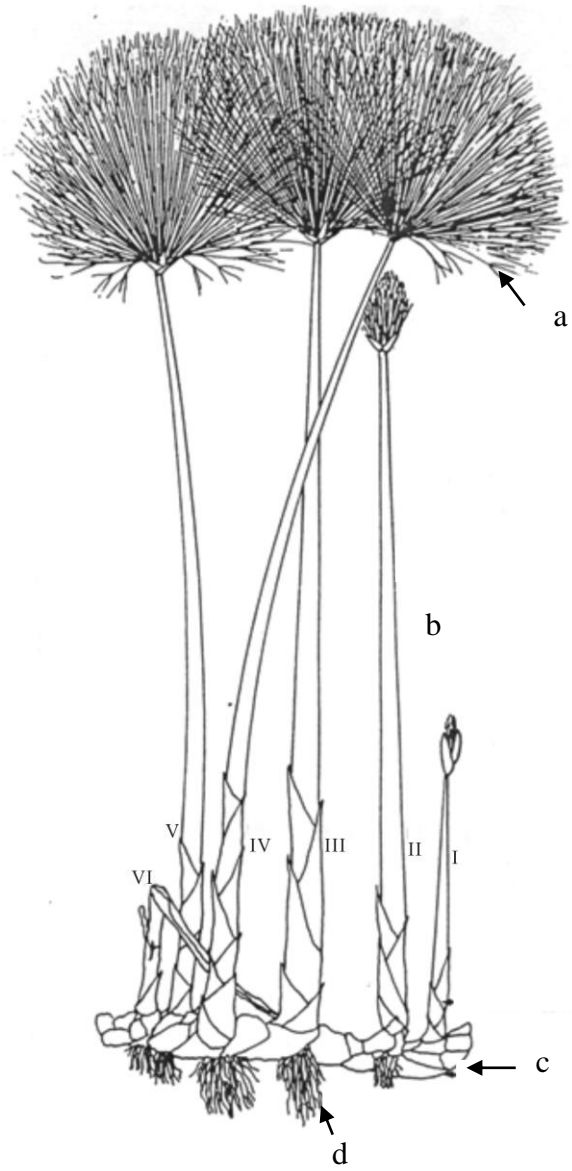
HOJAS: presenta hojas basales pequeñas

TALLO: trígonos, glabros de 300 a 500 cm x 15-45mm

INFLORESCENCIA: inflorescencia terminal, dispuesta en umbela compuesta. Las brácteas son más cortas que los radios de hasta 30 cm de largo y filiformes. Tiene espiguillas delgadas, parduscas y agrupadas en cabezuelas al final de los radios.

RAICES: sus rizomas permiten el crecimiento horizontal y sus raíces, al ser delgadas, forman grandes superficies, creciendo a aproximadamente 1m debajo de los sedimentos.

REPRODUCCIÓN: su reproducción es por medio de semillas y rizomas, y tiene auto propagación por agua y viento.



C. papyrus
 a) Umbela
 b) Tallo
 c) Rizomas
 d) raíces

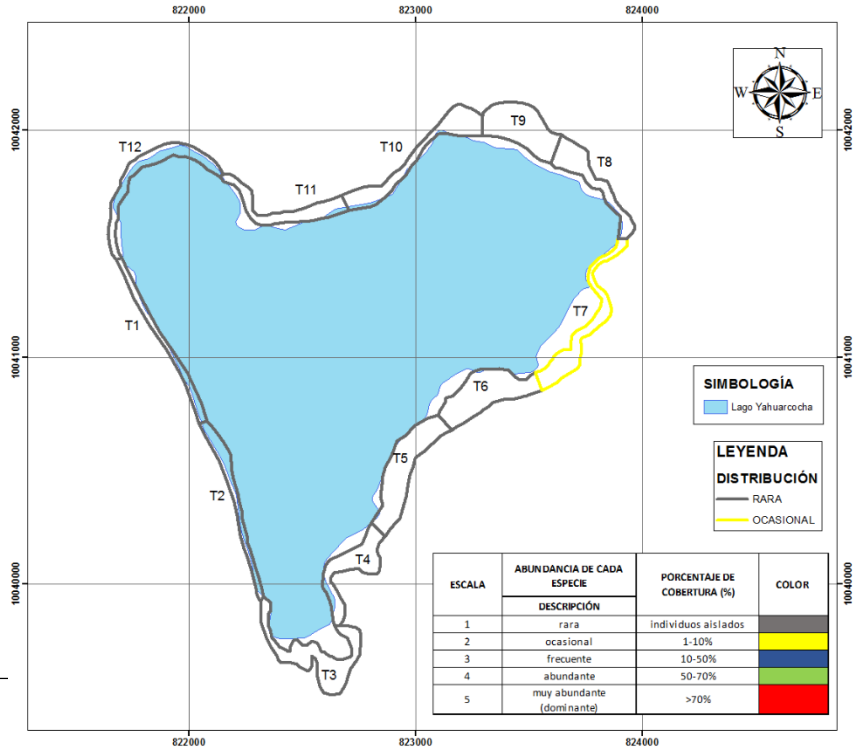
HÁBITAT:

Crece en ríos de curso lento y largos de baja salinidad con niveles de agua estables. La morfología de sus raíces permite la incorporación de nutrientes y resistencia a desecación. Es sensible a cambios de nivel de agua y el nitrógeno determina notablemente su producción neta.

DISTRIBUCIÓN:

Especie de origen de la cuenca del

Nilo, Africa tropical hasta Egipto, introducida en todo el mundo. USA ha sido introducida en 48 estados. En Hawai y Madeira es clasificada como exótica. En el lago de Yahuarcocha esta especie se encuentra de forma frecuente en el transecto 7, mientras que en el resto del lago se reporta como rara teniendo un porcentaje casi nulo de abundancia.



Distribución de la especie *C. papyrus*

ESTADO DE CONSERVACIÓN:

UICN LISTA ROJA ECUADOR: No está incluida

UICN LISTA ROJA INTERNACIONAL: Preocupación menor

CARÁCTER INVASOR:

Tiene crecimiento durante todo el año, por la disponibilidad de radiación solar, sistema hidrológico y disponibilidad de nutrientes. Se tiende a adaptar a humedales muy degradados.

CONSERVACIÓN:

No se necesitan recomendaciones para esta especie (UICN, 2011).

Poales - Juncaceae

Juncus arcticus Willdenow. (1799)



NOMBRE COMÚN

Junco

CARACTERÍSTICAS GENERALES

Plantas herbáceas perennes y en casos anuales, cespitosa, de 8,5 a 67,5 cm de altura, posee rizoma ramificado; tallos cilíndricos o comprimidos que van de 7 a 55 cm de longitud por 0.6 a 2.4 mm de diámetro; ligeramente estriados (Galván , 2002; Hanan, Mondragón, & Vibrans, 2009; Klinkenberg, 2015).

CARACTERÍSTICAS DE LA ESPECIE

HOJAS: sus hojas son basales reducidas solo a vainas, con un filamento apical de 1 a 4 mm de largo, o bien 1 a 3 de las vainas superiores provistas de una lámina comprimida de hasta 18cm de longitud, las vainas son de 0,5 a 11 cm de largo, de color verde, café-amarillento o color paja

FLORES: sus flores tienen dos bractéolas basales y poco vistosas, con 6 pétalos, 3 internos y 3 externos.

INFLORESCENCIA: inflorescencia en forma de panícula pseudolateral de 0,8 a 5,5 cm de largo, multiflora, compuesta, densa.

FRUTO: el fruto es una cápsula. La semilla son rojo pardusco y sobre el tamaño de la pimienta molida aproximadamente 0,6 a 0,8 mm

FLORES: pequeñas, poco vistosas, con 6 tépalos, 3 internos y 3 externos, que pueden ser cóncavos o planos, algo brillosos y con franjas de color verde, café amarillento o rojizo.

RAIZ: con tallo subterráneo



J. arcticus

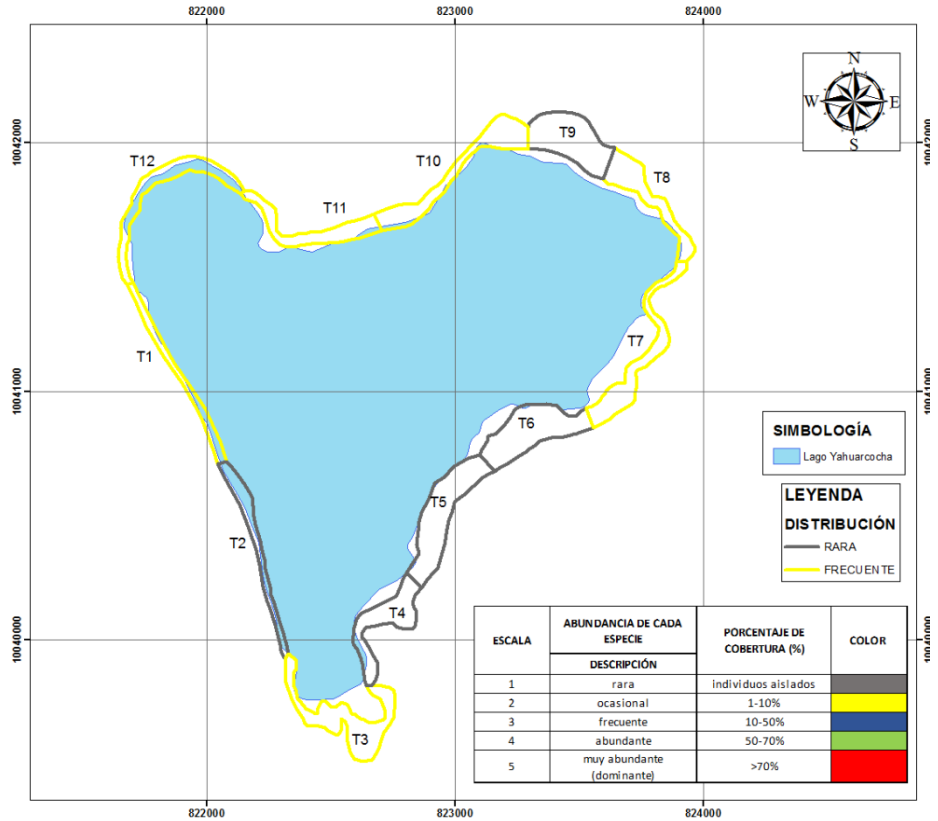
a) Aspecto general



HÁBITAT:

Se encuentra a menudo en los hábitats de humedales, pero crece en el agua estancada y lugares estacionalmente secos;

frecuentemente se presenta en áreas de pastizal y en áreas de influencia humana, también soporta moderada salinidad del suelo (Macía, 2001; Dité, 2012; Stevens, Hoag, Tilley D, & St. Jhon, 2012).



Distribución de la especie *J. arcticus*

DISTRIBUCIÓN:

Especie de distribución circumboreal, generalizada en todas las regiones templadas del hemisferio norte, al oeste de Norteamérica a México y en la región andina de Colombia a Argentina y Chile. En Ecuador esta especie se desarrolla entre 2700-4000 m. En el lago de Yahuarcocha esta especie se encuentra de forma frecuente en los transectos 1, 3, 7, 8, 10, 11 y 12, mientras que en los demás transectos se encontró como rara.

ESTADO DE CONSERVACIÓN:

UICN LISTA ROJA ECUADOR: No está incluida

UICN LISTA ROJA INTERNACIONAL: No está incluida

CARÁCTER INVASOR:

Se puede propagar en condiciones favorables, pero no plantea ningún problema ambiental a las comunidades de plantas nativas.

Cyperales - Cyperaceae

Cyperus odoratus L. (1753)



NOMBRE COMÚN

Cuentas de Santa Elena, tuxpata, coyolillo, totorilla

CARACTERÍSTICAS GENERALES

Planta herbácea sus con hojas de hasta 60 cm, de taxón llamativo y común de las ciperáceas, sobre todo en el trópico (Castroviejo S. , 2006). Su ciclo de vida puede ser anual o perenne, su dispersión es por diásporas anemócora e hidrócora, desarrolla rizomas cortos odoríferos, no tolera la sombra y por lo general se adapta a suelos inundados. Es una especie muy variable, y es posible que se tenga que separar en varias unidades en el futuro. Se encuentra hasta los 2250 m.

CARACTERÍSTICAS DE LA ESPECIE

HOJAS: hojas de hasta 60 cm, generalmente de mayor longitud que el tallo, vainas de color paja a café.

TALLO: triquetro, hasta de 5 mm de grueso en el ápice, en ocasiones con la base en forma de bulbo.

INFLORESCENCIA: inflorescencia terminal, en antela compuesta con numerosos radios primarios hasta de 8cm, muy desiguales, con los radios terminales rematados por una espiga laxa de numerosas espiguillas, entre las que se aprecia claramente el eje.

FLORES: espiguillas de 5 a 27 mm de longitud, de alrededor de 1 mm de ancho y grueso, cafés a café-rojizas.

RAICES: fibrosas, a veces con rizoma corto

FRUTO: aquenio de 1,5 mm de longitud, de 0,5 a 0,7 mm de ancho, de sección desigualmente triangular, truncado y apiculado, con los lados casi planos, algo curvado, la superficie punticulada, de café a casi negro.



C. odoratus

a) Aspecto general



HÁBITAT:

Es una planta de sitios húmedos (orillas de agua, Ciénegas, canales de riego, zanjas), y frecuentemente perturbados. Puede ser ruderal y arvense

DISTRIBUCIÓN:

Especie de origen pantropical, nativa de América del Norte y también se encuentra distribuida en regiones de climas

templados de América del Sur, Australia y países asiáticos como Japón, Tailandia e Indonesia (Ramachandran & Soosairaj, 2014; Ortiz *et al.*, 2015). En el lago de Yahuarcocha esta especie se encuentra de forma frecuente en el transecto 12, como ocasional en el transecto 10 y 11, en los demás transectos su abundancia se encuentra como rara.

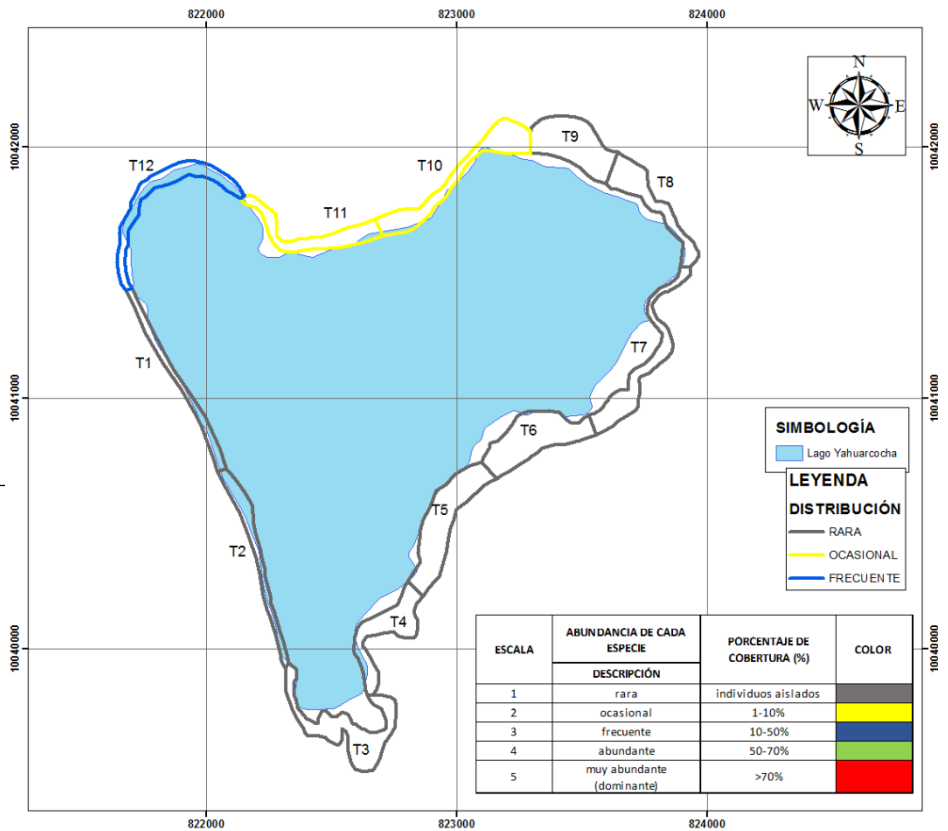
ESTADO DE CONSERVACIÓN:

UICN LISTA ROJA ECUADOR: No está incluida

UICN LISTA ROJA INTERNACIONAL: Datos insuficientes

CARÁCTER INVASOR:

El potencial invasor de esta especie está en la rapidez con la que llega a expandirse y colonizar un territorio, por su alta capacidad de reproducción, ya que esta planta puede producir alta cantidad de semillas viables (Ferrer-Gallego & Laguna, 2013)



Distribución de la especie *C. odoratus*

Lamiales - Calceolariaceae

Calceolaria tripartita Ruiz y Pav. (1798)



NOMBRE COMÚN
Zapatito de venus, capachito

CARACTERÍSTICAS GENERALES

Planta anual, generalmente corta y poco usual que se encuentra en sitios húmedos y perturbados de las regiones templadas. Hierba higrófito, erecta o escandente. Su tamaño es de hasta 1.5 m de alto ((Puppo, 2006; Huamán Luis *et al.*, 2011). Se cultiva ocasionalmente como planta ornamental. *C. tripartita* es una especie bien distribuida, frecuentemente en formaciones de lomas entre los 500-900m; y en los andes cerca de cursos de agua entre 1800-3900m. Florece y fructifica la mayor parte del año (Vibrans, 2009; Missouri Botanical Garden, 2015).

CARACTERÍSTICAS DE LA ESPECIE

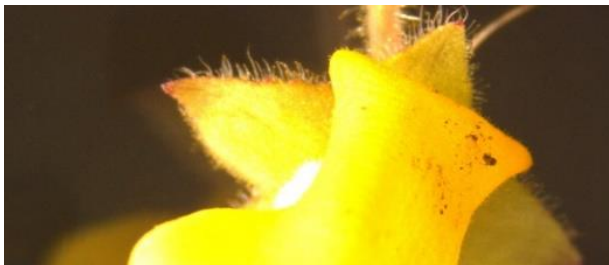
HOJAS: sus hojas son opuestas, de hasta 12 cm de largo, ligera a profundamente divididas, de color amarillo verdoso a púrpura, los márgenes enteros o con diente de sierra a veces con pelillos.

TALLO: su tallo es de color verde- amarillento a púrpura, a veces con pelillos que puede ser glandulares.

INFLORESCENCIA: su inflorescencia son flores solitarias o bien agrupadas, sobre pedicelos de hasta 20mm de largo acompañadas de brácteas.

FLORES: sus flores son 4 sépalos ovados, algo puntiagudos de hasta 6mm de largo, la corola amarilla.

FRUTO: su fruto es una cápsula ovoide, de hasta 8mm de largo, sobrepasando el cáliz



a



b



C. tripartita
a) Rama
b) Flor



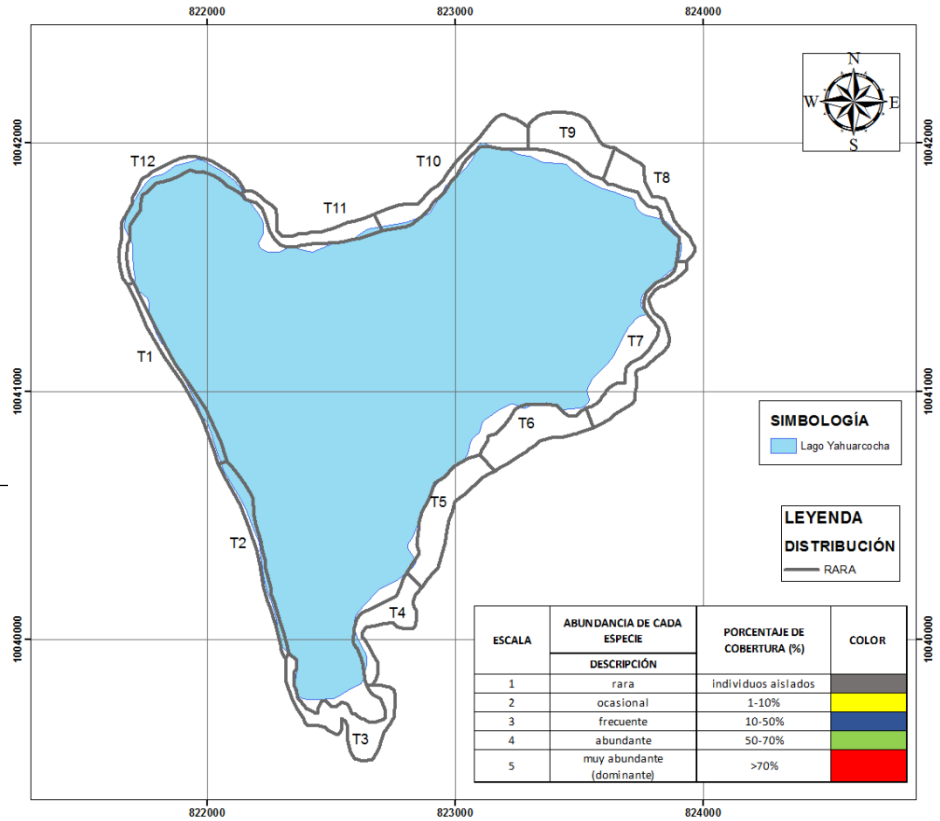
HÁBITAT:

Es una especie bien distribuida, frecuente en formaciones de lomas entre los 500-900m, y en los andes cerca de cursos de agua entre 1800-3900 m.

DISTRIBUCIÓN:

Originaria de México y hacia el sur hasta Panamá y Perú, naturalizada en otras partes del mundo como Ecuador, Colombia,

Australia, Nueva Zelanda, entre otras. En el lago de Yahuarcocha en cuanto a su abundancia y según la clasificación recomendada se encuentra como rara en todo el lago, encontrándose solo individuos aislados alrededor del cuerpo de agua.



Distribución de la especie *C. tripartita*

ESTADO DE CONSERVACIÓN:

UICN LISTA ROJA ECUADOR: No está incluida

UICN LISTA ROJA INTERNACIONAL: No está incluida

CARÁCTER INVASOR:

Especie sin problemas de supervivencia

Lamiales - Plantaginaceae

Bacopa monnieri L. Wettst. 1891

NOMBRE COMÚN

Hisopo de agua, bacopa, lagrima de bebé, baraima

CARACTERÍSTICAS GENERALES



Planta emergente y palustre que no suele vivir sumergida de un modo permanente. Requiere luz moderada a alta, su tamaño oscila entre 15 a 50 cm de altura y 8 a 15 cm de ancho aproximadamente. Se desarrolla mejor a una temperatura de 15-30° y un pH entre 5,8 – 7,5 (Siebers, 1991; Rinconature, 2014). Actúa como bioindicadora ya que requiere aporte regular de macro y micro nutrientes (NPK y Fe), con unos niveles de nitratos y fosfatos medios, la planta crecerá robusta, rápido y con coloración verde intenso. Esta planta florece de junio a octubre (Vibrans, Heike, 2009; Martínez, 2015).

CARACTERÍSTICAS DE LA ESPECIE

HOJAS: presenta hojas ovaladas opuestas y entrecruzadas dispuestas en sentido opuesto en el tallo, algo carnosas y miden 1-2cm de longitud y hasta 1cm de ancho. Son de color verde, más angostas hacia la base y una distancia de entrenudos de 1 cm.

TALLOS: su tallo puede alcanzar los 40 cm de altura.

FLORES: con corola casi con simetría radial, campanulada, no con dos labios conspicuos, de color lila, morado o blanco, de 8 a 10 mm de largo; anteras de 1,5 a 2 mm de largo, estilo de 4 a 5 mm de largo, sépalos de 4 a 6 mm de largo, sin pelos. Cuando crece por encima del agua presenta flores de color blanco zigomorfas.

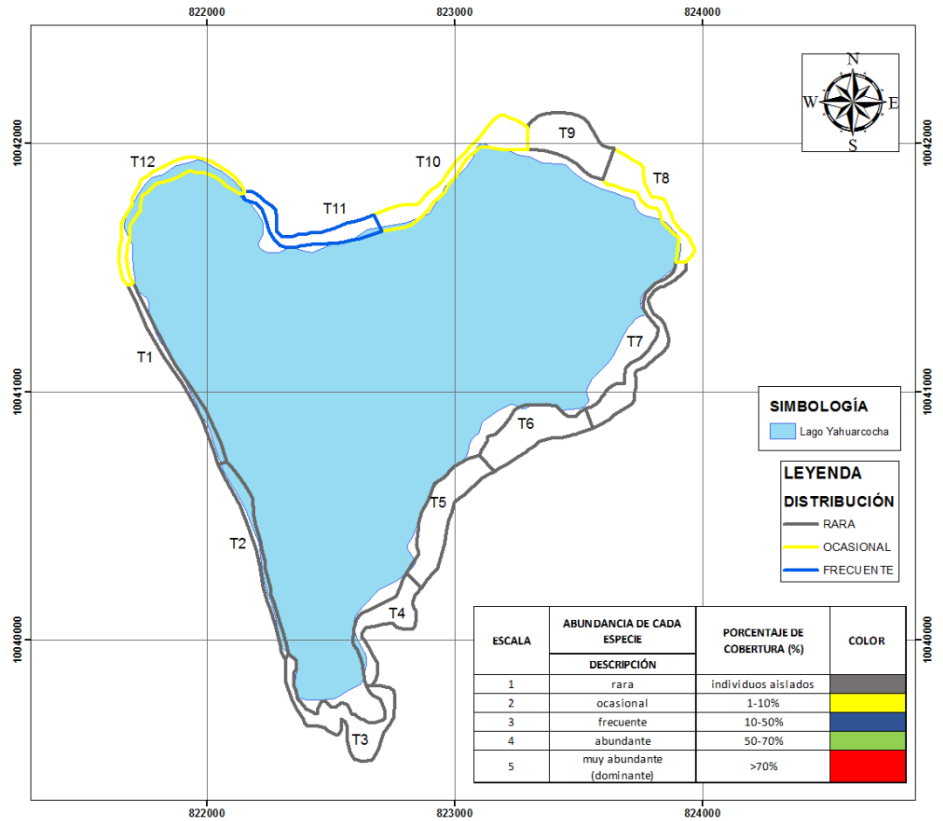
FRUTOS: bayas, semillas de color amarillo a café.

REPRODUCCIÓN: por esquejes



HÁBITAT:

Se desarrolla casi en todas las condiciones, en orillas de lagunas, corrientes de agua o terrenos encharcados, con iluminación adecuada. Si la iluminación es pobre la distancia de entrenudos en el tallo tiende a alargarse.



DISTRIBUCIÓN:

Su origen es en el trópico pacífico (americano); zonas tropicales y subtropicales de los cinco continentes (Sur de Europa) y está extendida por toda América desde Argentina hasta México. En el lago de Yahuarcocha esta especie se presenta frecuentemente en el transecto 11, de manera ocasional en los transectos 8, 10 y 12, y en los transectos restantes se encuentra en forma rara.

Distribución de la especie *B. monnieri*

ESTADO DE CONSERVACIÓN:

UICN LISTA ROJA ECUADOR: No está incluida

UICN LISTA ROJA INTERNACIONAL: Preocupación menor

CARÁCTER INVASOR:

Es relativamente una planta fácil de mantener, al tener la cualidad de adaptarse a casi cualquier tipo de agua y sustrato en el que se encuentre.

CONSERVACIÓN:

No hay medidas en su lugar y no se necesitan.

Alismatales - Potamogetonaceae

Potamogeton pectinatus var. *striatus* Ruiz & Pav. (1997)

NOMBRE COMÚN
Maleza de hoja delgada

CARACTERÍSTICAS GENERALES



Hierba acuática sumergida arraigada al sustrato, anual o perenne en climas benignos (sobreviven los tubérculos en invierno), provista de rizomas y tubérculos. Es planta de crecimiento primavera-estival, que florece en verano – otoño, se propaga por semillas. Se desarrolla en un rango altitudinal entre 800 – 2000 m (JSTOR, 2015). Las partes tiernas son comestibles; en especial los tubérculos (Hellquist, 2005; Rapoport, Marzocca, & Drausal, 2009).

CARACTERÍSTICAS DE LA ESPECIE

HOJAS: lineales, verde-oscuro, de 3-15 cm de largo de 2-4 mm de ancho, longitud y anchura de los principales troncales 2 veces o más grandes que los de las ramas; estípulas con vainas estipulares no inflados, ápice apiculado, cuspidado o rara vez redondo, venas 3-5. Todas las hojas se sumergen.

TALLOS: herbáceos, cilíndricos, ramificados distales, hasta 200 cm.

INFLORESCENCIA: pedúnculos axilares, raramente terminal, erecta a ascendente, cilíndrico, 1.2-5.2 cm, picos cilíndricos, raramente monoliforme

FRUTOS: de color marrón a marrón rojizo, obovoide a oblanceolado



P. striatus
a) Rama
b) Flor

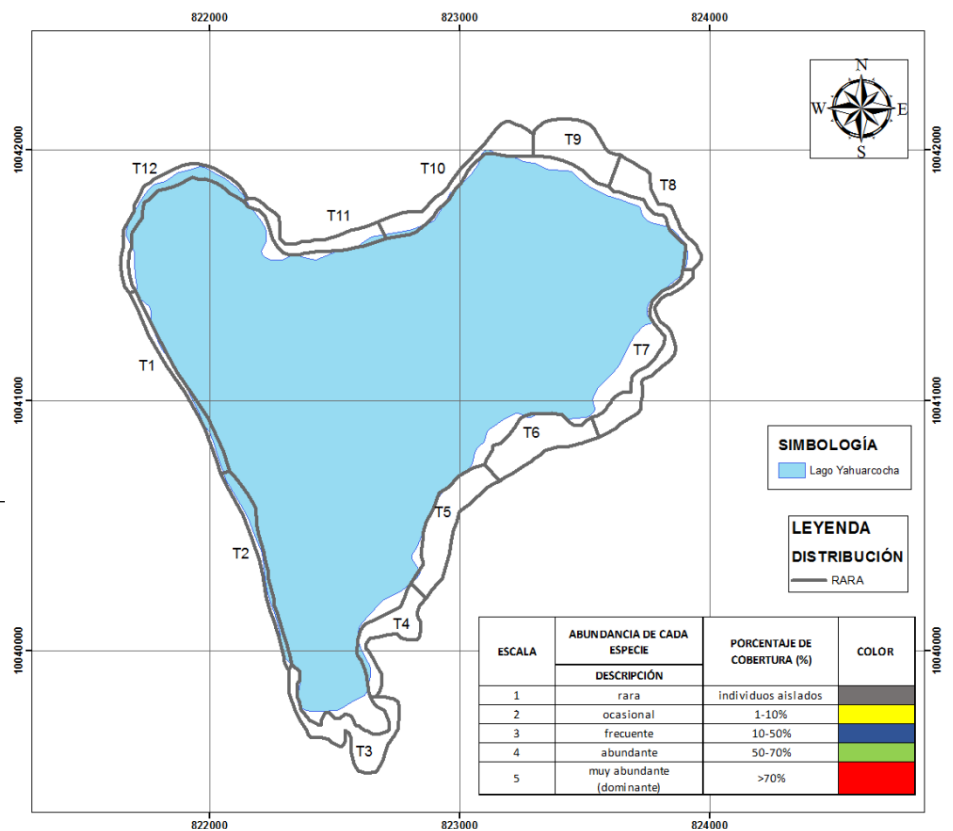
HÁBITAT:

En canales de drenaje y otros cuerpos de agua, crecen en aguas salobres. Se encuentra a alturas desde 800 a 2000 m.

DISTRIBUCIÓN:

Nativo de América, Bolivia, Paraguay, Chile y Argentina, pero distribuida en Europa desde Finlandia hasta

Marruecos, Asia, N. América y Africa. La UICN menciona es esta especie distribuida en el Ecuador. En el lago de Yahuarcocha esta especie se presenta de forma rara alrededor de todo el cuerpo de agua.



Distribución de la especie *P. striatus*

ESTADO DE CONSERVACIÓN:

UICN LISTA ROJA ECUADOR: No está incluida

UICN LISTA ROJA INTERNACIONAL: No incluida

4.5.1.11. Métodos de Preservación de plantas acuáticas

La recolección y conservación de las muestras vegetales es la base del funcionamiento de los herbarios. Los materiales que contienen estos han sido y son elementos imprescindibles para realizar estudios sistemáticos, florísticos y biogeográficos. Además, los herbarios, como colecciones de plantas secas bien identificadas y ordenadas, suponen en sí mismos un permanente registro de biodiversidad.

En el Ecuador existen diferentes instituciones de Azuay, Guayaquil, Loja y Quito que cuentan con herbarios los cuales fueron presentados en el II Congreso Ecuatoriano de Botánica (CEB, 2000). En la Universidad Técnica del Norte se cuenta con el Herbario IMAS creado desde el año 1997, esta se encuentra regulada por la administración de la institución, siendo necesaria una autorización expresa para herborizar (término que se conoce la recolección de vegetales con fines científicos) las especies.

En el caso de las especies acuáticas, la adecuada recolección y conservación es muy importante, ya que muchas ocasiones los caracteres que permiten identificarlas son delicados y muy pequeños, y se debe observar en laboratorio usando un microscopio. Entre las principales consideraciones que se debe tener en cuenta cuando se procede a recolectar plantas acuáticas se destaca las siguientes:

- Recoger algunas muestras de la misma planta, buscando siempre tener los mejores ejemplares o los que tengan mejor estado
- La muestra que se tome debe contener de preferencia estructuras reproductoras como flores y frutos;



Figura 4.67. Colección de especies acuáticas en el Lago de Yahuarcocha

ya que en algunos casos es imposible identificar la especie.

- En las zonas más profunda donde la colección manual se torna complicada, se puede usar ganchos o cuerdas lo suficientemente larga.
- Las condiciones óptimas de conservación y almacenamiento de las muestras deben ser mediante el prensado y secado, pegados o fijados en una cartulina A3 o similar. Lo más conveniente es realizar la preparación adecuada de las especies y prensarlas el momento de su recolección, para evitar su deterioro o daño. Para las especies inferiores o que sean de tamaño pequeño se aconseja guardar en bolsas de plástico.
- Cada planta colectada, una vez seca y colocada en el papel, debe acompañarse de una tarjeta de identificación que incluya los datos más relevantes de dicha especie.

Las muestras colectadas se recomienda depositarlas en algunos de los herbarios públicos existentes, para que los interesados puedan acceder libremente al material ahí depositado.

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A continuación se muestra las conclusiones del trabajo realizado, y de la misma manera se menciona algunas recomendaciones para el presente estudio.

5.1. Conclusiones

- Las condiciones abióticas analizadas indican que existe clima mesotérmico semi-húmedo, precipitación entre 500 y 700 mm, temperatura promedio de 15°C, 9 drenajes que aportan directamente al cuerpo de agua, un suelo cubierto mayoritariamente por el tipo durustoll y un uso principal de suelo correspondiente a cultivos; las condiciones bióticas muestran que el lago posee una cobertura de 44 ha de vegetación acuática, siendo el ecosistema acuático el más abundante y la fauna más representativa corresponde a aves, peces y animales domésticos.
- La vegetación acuática del Lago de Yahuarcocha consistente en 17 especies de plantas acuáticas, 16 géneros y 14 familias, representada mayoritariamente a nivel de familia en un 57.14%, por Liliopsida, en un 56,25% a nivel de género y en 61,11% a nivel de especie. La distribución geográfica del total de especies acuáticas se encuentra en América y Neotrópico.

- Las formas de vida y formas de crecimiento las especies se presentan en mayor parte para el tipo enraizado emergente correspondiente a helófitas con 56.25%, seguido del tipo acropleustephyta con 18.75% y finalmente hyphydta y ephydata con 12.5%. El espectro biotipológico muestra que las formas de crecimiento se encuentra representado en mayor parte por la especie de tipo graminoide correspondiente a 35.7%.
- La vegetación acuática se caracterizó por presentar pocos taxones con altas abundancias, siendo Schoenoplectus el género dominante en la mayor parte del lago con 70.71%, seguido de Typha con 45.17%; por su parte los géneros más ampliamente distribuidos son los géneros Myriophyllum, Hydrocotyle y Polygonum. En los dos períodos de muestreo se obtuvo un total de 1.13×10^8 individuos en la época lluvia y $1,0 \times 10^8$ en la época seca, y su gradiente de abundancia se ajusta probablemente a una respuesta de las especies en términos de tolerancia a las variables ambientales.
- Dentro de los tipos de vegetación acuática están dominados, en su mayoría, por vegetación emergente con 58.8%, seguido de vegetación flotante con 23.5% y por último la vegetación sumergida con 17.6%. La presencia y proliferación de macrófitas emergentes y flotantes muestra estar relacionada con la reducción de la diversidad de las macrófitas sumergidas, a mayor desarrollo del proceso eutrófico las plantas acuáticas sumergidas tienden a desaparecer.
- En las variables físicas, químicas y biológicas analizadas es notoria la influencia de temperatura del aire, temperatura del agua, nutrientes, y en menor cantidad la turbidez y la profundidad. Las especies acuáticas que tuvieron mayor relación con las variables mencionadas son *Polygonum hydropiper*, *Myriophyllum aquaticum*, *Egeria densa*, mientras que las especies *Azolla caroliniana*, *Typha latifolia*, *Juncus*

arcticus, *Cyperus odoratus*, *Calceolaria tripartita*, *Bacopa monnier* y *Rumex conglomeratus* tuvieron correlación en menor cantidad. Los índices aplicados muestran que la vegetación acuática tiene una diversidad, dominancia y equidad media; mientras que la riqueza es riqueza baja.

- Los cambios en el nivel de agua en cada uno de los transectos no se tan drástico, lo cual mantiene una relativa estabilidad de los hábitats en las características físico-químicas del agua, favoreciendo el establecimiento de comunidades de plantas enraizadas, flotantes y sumergidas. La estabilidad de los hábitats contribuye al establecimiento de las comunidades de plantas acuáticas, además que permite que las especies puedan desarrollarse sin sufrir cambios significativos en su estructura; además las variables físico-químicas se muestran como indicadores muy certeros para la estimación del avance eutrófico del lago.
- Se determinó que la mejor estrategia para la conservación del Lago Yahuarcocha en base a la vegetación acuática es la elaboración de un catálogo de florístico, como medida de incremento de conocimiento, la cual constituirá una herramienta útil para la identificación de las especies y será usado para gestiones de control y erradicación de especies vegetales invasoras.

5.2. Recomendaciones

- Para conocer mejor como se desarrolla este componente biótico en el lago es necesario seguir monitoreando y realizando estudios mensuales a lo largo del año, ya que las comunidades biológicas varían su composición en un espacio temporal, manteniendo los mismos transectos de muestreo, y tomando como base los resultados obtenidos en el presente estudio.
- Se recomienda realizar investigaciones más específicas de cada uno de los grupos de plantas acuáticas estudiados, para evaluar el comportamiento de cada uno de

estos, además la relación existente con otros organismos del ecosistema acuático como el zooplancton, macroinvertebrados y fitoplancton, para lograr un amplio conocimiento de la dinámica de las especies en el cuerpo de agua, este estudio sirve como base preliminar ya que se tiene una visión general de la vegetación acuática del lago de Yahuarcocha.

- Se sugiere evaluar la dinámica de nutrientes en el lago, cuya finalidad sea generar criterios y estrategias eficientes que permitan una optimización en las actividades encaminadas a la restauración ecológica del sistema lacustre, así como el entendimiento de sus procesos bioquímicos.
- Se recomienda aplicar estudios similares a los de este trabajo en otros cuerpos de agua para esclarecer el evento que ha modificado los patrones de diversidad en el Lago de Yahuarcocha, así como determinar si las actividades que se realizan actualmente en el lugar de estudio han influido sobre la actual composición de macrófitas en este sitio.

CAPÍTULO VI

6. BIBLIOGRAFÍA CITADA

- Acosta-Arce, L., & Agüero-Alvarado, R. (2006). Malezas acuáticas como componentes del ecosistema. *Agronomía Mesoamericana*, 17(2), 213-219.
- Alarcón-Elbal, P. (2013). Plantas invasoras acuáticas y cuícidos: un binomio peligroso. *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat. Sec. Biol.*, 107, 5-15.
- Álvarez, M., Catalán, J., & García de Jalón, D. (2001). Impactos sobre los ecosistemas acuáticos continentales. En M. Álvarez, J. Catalán, & D. García de Jalón, *Impactos del cambio climático en España* (págs. 113-146). España.
- Andrade, A., & Benavides, E. (2010). *Propuesta de plan de manejo de los Manantiales ubicados en las quebradas Tumbibitze y Seca (Cantón Antonio Ante)*. Universidad Técnica del Norte, Ibarra.
- Ardilla, L. S. (2009). *Dinámica de gramalotales en las llanuras inundables del Río Amazonas - Puerto Nariño - Colombia*. Universidad Nacional de Colombia Sede Amazonía, Instituto Amazónico de Investigaciones- Imani, Nariño.
- Arenas, A. D., Marcó, L.-M., & Torres, G. (2011). Evaluación de la planta Lemna minor como biorremediadora de aguas contaminadas con mercurio. *ACI*, 2(3), 1-11.

- Arguello, J., Arias, D., Calderón, L., Cuevas, E., Pat, R., Pérez Aguilar, . . . Zetina, C. (1999). *Uso de la macrofita sumergida Egeria densa para el tratamiento de aguas residuales*. Universidad Autónoma de Yucatán, Facultad de Ingeniería, Yucatán.
- Arguero S, A., & Albuja V, L. (2011). *Primer registro para el Ecuador del muerciélago insectívoro eptesticus fuscus (Chiroptera: Vertilionidae)*. Escuela Politécnica Nacional, Instituto de Ciencias Biológicas, Quito.
- Arocena, R. (2008). *Evaluación ecológica de cursos de agua y biomonitorio*. Universidad de la República, Dirección Nacional de Medio Ambiente, Dinama.
- Arocena, R., & Conde, D. (1999). *Métodos en Ecología de Aguas Continentales con ejemplos de Limnología en Uruguay*. Universidad de la República, Instituto de Biología Sección Limnología, Montevideo.
- Arroyave, M. (Febrero de 2004). La lenteja de agua (Lemna minor L.): Una planta Acuática Promisoria. *EIA*(1), 33-38.
- Ballesteros, J. L. (2011). *Determinación de la eficacia de Azolla caroliniana como matriz de hiperacumulación de metales pesados cuantificados*. Universidad Politécnica Salesiana - Sede Quito, Carrera de Ingeniería en Biotecnología de los Recursos Naturales, Quito.
- Barrett, S. C., & Pomo, I. W. (1982). Style Morph distribution in new world populations of Eichhornia crassipes(Mart). Solms-Laubarch (Water hyacinth). *Aquatic Botany*, 13, 299-306.
- Barros Pasantez, M., & Carrasco, C. (2006). *Estudio Limnológico de la laguna Surocucho*. ETAPA, Dirección de Gestión Ambiental.
- Barros Pasantez, S., & Carrasco, M. (2001). *Estudio Limnológico en la laguna Toreadora*. ETAPA, Dirección de Gestión Ambiental.
- 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.

- Blomme, J. (2014). *General limnology and zooplankton ecology of two tropical high altitude lakes in Northern Ecuador: Mojanda y Yahuarcocha*. KU Leuven. Kortrijk: KU Leuven.
- Bohórquez , A. (enero de 2009). Producción de plantas macrófitas: Alternativa para la depuración en humedales artificiales. *Ingecuan*, 1(1), 15-25.
- Bonilla, J., & Novelo, A. (1995). *Manual de identificación de plantas acuáticas del Parque Nacional Lagunas de Zempoala, México*. México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Bres, P., Crespo, D., Rizzo , P., & La Rossa, R. (2012). Capacidad de las macrofitas Lemna minor y Eichhornia crassipes para eliminar el níquel. *RIA*, 38(2), 153-157.
- Brunner, G., & Beck, P. (1990). *Nueva guía práctica de plantas acuáticas*. Alemania: Tetra-Verlag.
- Buczacki, S. (1995). *Plantas Acuáticas*. Madrid: Tursen Hermann Blume Ediciones.
- Calderón, A. (2012). *Guía ilustrada de las plantas epífitas del tramo Aranguaney-Banadia*. Bogotá, Colombia: Fotosíntesis.
- Caríssimo , M. S., Del Cero, P., & Silva, P. (2013). *Ecosistemas acuáticos*. Escritura en Ciencias, Ministerio de Educación Presidencia de la Nación, Buenos Aires.
- Carretero, J. L. (Febrero de 1997). Hydrocotyle verticillata Thunb. (Umbellidrae) en la flora Ibérica. *Flora Montiberica*, 5(63).
- Casallas G., J., & Günter , G. (2001). Algunos aspectos limnológicos de un lago altoandino: el lago San Pablo, Ecuador. *Limética*, XX(2), 215-232.
- Casset, M. A., Momo, F. R., & Giorgi, A. D. (Diciembre de 2001). Dinámica poblacional de dos especies de anfípodos y su relación con la vegetación acuática en microambiente de la cuenca del río Luján (Argentina). *Ecología Austral*, 11(79), 79-85.
- Castillo, R. A. (2013). *Valores Agregados de la biodigestión anaerobia del jacinto de agua*. Universidad de Cuenca, Facultad de Ciencias Químicas, Cuenca.
- Castroviejo, S. (2006). Cyperaceae. *Acta Botánica Malacitana*, 31.

- Castroviejo, S., Valdés-Bermejo, E., Rivas-Martínez, S., & Costa, M. (1980).
Novedades florísticas de Doñana. *Anales Jardín Botánico*, 36, 203-244.
- CEB. (2000). *Herbarios de Ecuador - III Congreso Ecuatoriano de Botánica*. Quito.
- Cerezo, R. (2008). *Estructura y funcionamiento de los ecosistemas acuáticos continentales: un análisis comparativo. Escalas y procesos*. Universidad de Murcia, Facultad de Biología Departamento de Ecología e Hidrología.
- Cervantes, M. (1994). Conceptos fundamentales sobre ecosistemas acuáticos y su estado en México. *Escenarios Acuáticos*, 37-67.
- Chang, J. V. (2015). *Calidad de agua*. Escuela Superior Politécnica del Litoral, Facultad de Ingeniería Marítima y Ciencias del Mar, Guayaquil.
- Cirujano, S., Cambra, J., & Gutiérrez, C. (2005). Protocolos de Muestreo y análisis para Macrofitos. En M. d.-C. Ebro, *Metodología para el establecimiento del Estado Ecológico según la Directiva MARCO del Agua* (págs. 1-43). España.
- Cleef, A. (1979). Fitogeografía y composición de la flora vascular de los páramos de la cordillera oriental colombiana. *Hedberg*.
- Clinton, H. (September de 1992). Occurrence and distribution of Polygonum species in Ohio. *The Ohio Journal of Science*, 92(4), 88-97.
- Colmenar, E. (Octubre de 2002). Un termómetro para las aguas. *Ambienta*, 47-52.
- Conde, D., & Gorga, J. (1999). Composición Iónica. En R. Arocena, & D. Conde, *Métodos en ecología de aguas continentales con ejemplos de limnología en Uruguay* (págs. 64-76). Montevideo, Uruguay: Edición D.I.R.A.C. Facultad de Ciencias.
- Cook, C. (1990). *Aquatic Plant Book*.
- Cordero, F., & Vergara, F. (2008). *Constitución del Ecuador*. Quito, Ecuador: Asamblea Constituyente del Ecuador.
- Crespo, S., & Pérez-Moreau, R. L. (1967). *Thypha L. Darwiniana*, 14(2-3), 413-429.
- Cuenca, F. (4 de Septiembre de 2010). *Myriophyllum aquaticum*. Obtenido de www.floresyplantas.net
- Curt Fernández de la Mora, M. D. (2005). *Macrofitas de interés en fitodepuración*.

- Dadon, J. (1993). *Calor y temperatura en cuerpos lénticos*
- De los Ángeles, M., & Noguera, F. (2007). *Efecto de cinco dosis de probiótico bioseptic en la descomposición de totora (Schoenoplectus californicus) y su evaluación en el cultivo de la lechuga (latuca sativa) en Yahuarcocha*. Tesis de Ingeniería, Universidad Técnica del Norte, Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales, Ibarra.
- Deltoro Torró, V., Jiménez Ruiz, J., & Vilán Fragueiro, X. (2012). *Bases para el manejo y control de Arundo donax L.* Valencia: Conselleria d'Infraestructures, Territori i Medi Ambient. Generalitat Valenciana.
- Díaz, A. M., Díaz, J. E., & Vargas, O. (2012). *Catálogo de plantas invasoras de los humedales de Bogotá*. Grupo de Restauración Ecológica de la Universidad Nacional de Colombia y Secretaría Distral de Ambiente, Bogotá.
- Díaz, M. P. (2011). *Revisión taxonómica del género Hydrocotyle L. (Apiaceae) para Colombia*. Tesis, Universidad Nacional de Colombia, Facultas de Ciencias, Bogotá.
- Dité, D. (2012). *Juncus articus Wild. subsp. Articus-sítina*. *Botany.cz*, 28(9).
- Duarte, C., Montes, C., Agustí, S., Martino, P., Bernués, M., & Kalf, J. (1990). Biomasa de macrófitos acuáticos en la marisma del parque nacional de Doñana (SW España): Importancia y factores ambientales que controlan su distribución. *Limnética*, 6, 1-12.
- Durán, C. (2010). *Asistencia técnica para el control de macófitos: Mejora de la gestión de los embalses del Bajo Ebro*. URS España. Madrid: Registro mercantil de Madrid.
- Durán-Suárez, L., Terneus-Jácome, H., Gavilán-Díaz, R., & Posada-García, J. (2011). Composición y estructura de un ensamble de plantas acuáticas vasculares de una represa alto andina (santander), Colombia. *Actual Biológica*, 33(94), 51-68.
- Echarri, L. (2007). *Piblación, ecología y ambiente*. Universidad de Navarra, Navarra

- Ecuavisa. (Jueves de Agosto de 2014). Laguna de Yahuarcocha en emergencia tras la contaminación con draga. *Noticias Ecuavisa*.
- Erazo, A. F., & Jaramillo, B. A. (2012). *Evaluación de impacto ambiental y propuesta de plan de manejo de los procesos de primera etapa*. Universidad Técnica del Norte, Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales, Ibarra.
- Estrada, A. (2013). *Diagnóstico de la biodiversidad de los macroinvertebrados en cuatro sistemas lénticos de Zamorano*. Tesis, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano.
- ETAPA. (2010). *Plan de desarrollo y ordenamiento territorial de la parroquia Santa Ana*. Municipalidad de Cuenca, Cuenca.
- Falasca, S., Flores, M., & Galvani, G. (2011). ¿Puede usarse una especie invasora como Arundo donax (caña común) con fines energéticos en Argentina? *CONICET-INTA*.
- Feijóo, C., García, M. E., Momo, F., & Toja, J. (2002). Nutrient Absorption by the Sumerged Macrophyte *Egeria densa* Planch: Effect of Ammonium and Phosphorus Availability in the water column on growth and nutrient uptake. *Limnética*, 21(1-2), 93-104.
- Fernández-Aláez, M., Calabuig, L. E., & Fernández-Aláez, C. (1984). Distribución y Análisis de la vegetación macrofítica en las lagunas de chozas de Arriba. León. *Limnética*, 101-110.
- Ferrer-Gallego, P. P., & Laguna, E. (18 de Agosto de 2013). *Cyperus odoratus* L. (Cyperaceae) en flora de la Comunidad Valenciana. *ResearchGate*, 77, 133-163.
- Flor-Arnau, Núria; Sánchez, Jaume; Velasco i Batlle, Eulàlia. (2013). Valoración de lagos y lagunas de la cuenca del Duero a partir de los macrófitos acuáticos. (A. I. Limnología, Ed.) *Limnética*, 32(2), 373-390.
- Flores Maldonado, J. J., Prado Navarro, A., Domínguez Orozco, A. L., Mendoza, R., & Gonzáles Martínez, A. I. (2008). El carrizo gigante, especie invasora en ecosistemas riparios. *Conabio. Biodiversitas*, 81, 6-10.

- Fontúrbel, F. (enero de 2005). Indicadores fisicoquímicos y biológicos del proceso de eutrofización del lago Titikaka (Bolivia). *SCielo*, 4(1-2).
- Fundación Humedales. (2012). *Juncales en las lagunas de Gúquene, Cucunubá y Palacio. Valores sociales y propuestas para su manejo sostenible*. Org. Global Nature .
- Galván , R. (2002). *Flora de Bajío y de regiones adyacentes*. Instituto Politécnico Nacional, Escuela Nacional de Ciencias Biológicas , México.
- García, P., Fernández, R., & Cirujano, S. (2010). *Habitantes del agua-macrófitos*. Agencia Andaluza del Agua-Consejería de Medio Ambiente-Junta de Andalucía.
- Giessow, J., Casanova, J., Leclerc, R., Fleming, G., & Giessow, J. (2011). *Arundo donax: Distribution and Impact Report*. California, Estados Unidos .
- Gil, M. (28 de Agosto de 2015). *Flor de Canarias*. Recuperado el 16 de Octubre de 2015, de www.flordecannarias.com/index.html
- Gómez, L. F. (2009). *Indicadores de calidad de agua*. Exposición.
- Gonzales, C. (2015). *Agua en Navarra*. Recuperado el 29 de 10 de 2015, de http://www.navarra.es/home_es/Temas/Medio+Ambiente/Agua/Documentacion/Informacion_y_participacion/
- Goyenola , G. (2007). Guía para la utilización de Valijas Viajeras-Conductividad. *RED MAPSA*, 1-3.
- Grisolía, S. (3 de febrero de 2012). *Cimera Estudios Aplicados, S.L*. Recuperado el 05 de 11 de 2015, de Laboratorio de detrmnación de muestras biológicas: <http://www.cimera.es/>
- Guamán, H. Y. (2010). *Evaluación ecológica rápida para la priorización de áreas estratégicas y restauración vegetal en las parroquias Yanayacu y Rumipamaba (cantón Quero, provincia de Tungurahua*. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Recursos Naturales, Riobamba.
- Gudiño, E. A. (2015). *Evaluación de la diversidad florística y de avifauna, y generación de estrategias de conservación en la zona media-alta de la*

- microcuenca de Yahuarcocha*. Universidad Técnica del Norte, Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales, Ibarra.
- Gutiérrez, I., & Canales, Á. (1 de 10 de 2012). Evaluación Comparativa de la diversidad de flora silvestre en la isla Taquile y el Cerro Chiani en relación a la altitud, Puno, Perú. *Ecología Aplicada*, 11(2), 39-46.
- Hanan, A. M., Mondragón, J., & Vibrans, H. (17 de Agosto de 2009). *Conabio.gob*.
- Hellquist, B. (2005). *Potamogeton filiformis Pers. var occidentalis (J.W. Robbins) Morong*. Washington Department of Natural Resources, Washington.
- Huamán Luis, Ventura, K., Amaro, L., Rimayhuamán, J., Gómez, A., & Castillo, H. (jul-dic de 2011). Angiospermas del Herbario Magdalena Pavlich de la Universidad Peruana Cayetano Heredia-HUPCH, Lima, Perú. *The Biologist*, 9(2), 129-159.
- Inbuy. (2011). *Plantas Vasculares- Rumex conglomeratus Murray*. Uruguay: Base de datos de Invasiones Biológico de Uruguay.
- InBUy. (2011). *Plantas Vasculares, Cyperus papyrus L.* Universidad de la República, Facultad de Ciencias. Base de datos de Invasiones Biológico de Uruguay.
- Josse, C., Mena, P., & Medina, G. (2000). *La biodiversidad de los páramos*. Quito: Grupo de Trabajo en Páramos del Ecuador.
- JSTOR. (2015). *Global Plants*. Recuperado el 15 de Noviembre de 2015, de <http://plants.jstor.org/stable/pdf/10.5555/al.ap.specimen.ma810116>
- Kiersch, B., Mühleck, R., & Günter, G. (2004). Las macrofitas de algunos lagos altoandinos del Ecuador y su bajo potencial como bioindicadores de eutrofización. *Revista Biología Tropical*, 52(4), 829-837.
- Klinkenberg, B. (2015). *Electronic Atlas of the Plants of British Columbia*.
- León, M., & Peralta, A. (2009). *Estudio de Eichornia crassipes, Lemna gibba y azolla filiculoides en el tratamiento de aguas residuales domésticas en sistemas comunitarios y unifamiliares del cantón Cotacachi*. Ibarra.

- Lira, S. (2011). *Caracterización ecológica y estructural de macrófitas en reservorios en estado de pernambuco*. Universidad Federal Rural de Pernambuco, Pernambuco.
- Llerena, N., García, R., Monteagudo, A., Rodríguez, C., Soplín, H., Tuesta, P., & Roukoalainen, K. (2003). Composición florística de meelastomatáceas y su relación con el área basal. *Folia Amazónica*, 14(1), 117-123.
- Luján, M. (2013). Impacto ambiental. En M. Caríssimo, P. Del Cero, & P. Silva, *Ecosistemas acuáticos* (Primera ed., págs. 107-125). Buenos Aires, Argentina.
- M.A.G.R.A.M.A. (Septiembre de 2013). *Catálogo español de especies exóticas invasoras*. Recuperado el 18 de Octubre de 2015, de Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente: www.magrama.gob.es
- Macía, M. J. (Abril de 2001). Economic use of totorilla (*Juncus arcticus*, Juncaceae) in Ecuador. *Economic Botany*, 55(2), 236-242.
- Macía, M. J. (2006). Las plantas de fibra. *Botánica económica de los Andes Centrales*, 370-384.
- MAE. (2012). *Norma de Calidad Ambiental y descarga de efluentes: recurso agua*. Ministerio del Ambiente Ecuatoriano, Quito.
- MAE. (2014). *Ficha ambiental y plan de manejo- Proyecto de ordenamiento de las actividades deportivas, recreativas y de alimentación que se realizan en la laguna de Yahuarcocha del cantón Ibarra*. Ministerio del Ambiente, Ibarra.
- Maldonado, M., Maldonado-Ocampo, J., Ortega, H., Encalada, A., Carvajal-Vallegos, F., Revadeneira, J., . . . Rivera-Rondón, C. (2005). Diversidad en los Sistemas Acuáticos. En S. Herzog, S. Martínez, P. Jorgensen, & H. Tiessen, *Cambio Climático y Biodiversidad en los Andes Tropicales* (págs. 325-347).
- Maridueña, A., Chalén, N., Coello, D., Cajas, J., Elías, E., Solís-Coello, P., & Aguliar, F. (2011). Mortandad de peces en la laguna de Yahuarcocha, cantón Ibarra, provincia de Imbabura. Febrero 2003. *Boletín especial*, 2(1).
- Martel, A. B. (2005). *Aspectos fisicoquímicos de la calidad del agua*. Manual, EPA, Canadá.

- Martínez, J. (2009). *Ley Orgánica del Régimen Municipal Ibarra viegente año 2009*.
Municipalidad de Ibarra, Ibarra.
- Martínez, P. (2015). *Bacopa Monnieri*. Obtenido de www.informaciones.casapia.com
- Mazzeo, N. (1999). Hidrófitas. En R. Arocena, & D. Conde , *Métodos en ecología de aguas continentales con ejemplos de limnología en Uruguay* (págs. 143-166).
Montevideo, Uruguay: D.I.R.A.C. Facultad de Ciencias.
- Medina , L. (2003). *Flora y Vegetación acuática de las lagunas y humedales de la provincia de Guadalajara (Castilla-La Mancha)*. Tesis Doctoral, Universidad Autónoma de Madrid, Facultad de Ciencias-Sección Biología, México.
- Medwet. (31 de 01 de 2006). *Aplicación práctica e interpretación de los criterios de calidad a un humedal tipo*. Obtenido de http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/web/Bloques_Tematicos/Estado_Y_Calidad_De_Los_Recursos_Naturales/Ecosistemas/Humedales/PDFs/Informe_MEDWET_SUDOE_anexo_mgp.pdf
- Meerhoff, M., & Mazzeo, N. (2004). Importancia de las plantas flotantes libres de gran porte en la conservación y rehabilitación de lagos someros de Sudamérica. *Ecosistemas*, 13(2), 13-22.
- Mejía, D. M. (2011). *Diatoméas perifíticas y algunas características limnológicas de un humedal urbano en la sabana de Bogotá*. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias, Departamento de Biología, Bogotá.
- Méndez, A. (2012). *Plants and shrimps*. Obtenido de www.plantsnshrimps.com
- Menéndez, J. (11 de 07 de 2011). *Asturnatura*. Recuperado el 2015, de www.asturnatura.com/especie/polygonum-hydropiper.html
- Missouri Botanical Garden. (16 de 10 de 2015). *Catalogue of the Vascular Plants of the Department of Antioquia (Colombia)*. Obtenido de www.tropicos.org
- Montoya-Moreno, Y., & Aguirre-Ramírez, N. (2008). Asociación de Algas perifíticas en raíces de macrófitas en una ciénega tropical Colombiana. *Hidrobiológica*, 18(3), 189-198.

- Morales, S., & Salazar, M. (2012). Diatomeas perifíticas de los lagos con diferente estado trófico en el departamento de Cauca (Colombia). *Luna Azul*(35), 10-27.
- Moreano, M. (2008). *Humedales Ecuatorianos*. Yaku, Parque-Museo del Agua, Quito.
- Moreno , M., & Guillot, G. (22 de Septiembre de 2012). Distribución espacial y temporal de náyades de odonatos en los humedales La Vaca y Santa María del Lago, Bogotá, Colombia. *Acta Biologica Colombia*, 17(2), 281-294.
- Naccarato, J. P. (2009). *El cultivo de la caña Arundo donax en Mendoza, Argentina*. Departamento AGRícola de Argendonax, Mendoza.
- Nacif, O., Vázquez, R., & Latournerié Cervera, J. R. (Abril de 2007). Evaluación del proceso de descomposición aeróbica de egeria densa como alimento potencial para especies acuáticas. *Redvet*, VIII(4), 1-12.
- Neubauer, M. E., Plaza de los Reyes, C., Pozo, G., Vallamar, C. A., & Vidal G. (2012). Growth and nutrient uptake by *Schoenoplectus californicus* (C.A.Méyer) Sójak in a cosntructed wetland fed with swine slurry. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 12(3), 421-430.
- Opio, A., Jones, M. B., Kansime, F., & Otiti, T. (Merzo de 2104). Grow and development of *Cyperus papyrus* in a TRopical Wetland. *Scientific research*, 4, 113-123.
- Ortiz, A., Torres, S., Quintana, Y., & López, A. (2015). Primer reporte de resistencia de *Cyperus odoratus* L. al herbicida pirazosulfuron-etilo. *Bioagro*, 27(1), 45-50.
- Palomino , D., & Cabrera, C. (2008). Estimación del servicio ambiental de captura del CO2 en la flora de los humedales de Puerto Viejo. *FIGMMG*, 10(20), 49-59.
- Pareja, M. (1987). *Ciencia de las malezas*. Guatemala: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza.
- Parodi, T., & Apurate , J. (2013). El movimiento de las aguas. En M. Caríssimo , P. Del Cero, & M. Silva, *Ecosistemas Acuáticos* (págs. 71-79). Buenos Aires, Argentina.

- Peña, C., Sebastián, A., & Laguna, E. (Mayo de 2003). *Cyperus papyrus* L. en la albufera de Valencia. *Flora Montiberica*, 23(5), 44-45.
- Pla, L. (2006). Biodiversidad: Inferencia basada en el índice de Shannon y la riqueza. *Interciencia*, 31(8).
- Plan de Manejo. (2012). *Actualización del plan de manejo integral de la microcuenca hidrográfica de Yahuarcocha, provincia de Imbabura*. Universidad Técnica del Norte, Ibarra.
- Plaza de los Reyes, C., Pozo, G., Neubauer, E., & Vidal, G. (2010). *Evaluación temporal del comportamiento de Typha latifolia L. en un humedal artificial para el tratamiento terciario de purines de cerdo*. Universidad de Concepción, Centro de Ciencias Ambientales, Concepción.
- Portilla, K. (2015). *Evaluación del comportamiento de los parámetros físicos del agua, para determinar el estado trófico del lago Yahuarcocha, provincia de Imbabura*. Tesis pre grado, Universidad Técnica del Norte, Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales, Ibarra.
- Pourrut, P. (1995). El Agua en el Ecuador. Factores Condicionantes del los Regímenes Climáticos e Hidrológicos. *Estudios de Geografía*, 7(2).
- Puppo, P. (Octubre de 2006). El género *Calceolaria* (Calceolariaceae) en el departamento de Lima-Perú. *Perú Biológica*, 13(1), 085-093.
- Ramachandran, A., & Soosairaj, S. (2014). *Cyperus odoratus* L. (Cyperaceae) Anew recorded Species in India. *International Journal Pharm Tech Research*, 6(2), 518-520.
- Ramírez, C., & San Martín, C. (1996). Diversidad de especies. Flora Acuática. *Biodiversidad de Chile, Patrimonio y Desafíos*, 358-363.
- Ramos, C., Cárdenas, N., & Herrera, Y. (Enero-Diciembre de 2013). Caracterización de la comunidad de Macrófitas acuáticas en lagunas del Páramo de la Rusia (Boyaca-Colombia). *Revista Ciencia en Desarrollo*, 4(2), 73-82.
- Ramos, L. J., & Novelo, A. (1993). Vegetación y flora acuática de la laguna de Yuriria, Guanajuato, México. *Acta Botánica Mexicana*, 25, 61-79.

- Rapoport, E., Marzocca, A., & Drausal, B. (2009). *Malezas Comestibles*. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Fundación Normatil, Buenos Aires.
- Rinconature. (2014). *Bacopa Monnieri*. Obtenido de Marzo: www.rinconature.com
- Rodríguez, P. (2011). *Determinación de Oxígeno Disuelto en muestra de agua*. Laboratorio de Química General RA.
- Roldán, G., & Ramírez, J. (2008). *Fundamentos de limnología neotropical*. Colombia: Editorial Universidad de Antioquía.
- Sabaj, V. (2011). *Extracción de "juncos" Schoenoplectus californicus en el Área Protegida Humedales del Santa Lucía (Uruguay): contexto ecológico, socioespacial y perspectivas de manejo sustentable*. Universidad Nacional de San Martín , Facultad de Ciencias- UdelaR, Montevideo.
- San Martin, C., Pérez, Y., Montenegro, D., & Álvarez , M. (2011). Diversidad, hábito y hábitat de macrofitos acuáticos en la Patagonia Occidental (Región de AIsén, Chile). *Anales Instituto Patagonia*, 39(1), 23-41.
- San Martin, Cristina; Pérez, Yessica; Montenegro, Drina; Álvarez, Miguel. (2011). Diversidad, hábito y hábitat de macrófitos acuáticos en la Patagonia Occidental (Región de Aisén). *Anales*, 39(1), 23-41.
- Schmidt-Mumm, U. (1998). *Vegetación acuática y palustre de la Sabana de Bogotá y plano del Río Ubaté*. Tesis maestral, Universidad Nacional de Colombia, Departamento de Biología.
- Secretaría de la Convención de Ramsar. (2010). *Directrices para la evaluación ecológica rápida de la biodiversidad de las zonas costeras, marinas y de aguas continentales*. Gland: Secretaría de Ramsar.
- SENPLADES. (2013). *Plan Nacional para el Buen Vivir*. Quito, Ecuador.
- Siebers, P. (1991). Bacopas. (M. Acuariofilo, Ed.) *Boletín de la A.E.A*, 2.
- Steinitz Kannan, M. (1979). *Comparative limnology of ecuadorian lakes: a study of species number and composition of plankton communities of the Galapagos*

- Islands and the Equatorial Andes*. The Ohio State University, Department of Zoology.
- Stevens, M. (2006). *Plant Guide, Broad-Leaved Cattail Typha Latifolia L.* United States Department of Agriculture-Natural Resources Conservation Service.
- Stevens, M., Hoag, C., Tilley D, & St. Jhon, L. (2012). *Plan Guide for mountain rush (Juncus arcticus ssp. littoralis)*. USDA-Natural Resources Conservation Service, Aberdeen Plant Materials Center.
- Suárez, L. M., Mellado, A., Sanchez-Montoya, M. M., & Vidal-Abarca, R. M. (2005). Propuesta de un índice de marófitos (IM) para evaluar la calidad ecológica de los ríos de la cuenca del Segura. *Limnética*, 24(3-4), 305-318.
- Terneus. (2007). Las plantas acuáticas en el sistema lacustre- riberino Lagartocoha, reserva de producción faunística Cuyabeno, Ecuador. *Actual Biológica*, 29(86), 97-106.
- Terneus, E. (2002). Comunidades de plantas acuáticas en lagunas de los páramos del norte y sur del Ecuador. *Ecología*, 24(2), 379-391.
- UICN. (16 de Junio de 2011). *UICN Red list of threatened Species*. Obtenido de <http://www.iucnredlist.org/>
- URS España (United Research Services España). (2010). *Asistencia Técnica para el control de macrófitos: Mejora de la gestión de los embalses del Bajo Ebro*. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Barcelona: Registro Mercantil de Madrid.
- Valdes, B., Talabera, S., & Fernández-Galiano, E. (2015). *Flora Vascular*. (F. Gálvez, Editor) Obtenido de www.floravascular.com/index.php?go=ref
- Van der Velde, S. (1999). *El libro de las plantas acuáticas*. Holanda.
- Ventura, M. (2008). *Impactos en los ecosistemas acuáticos - Los lagos de alta montaña como sensores del cambio climático*. Centro de Estudios Avanzados de Blanes, CISC.
- Vibrans , Heike. (Agosto de 2009). *Malezas de México-Bacopa monnieru (L.) Pennel*. México. Recuperado el 19 de Octubre de 2015, de www.conabio.com.mx

- Vibrans, H. (13 de 08 de 2009). *Scrophulariaceae Calceolaria tripartita Ruiz y Pavón*.
Obtenido de www.conabio.gob
- Villabona-González, S., Aguire, N. J., & Estrada, A. L. (2010). Influencia de las macrófitas sobre la estructura poblacional de rotíferos y microcrustaceos en un plano de inundación tropical. *Revista Biológica Tropical*, 59(2), 853-870.
- Vinueza, J. (2012). *Determinación del aporte de oxígeno disuelto en ambientes acuíferos por la relación simbiótica de Azolla sp. y Anabaena sp. Cayambe 2010*. Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito, Carrera de Ingeniería Agropecuaria, Cayambe.
- Walker, L. (Enero de 2005). Margalef y la sucesión ecológica. *Ecosistemas*, 14(1), 66-78
- Zarco-Espinosa, V., Valdez-Hernández, J., Pérez-Angeles, G., & Castillo-Acosta, O. (2010). Estructura y diversidad de la vegetación arbórea del parque estatal agua blanca, Macuspana, Tabasco. *Uciencia*, 26(1), 1-17.
- Zetina, C. E., Pat, R. J., Peniche, I. J., & Sauri, V. M. (1999). *Estudio sobre el uso de macrófitas sumergidas para el tratamiento de agua*. Universidad Autónoma de Yucatán, Facultad de Ingeniería Ambiental, Yucatán.

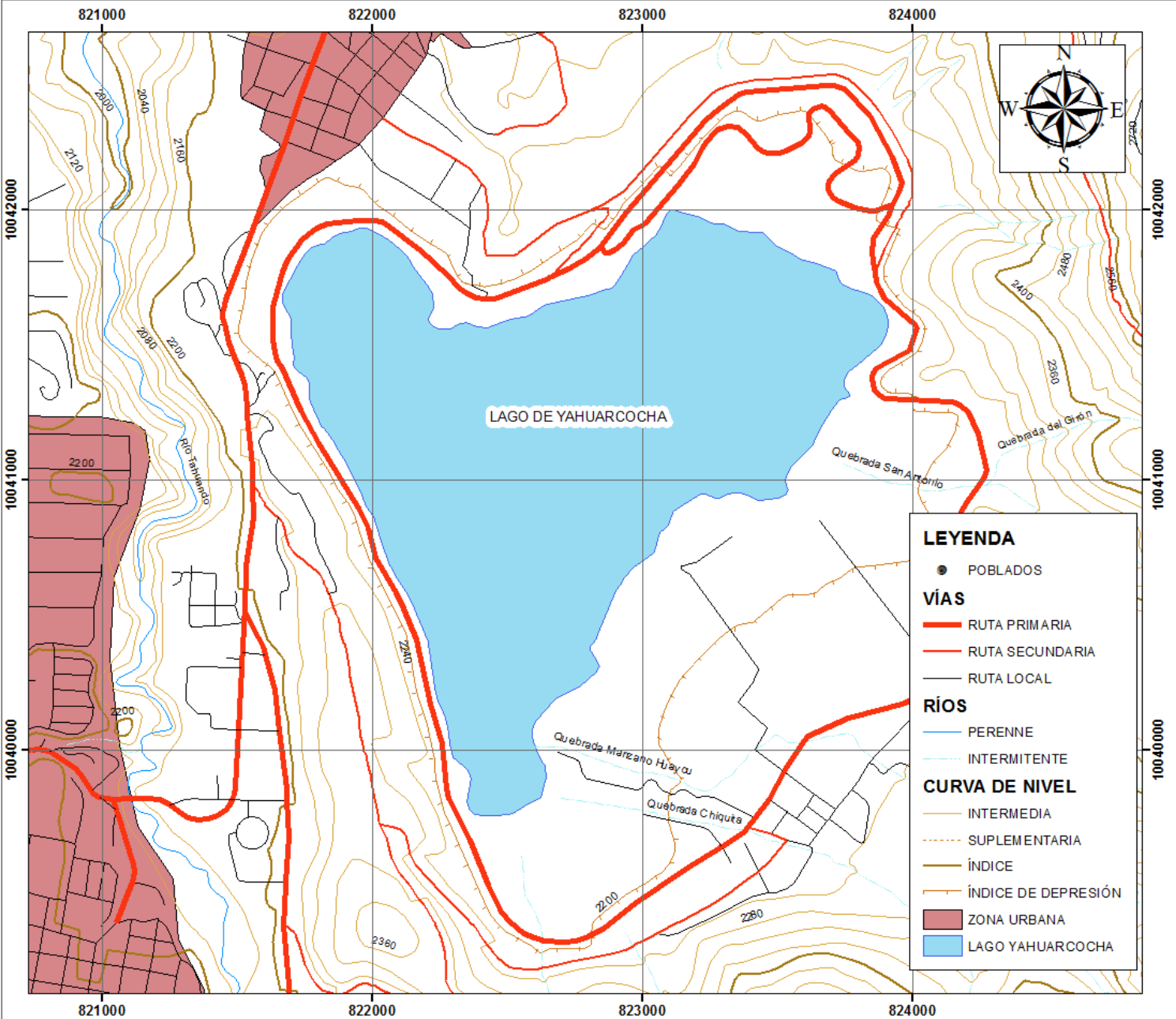
CAPÍTULO VII

7. ANEXOS

ANEXO 1: MAPAS

MAPA 1 Mapa Base del Lago Yahuarcocha

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE CARRERA DE INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES



UBICACIÓN GEOGRÁFICA

The geographic location section consists of two maps. The top map shows the outline of Ecuador with a red rectangle indicating the location of the study area in the northern part of the country. The bottom map shows the outline of Imbabura province with a red rectangle indicating the location of Lago Yahuarcocha. The maps include latitude and longitude coordinates.

The logos of the Universidad Técnica del Norte, Universidad de Imbabura, and Viruos are displayed in this section.

DISTRIBUCIÓN Y EVALUACIÓN DE LA VEGETACIÓN MACROFÍTICA DEL LAGO DE YAHUARCOCHA, PROVINCIA DE IMBABURA

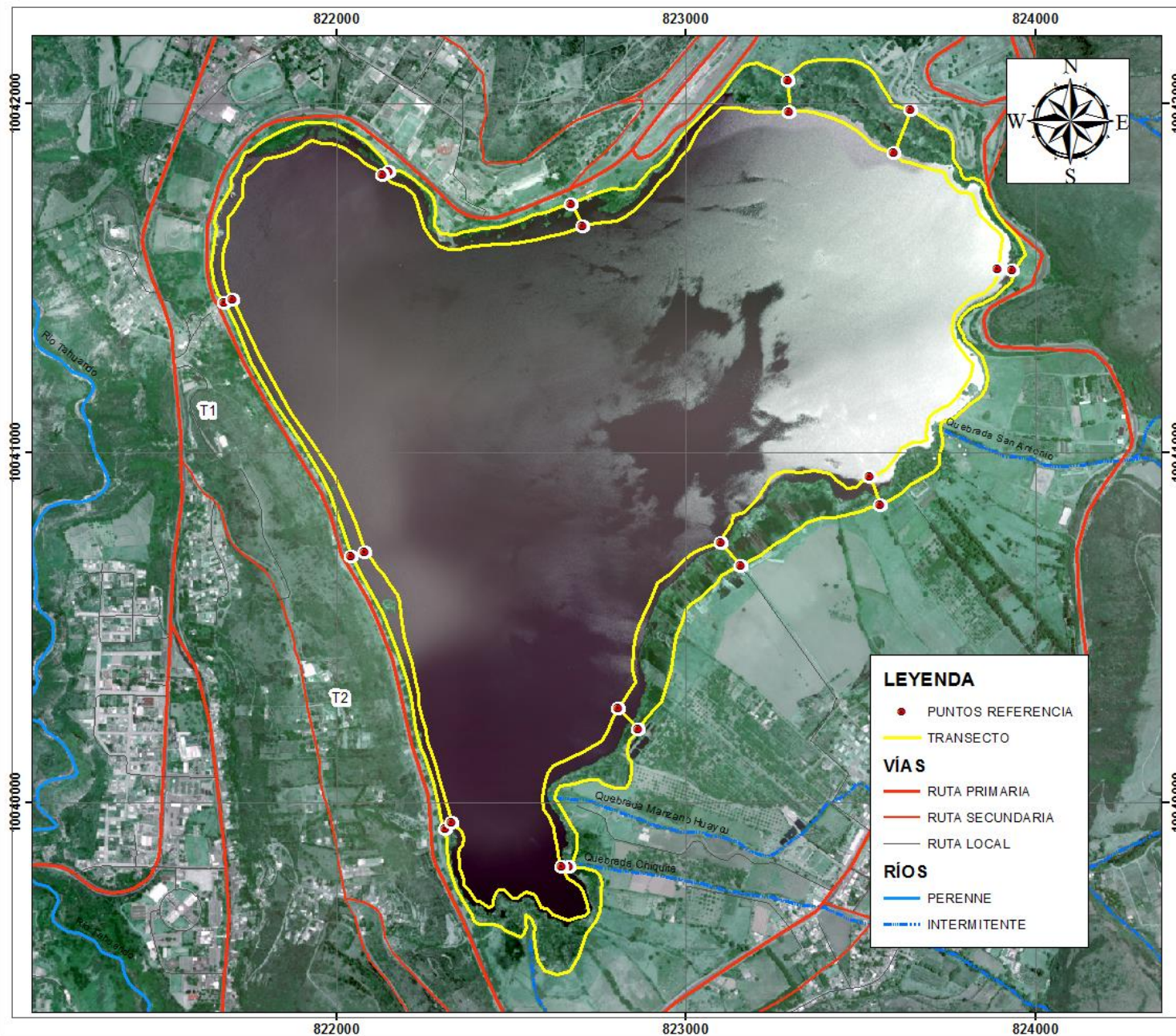
| | |
|--------------------------------|--------------------------------|
| ELABORACIÓN: JOSELINE PABÓN | REVISADO POR: OSCAR ROSALES |
|--------------------------------|--------------------------------|

CONTIENE:
MAPA BASE DEL LAGO YAHUARCOCHA

| | |
|---|--|
| 0 125 250 500 metros | ESCALA: 1:12.500 |
| PROYECCIÓN UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR DATUM HORIZONTAL WGS 84 ZONA 17 SUR | FECHA: 11-07-2015 FUENTE: IGM, 2015 |

MAPA 2 Mapa de transectos de muestreo del Lago Yahuarcocha

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
CARRERA DE INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES**



LEYENDA

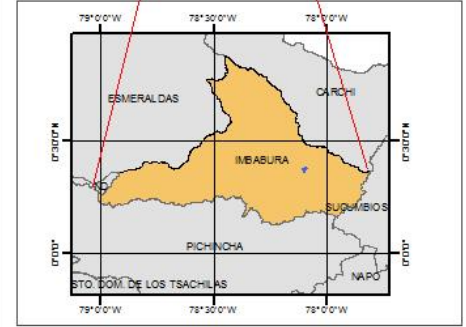
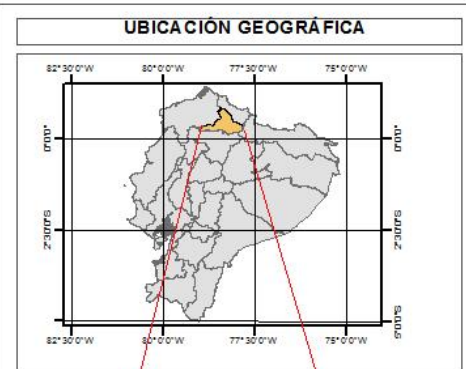
- PUNTOS REFERENCIA
- TRANSECTO

VÍAS

- RUTA PRIMARIA
- RUTA SECUNDARIA
- RUTA LOCAL

RÍOS

- PERENNE
- INTERMITENTE



DISTRIBUCIÓN Y EVALUACIÓN DE LA VEGETACIÓN MACROFITICA DEL LAGO DE YAHUARCOCHA, PROVINCIA DE IMBABURA

ELABORACIÓN:
JOSELINE PABÓN GARCÍA

REVISADO POR:
OSCAR ROSALES

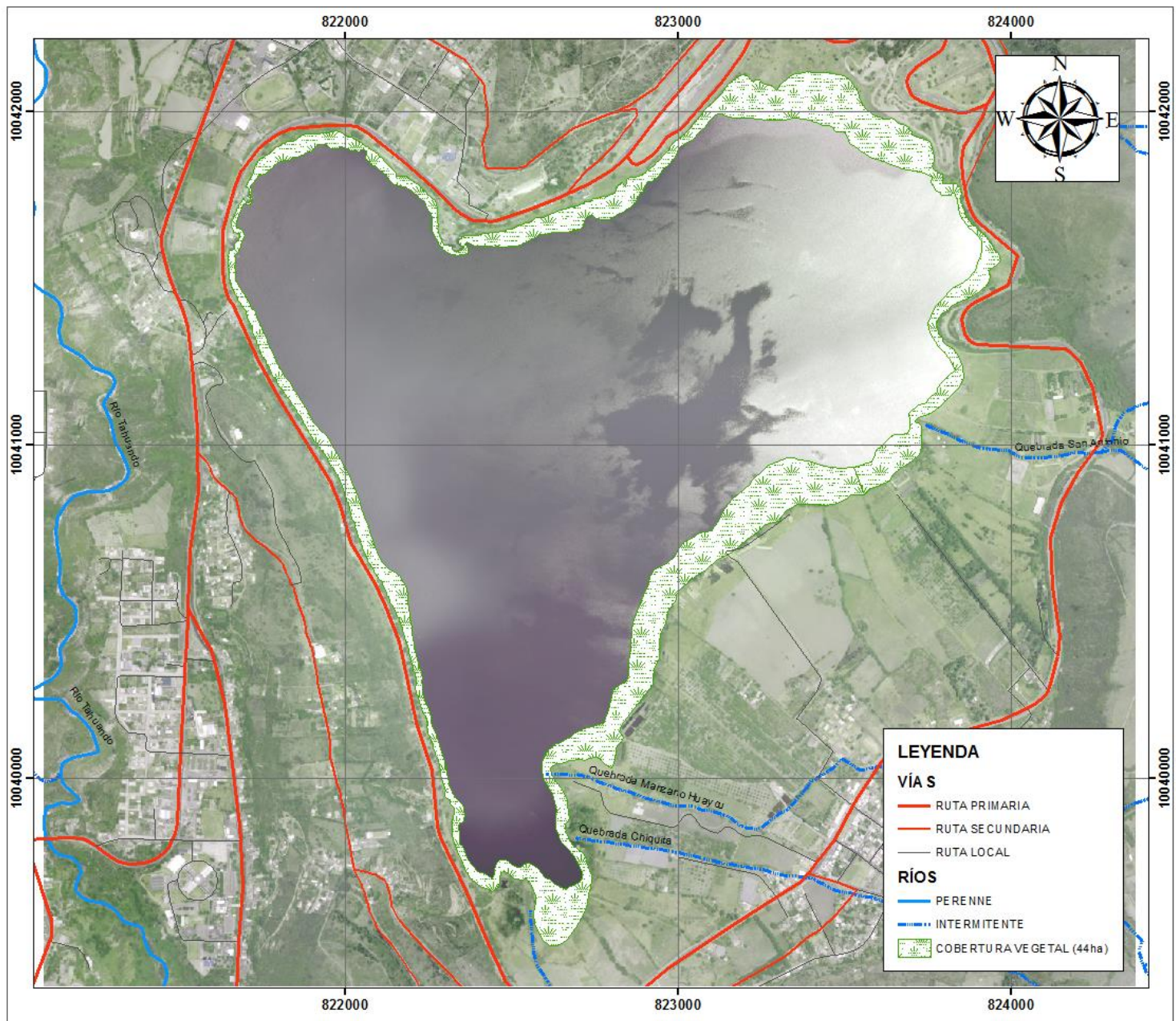
CONTIENE:
MAPA ZONIFICACIÓN DE PUNTOS DE MUESTREO DEL LAGO YAHUARCOCHA

0 85 170 340 m
PROYECCIÓN UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR
DATUM HORIZONTAL WGS 84
ZONA 17 SUR

ESCALA: 1:15.000
FECHA: 22-07-2015
FUENTE: FOTOGRAFÍA SIG TIERRAS, 2011
TRABAJO DE CAMPO, 2015

MAPA 3: Mapa de cobertura vegetal del Lago Yahuarcocha

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE CARRERA DE INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES



LEYENDA




VÍAS

- RUTA PRIMARIA
- RUTA SECUNDARIA
- RUTA LOCAL

RÍOS

- PERENNE
- - - INTERMITENTE
- COBERTURA VEGETAL (44ha)

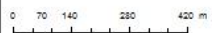
UBICACIÓN GEOGRÁFICA

DISTRIBUCIÓN Y EVALUACIÓN DE LA VEGETACIÓN MACROFÍTICA DEL LAGO DE YAHUARCOCHA, PROVINCIA DE IMBABURA

| | |
|---------------------------------------|--------------------------------|
| ELABORACIÓN: JOSELINE PABÓN GARCÍA | REVISADO POR: OSCAR ROSALES |
|---------------------------------------|--------------------------------|

CONTIENE:
MAPA COBERTURA VEGETAL ACUÁTICA DEL LAGO YAHUARCOCHA

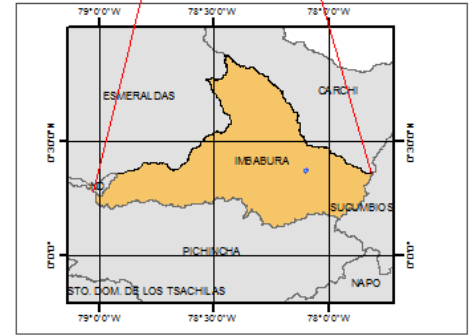
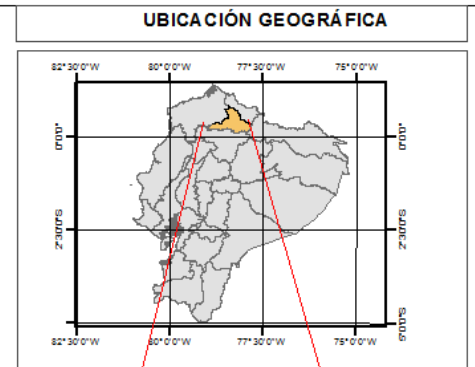
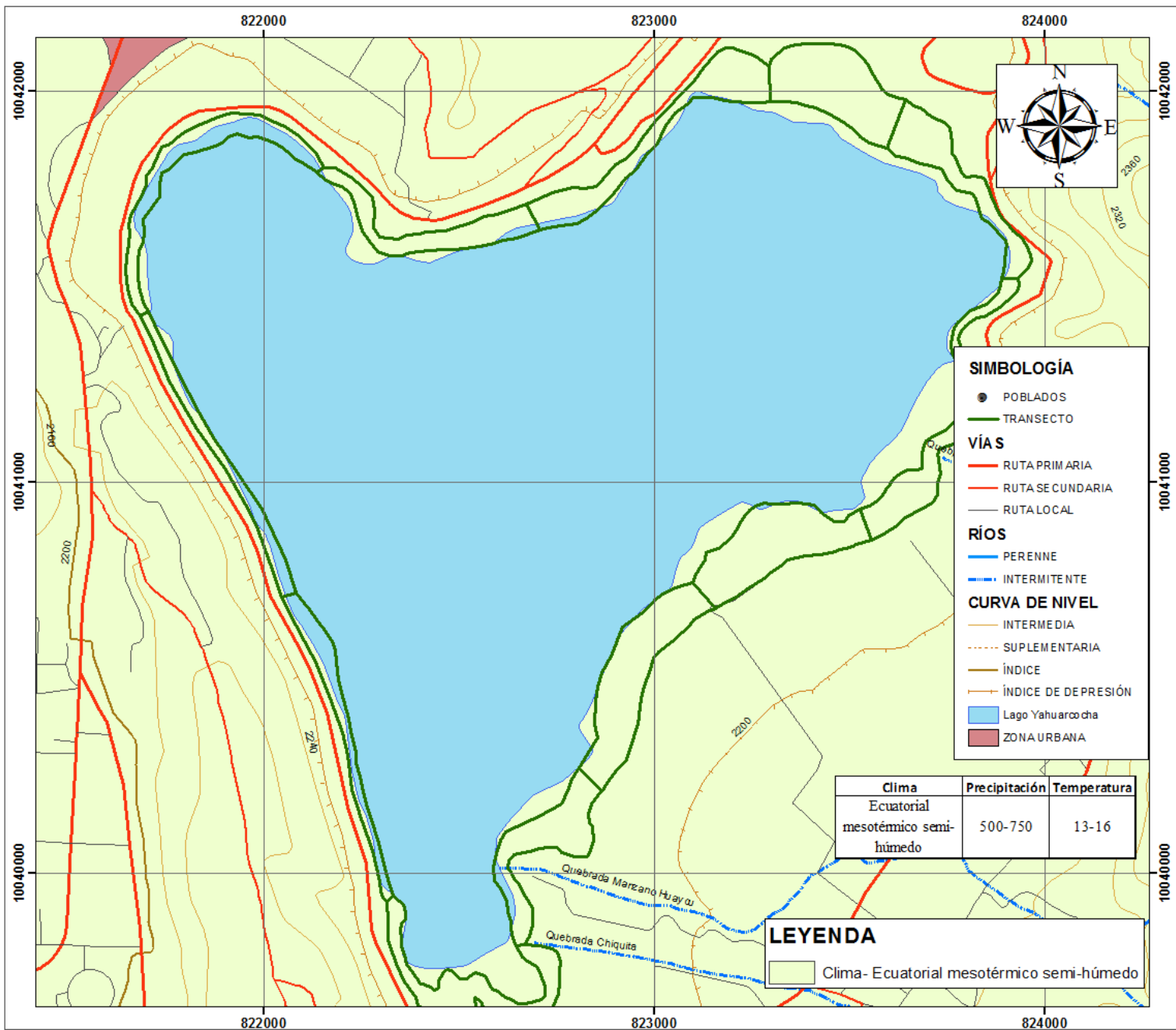


PROYECCIÓN UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR
DATUM HORIZONTAL WGS 84
ZONA 17 SUR

ESCALA: 1:15.000
FECHA: 22-07-2015
FUENTE:
FOTOGRAFIA SIG TIERRAS, 2011

MAPA 4: Mapa de Climas del Lago Yahuarcocha

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
CARRERA DE INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES**



DISTRIBUCIÓN Y EVALUACIÓN DE LA VEGETACIÓN MACROFITICA DEL LAGO DE YAHUARCOCHA, PROVINCIA DE IMBABURA

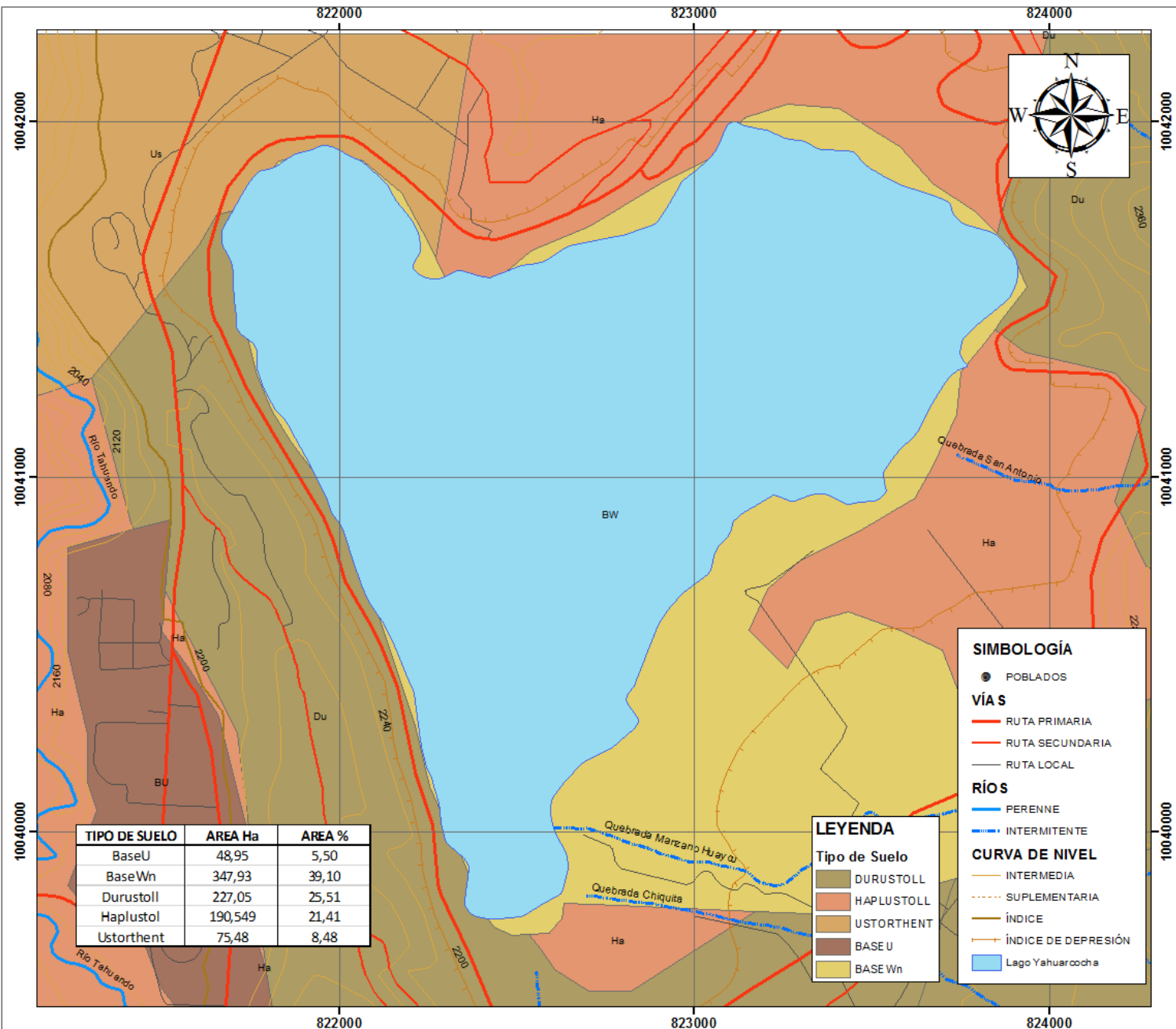
ELABORACIÓN: JOSELINE PABÓN GARCÍA
 REVISADO POR: OSCAR ROSALES

CONTIENE: MAPA DE CLIMAS DEL LAGO YAHUARCOCHA

0 60 120 240 360 m
 PROYECCIÓN UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR
 DATUM HORIZONTAL WGS 84 ZONA 17 SUR
 ESCALA: 1:15.000
 FECHA: 22-07-2015
 FUENTE: IGM, 2015

MAPA 5 Mapa de Tipo de Suelos del lago Yahuarcocha

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE CARRERA DE INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES



| TIPO DE SUELO | AREA Ha | AREA % |
|---------------|---------|--------|
| BaseU | 48,95 | 5,50 |
| BaseWn | 347,93 | 39,10 |
| Durustoll | 227,05 | 25,51 |
| Haplustol | 190,549 | 21,41 |
| Ustorthent | 75,48 | 8,48 |

- LEYENDA**
- Tipo de Suelo**
- DURUSTOLL
 - HAPLUSTOLL
 - USTORTHENT
 - BASE U
 - BASE Wn
- SIMBOLOGÍA**
- POBLADOS
 - VÍAS**
 - RUTA PRIMARIA
 - RUTA SECUNDARIA
 - RUTA LOCAL
 - RÍOS**
 - PERENNE
 - INTERMITENTE
 - CURVA DE NIVEL**
 - INTERMEDIA
 - SUPLEMENTARIA
 - ÍNDICE
 - ÍNDICE DE DEPRESIÓN
 - Lago Yahuarcocha

UBICACIÓN GEOGRÁFICA

DISTRIBUCIÓN Y EVALUACIÓN DE LA VEGETACIÓN MACROFÍTICA DEL LAGO DE YAHUARCOCHA, PROVINCIA DE IMBABURA

ELABORACIÓN: JOSELINE PABÓN GARCÍA REVISADO POR: OSCAR ROSALES

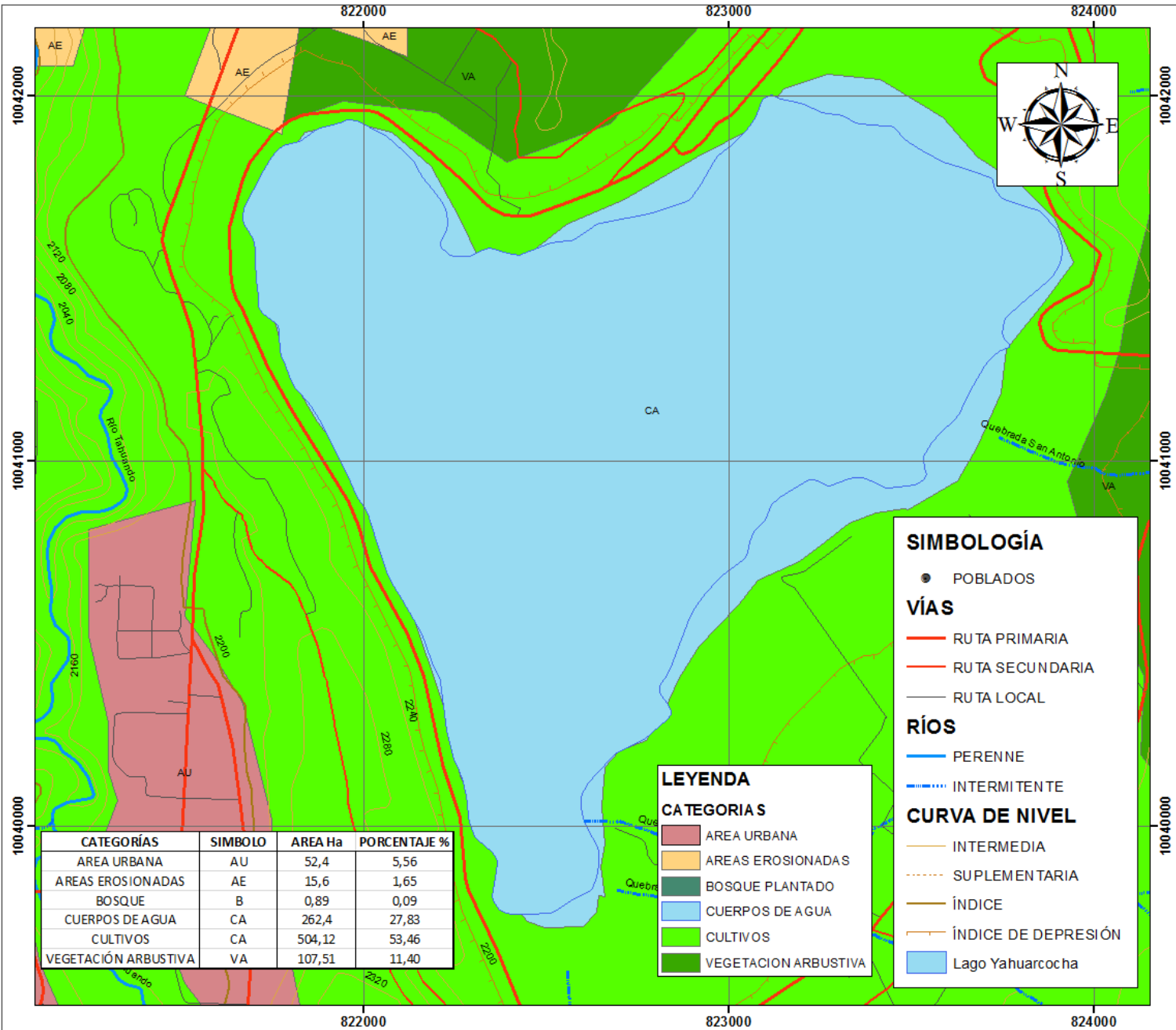
CONTIENE:
MAPA TIPO DE SUELOS DEL LAGO YAHUARCOCHA

0 65 130 260 390 m

PROYECCIÓN UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR
DATUM HORIZONTAL WGS 84
ZONA 17 SUR

ESCALA: 1:11.000
FECHA: 22-08-2015
FUENTE: IGM, 2015

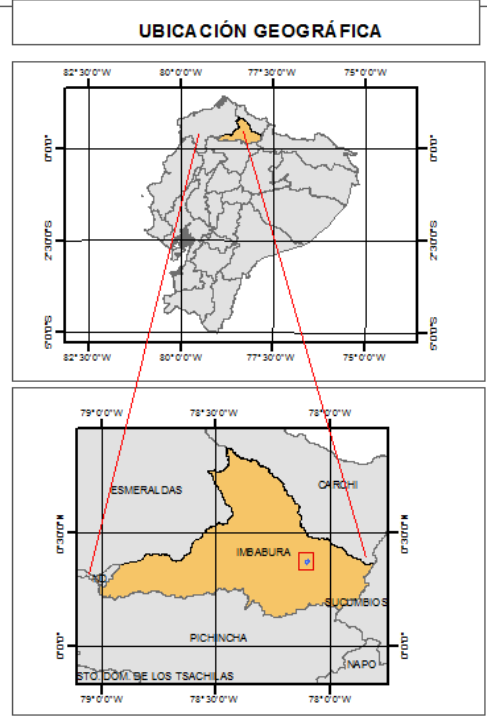
UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE CARRERA DE INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES



| CATEGORÍAS | SÍMBOLO | AREA Ha | PORCENTAJE % |
|----------------------|---------|---------|--------------|
| AREA URBANA | AU | 52,4 | 5,56 |
| AREAS EROSIONADAS | AE | 15,6 | 1,65 |
| BOSQUE | B | 0,89 | 0,09 |
| CUERPOS DE AGUA | CA | 262,4 | 27,83 |
| CULTIVOS | CA | 504,12 | 53,46 |
| VEGETACIÓN ARBUSTIVA | VA | 107,51 | 11,40 |

| LEYENDA | |
|------------|----------------------|
| CATEGORÍAS | |
| | AREA URBANA |
| | AREAS EROSIONADAS |
| | BOSQUE PLANTADO |
| | CUERPOS DE AGUA |
| | CULTIVOS |
| | VEGETACION ARBUSTIVA |

| SIMBOLOGÍA | |
|----------------|---------------------|
| | POBLADOS |
| VÍAS | |
| | RUTA PRIMARIA |
| | RUTA SECUNDARIA |
| | RUTA LOCAL |
| RÍOS | |
| | PERENNE |
| | INTERMITENTE |
| CURVA DE NIVEL | |
| | INTERMEDIA |
| | SUPLEMENTARIA |
| | ÍNDICE |
| | ÍNDICE DE DEPRESIÓN |
| | Lago Yahuarcocha |



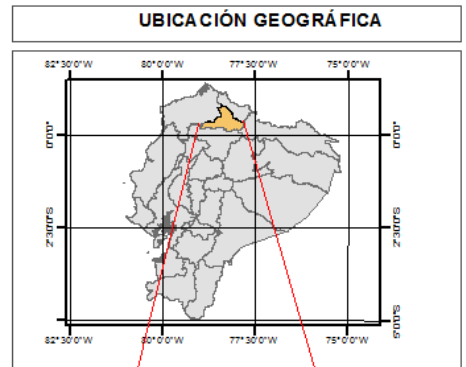
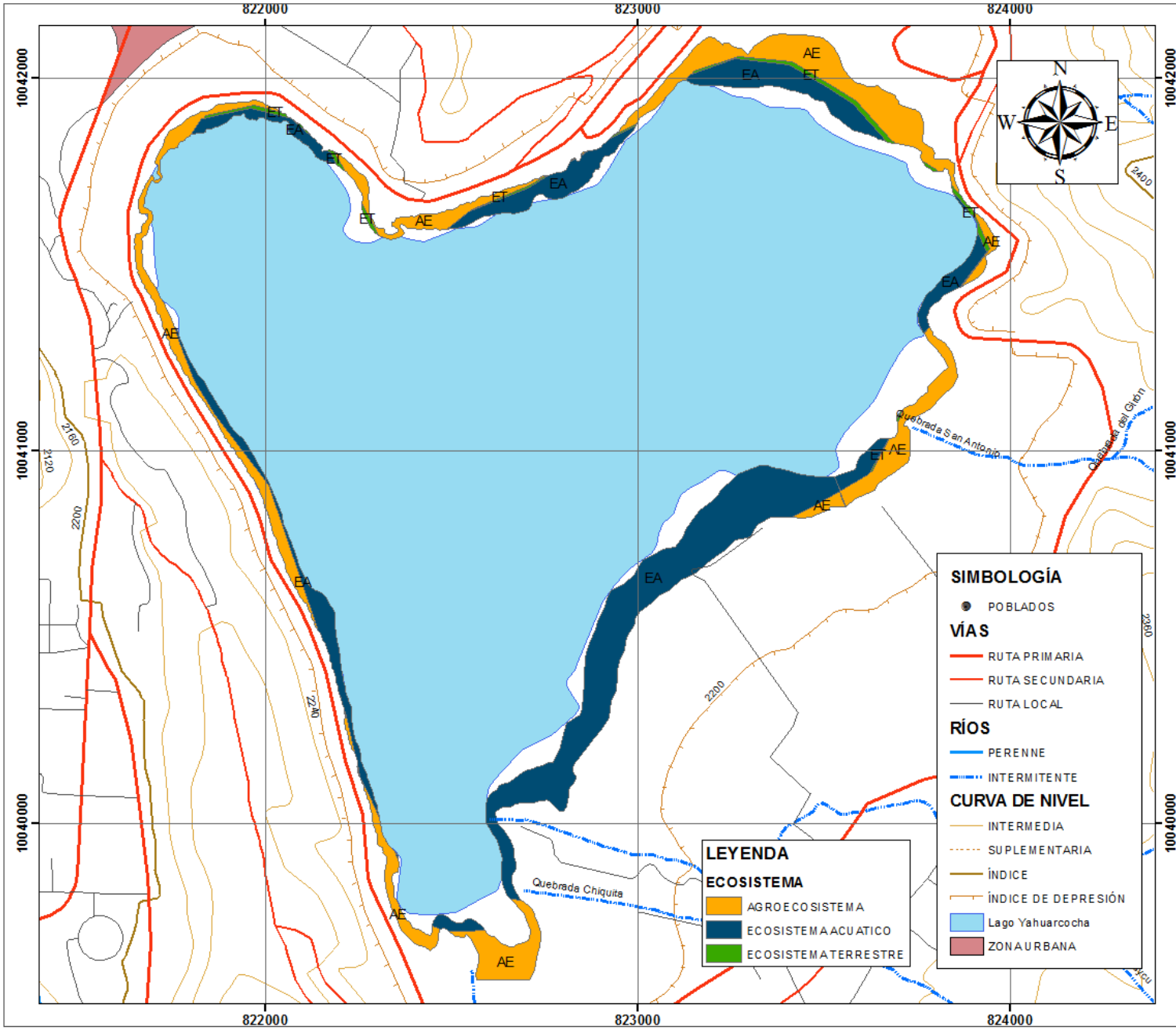
DISTRIBUCIÓN Y EVALUACIÓN DE LA VEGETACIÓN MACROFÍTICA DEL LAGO YAHUARCOCHA, PROVINCIA DE IMBABURA

| | |
|---------------------------------------|--------------------------------|
| ELABORACIÓN: JOSELINE PABÓN GARCÍA | REVISADO POR: OSCAR ROSALES |
|---------------------------------------|--------------------------------|

CONTIENE: **MAPA DE USO ACTUAL DEL SUELO DEL LAGO YAHUARCOCHA**

| | |
|---|--|
| | ESCALA: 1:15.000 FECHA: 22-07-2015 FUENTE: IGM, 2015 |
| PROYECCIÓN UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR DATUM HORIZONTAL WGS 84 ZONA 17 SUR | |

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
CARRERA DE INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES



- SIMBOLOGÍA**
- POBLADOS
 - VÍAS**
 - RUTA PRIMARIA
 - RUTA SECUNDARIA
 - RUTA LOCAL
 - RÍOS**
 - PERENNE
 - INTERMITENTE
 - CURVA DE NIVEL**
 - INTERMEDIA
 - SUPLEMENTARIA
 - ÍNDICE
 - ÍNDICE DE DEPRESIÓN
 - Lago Yahuarcocha
 - ZONA URBANA

- LEYENDA**
- ECOSISTEMA**
- AGROECOSISTEMA
 - ECOSISTEMA ACUÁTICO
 - ECOSISTEMA TERRESTRE



DISTRIBUCIÓN Y EVALUACIÓN DE LA VEGETACIÓN MACROFÍTICA DEL LAGO DE YAHUARCOCHA, PROVINCIA DE IMBABURA

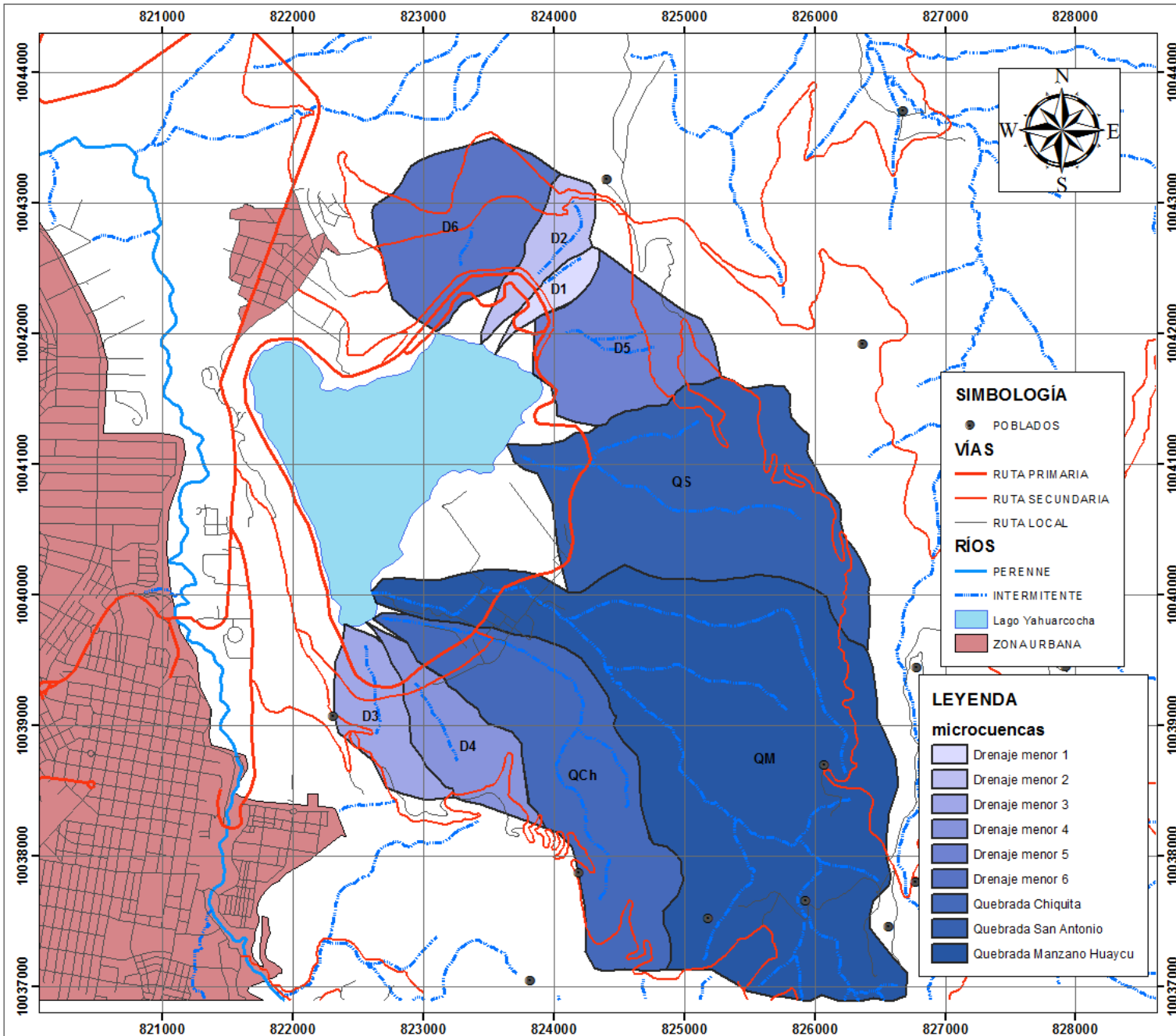
ELABORACIÓN: JOSELINE PABÓN GARCÍA
 REVISADO POR: OSCAR ROSALES

CONTIENE: MAPA DE ECOSISTEMAS DEL LAGO YAHUARCOCHA

0 65 130 260 390 m
 PROYECCIÓN UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR
 DATUM HORIZONTAL WGS 84 ZONA 17 SUR
 ESCALA: 1:10.000
 FECHA: 22-07-2015
 FUENTE: IGM, 2015

MAPA 8: Mapa Hidrológico del Lago Yahuarcocha

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
CARRERA DE INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES



SIMBOLOGÍA

- POBLADOS

VÍAS

- RUTA PRIMARIA
- RUTA SECUNDARIA
- RUTA LOCAL

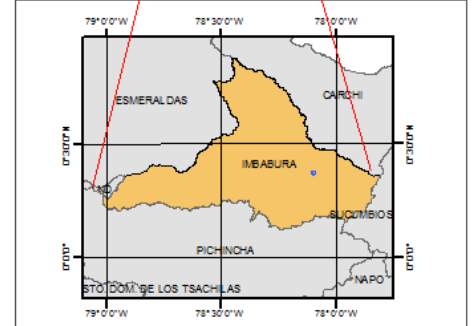
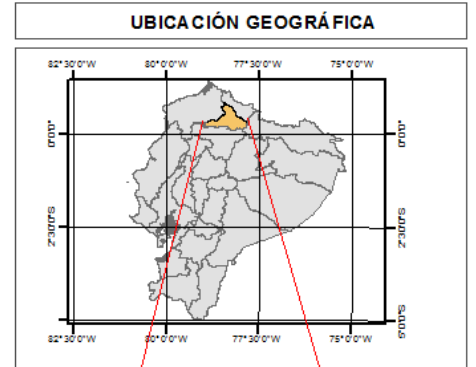
RÍOS

- PERENNE
- - - INTERMITENTE
- Lago Yahuarcocha
- ZONA URBANA

LEYENDA

microcuencas

- Drenaje menor 1
- Drenaje menor 2
- Drenaje menor 3
- Drenaje menor 4
- Drenaje menor 5
- Drenaje menor 6
- Quebrada Chiquita
- Quebrada San Antonio
- Quebrada Manzano Huaycu



DISTRIBUCIÓN Y EVALUACIÓN DE LA VEGETACIÓN MACROFÍTICA DEL LAGO DE YAHUARCOCHA, PROVINCIA DE IMBABURA

ELABORACIÓN:
JOSE LINE PABÓN GARCÍA

REVISADO POR:
OSCAR ROSALES

CONTIENE:
MAPA HIDROLÓGICO DEL LAGO YAHUARCOCHA

0 180 360 720 1.080 m
PROYECCIÓN UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR
DATUM HORIZONTAL WGS 84
ZONA 17 SUR

ESCALA: 1:30.000
FECHA: 22-07-2015
FUENTE: IGM, 2015

