

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL  
DE HUAMANGA**

**FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS**

**ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA**



**TESIS:**

**Contenido de fenoles, flavonoides y proteínas solubles en  
Elodea potamogeton (Bert.) Ayacucho - 2024**

Para optar el título profesional de:

**BIÓLOGA, ESPECIALIDAD: ECOLOGÍA Y  
RECURSOS NATURALES**

PRESENTADO POR:

**Bach. Alba Milagros URBANO NAJARRO**

ASESOR:

**Dr. Raúl Antonio MAMANI AYCACHI**

**AYACUCHO - PERÚ**

**2025**

A mis padres, Melsiria y  
Américo; a mi hermana Marmel;  
y a Fernando.

## **AGRADECIMIENTO**

A la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, por la formación académica en estos años de la carrera.

A la Facultad de Ciencias Biológicas, por ser mi segundo hogar, por brindarme muchas experiencias en mi vida estudiantil.

A los docentes de la especialidad de Ecología y Recursos Naturales de la Escuela Profesional de Biología.

A mi asesor, Dr. Raúl Antonio Mamani Aycachi, por su apoyo incondicional en todo el trayecto de esta investigación, por su orientación y buenos consejos, que me han permitido terminar con la presente tesis de pregrado.

A mis jurados, el biólogo Jesús Ñaccha y la bióloga Roxana Carhuaz, por su disposición de tiempo en todo el transcurso del desarrollo de mi tesis.

Por último, expreso mi gratitud a todos los que estuvieron conmigo, acompañándome en cada paso para poder culminar con esta etapa de mi vida.

## ÍNDICE GENERAL

	Pág.
AGRADECIMIENTO	iii
ÍNDICE GENERAL	iv
ÍNDICE DE FIGURAS	vi
ÍNDICE DE TABLAS	vii
RESUMEN	viii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	3
2.1 ANTECEDENTES	3
2.1.1 ANTECEDENTES INTERNACIONALES	3
2.1.2 ANTECEDENTES NACIONALES	6
2.2 Marco conceptual	8
2.2.1 <i>Elodea potamogeton</i>	8
2.2.2 Clasificación taxonómica	9
2.2.3 Descripción botánica de la <i>Elodea potamogeton</i> (Bert.)	9
2.2.4 Biología floral	10
2.2.5 Fitoquímicos	10
2.2.6 Fenoles	10
2.2.7 Flavonoides	12
2.2.8 Proteínas	13
2.2.9 Preparación de extracto hidroalcohólico	14
2.2.10 Espectrofotometría	15
2.2.11 Espectrofotómetro	15
2.2.12 Absorbancia	15
2.2.13 Transmitancia	15
2.2.14 Curva de calibración	16
2.2.15 Curva espectral	16
III. MATERIALES Y MÉTODOS	17
3.1 Lugar de ejecución	17
3.2 Aspectos físicos de la zona	17

3.3 Muestra	18
3.4 Tamizaje fitoquímico	18
3.5 Metodología para la determinación de proteínas solubles – Mét. de Lowry	20
3.6 Preparación del extracto hidroalcohólico para determinar fenoles y flavonoides en <i>Elodea potamogeton</i> (Bert.)	21
3.7 Análisis estadístico	22
IV. RESULTADOS	23
V. DISCUSIÓN	27
VI. CONCLUSIONES	31
VII. RECOMENDACIONES	32
VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	33
ANEXOS	37

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 01. Curva espectral para proteínas	42
Figura 02. Curva de calibración para proteínas	42
Figura 03. Concentración de proteínas de las hojas y tallos de <i>Elodea potamogeton</i> (Bert.)	43
Figura 04. Curva espectral para fenoles	46
Figura 05. Curva de calibración para fenoles	46
Figura 06. Concentración de fenoles de las hojas y tallos de <i>Elodea potamogeton</i> (Bert.)	47
Figura 07. Curva espectral para flavonoides	49
Figura 08. Curva de calibración para flavonoides	49
Figura 09. Concentración de flavonoides de las hojas y tallos de <i>Elodea potamogeton</i> (Bert.)	50

## ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Tamizaje fitoquímico del extracto hidroalcohólico de la <i>Elodea potamogeton</i> (Bert.)	23
Tabla 2. Concentración y desviación estándar de proteínas en el tallo y hoja de la <i>Elodea potamogeton</i> (Bert.)	24
Tabla 3. Concentración y desviación estándar de flavonoides en el tallo y hoja de la <i>Elodea potamogeton</i> (Bert.)	25
Tabla 4. Concentración y desviación estándar de fenoles en el tallo y hoja de la <i>Elodea potamogeton</i> (Bert.)	26

## RESUMEN

Esta investigación tuvo como propósito analizar las concentraciones de compuestos fenólicos, flavonoides y proteínas solubles presentes en las hojas y tallos de *Elodea potamogeton* (Bert.). La cuantificación de las proteínas solubles se realizó utilizando la técnica propuesta por Lowry; en fenoles se usó el método de Folin-Ciocalteu, y en flavonoides por el método de Kostennikova Z.; previamente a estos métodos, se realizó el tamizaje fitoquímico para la determinación de metabolitos secundarios presentes en la "elodea". Los resultados mostraron que la concentración de fenoles en hojas y tallos fueron de 20,72 y 17,32 mg EAG/mL respectivamente; la concentración de flavonoides en hojas y tallos fueron de 35,191 y 14,004 ug EQ/mL respectivamente, y la concentración de proteínas en hojas y tallos fueron de 21,430 y 19,544 mg/mL respectivamente; el tamizaje fitoquímico se realizó con extracto hidroalcohólico, para poder determinar la presencia de metabolitos, siendo encontrados de forma abundante a los triterpenos/esteroides, los compuestos fenólicos/taninos y los aminoácidos/aminas; en un nivel regular se encontraron a los alcaloides, azúcares y flavonoides; y en un nivel escaso están las cumarinas y las quinonas. Se concluye que la *Elodea potamogeton*, es una planta acuática con contenido de proteínas, fenoles y flavonoides tanto en tallos como en hojas.

**Palabras clave:** *Elodea potamogeton*, método de Lowry, método de Folin-Ciocalteu, método de Kostennikova, proteínas, fenoles, flavonoides, tamizaje fitoquímico.

## I. INTRODUCCIÓN

En el contexto de la bioclimatología mesotropical de la zona, se reporta un nuevo hallazgo de *Elodea potamogeton* en Perú, donde se discuten aspectos relacionados con su biología floral, además de proporcionar información sobre la caracterización fitosociológica de la especie, tanto en Sudamérica como en Europa. En Perú, la “elodea” está distribuida desde el Amazonas hasta Tacna (Galán et al., 2021).

Ciertas especies de plantas, clasificadas como invasoras acuáticas, son notorias por su capacidad para prosperar en ambientes acuáticos y expandirse rápidamente, lo que impacta negativamente en todo el ecosistema. Su presencia resulta en una disminución de la biodiversidad y altera el funcionamiento natural del ecosistema, al reducir la variedad, densidad y diversidad de las especies vegetales nativas. Estas plantas contribuyen a la eutrofización del agua, lo que provoca un aumento en la mortalidad de la fauna acuática, y pueden provocar dificultades en el suministro de agua en zonas urbanas, particularmente si invaden embalses importantes para el uso del agua de la población (Shackleton et al., 2015).

La *Elodea* se considera una especie acuática invasora en diversas regiones del planeta, debido a su rápido desarrollo en aguas frías de climas tropicales. Esta especie tiene la capacidad de desarrollar raíces a lo largo de cualquier sección de su tallo, lo que le posibilita anclarse con facilidad al sustrato debido a las repercusiones causadas por los impactos ecológicos y económicos que genera esta planta, se han adoptado varias estrategias de control, entre ellas se incluyen la reducción de nutrientes en el entorno, técnicas mecánicas como el desbroce y dragado, además de tener alternativas biológicas como la introducción de peces herbívoros y el uso de herbicidas (Zehnsdorf et al., 2015).

A pesar de los diferentes impactos que la “elodea” ocasiona en el ecosistema, también hay estudios que resaltan sus beneficios en otros ámbitos que las personas puedan necesitar para dar un valor agregado a esta planta. Entre estas se puede evidenciar la presencia de metabolitos como los fenoles, flavonoides y proteínas, que son beneficiosas en la supervivencia de la planta, o cumpliendo funciones ecológicas importantes para su desarrollo; ya que poseen un potencial muy relevante para diversas aplicaciones farmacológicas y nutricionales.

El tamizaje fitoquímico, siendo una herramienta para la detección cualitativa de presencia o ausencia de metabolitos secundarios presentes en extractos vegetales.

### **Objetivo general**

Evaluar el contenido de fenoles, flavonoides y proteínas solubles en *Elodea potamogeton* (Bert.).

### **Objetivos específicos**

- Determinar el contenido de fenoles en hojas y tallos de *Elodea potamogeton* (Bert.).
- Determinar el contenido de flavonoides en hojas y tallos de *Elodea potamogeton* (Bert.).
- Determinar el contenido de proteínas en hojas y tallos de *Elodea potamogeton* (Bert.).
- Realizar el tamizaje fitoquímico de hojas y tallos de *Elodea potamogeton* (Bert.).

## II. MARCO TEÓRICO

### 2.1 ANTECEDENTES

#### 2.1.1 ANTECEDENTES INTERNACIONALES

Borisova et al. (2017), investigaron la acumulación de metales pesados (Cu, Ni, Zn, Mn y Fe), los parámetros del aparato fotosintético y del contenido de flavonoides en las hojas de dos especies de hidrófitos sumergidos (*Elodea canadensis Michx.* y *Potamogeton perfoliatus L.*) en hábitats con diferentes niveles de contaminación. Las investigaciones realizaron el estudio en los alrededores de una planta metalúrgica de la ciudad de Revda, Rusia. Observaron que los hidrófitos de hábitats contaminados (sitio de impacto) se diferenciaron de las plantas de una zona menos contaminada (sitio de referencia) por una mayor acumulación de metales pesados, un mayor grosor de las hojas, células y cloroplastos más grandes. Mencionan que, las plantas del sitio contaminado presentaron un alto contenido de pigmentos fotosintéticos, mientras que el contenido de flavonoides en las hojas fue menor. Los resultados que obtuvieron evidenciaron un alto potencial adaptativo de estas especies vegetales y su capacidad para sobrevivir en entornos acuáticos contaminados con metales y otros contaminantes.

Celis et al. (2005), analizaron en su estudio, los procedimientos y usos de los sistemas de purificación de aguas provenientes de residuos utilizados por la flora acuática, destacando su relevancia en las actividades de la industria, la minería y actividades domésticas. Realizaron un resumen de los sistemas más empleados para estos fines, subrayando la función fundamental de las plantas en la descontaminación, con un enfoque especial en el rol de las macrófitas. Examinaron tanto los sistemas naturales como los artificiales. En conclusión, afirmaron que, aunque estos sistemas no son tan conocidos en Chile,

representaron una opción viable para el tratamiento de los efluentes derivados de operaciones industriales, mineras, agropecuarias y domésticas.

Cutili (2012), en su investigación sobre la digestibilidad aparente de la “elodea” y la “totora” en ganado bovino, usaron toros raza Holstein. En ensayos realizados en laboratorio, obtuvieron valores de 17,8% de proteína en la *Elodea potamogeton* y 5,4% en la “totora”, teniendo un nivel de significancia alto entre estas dos muestras. El forraje de “elodea”, a lo largo del periodo de ensayo, presentó mayor digestibilidad de materia seca con 88,06%, y la “totora” con 86,84%. En base a la digestibilidad de proteína, la “elodea” tuvo un valor de 89,87% y la “totora” un valor de 64,89%, que significa que la *Elodea potamogeton* tiene mayor contenido de proteína que fue asimilados por los toros.

Erhard y Gross (2006), en su estudio, mencionaron que la *Elodea nuttalli* y *Elodea canadensis* fueron introducidas desde América del Norte a Europa, donde ahora son comunes en diversos cuerpos de agua y a menudo dominantes. Sugirieron que las interacciones negativas entre “elodea” y el fitoplancton, o la presencia de cubiertas epifitas, pudo ser resultado de la liberación de compuestos aleloquímicos que inhiben el crecimiento. Esta estrategia pudo ser eficaz para minimizar la competencia por la luz frente a algas y cianobacterias. En este estudio, investigaron el potencial alelopático de *E. nuttalli* y *E. canadensis* contra diferentes organismos fotoautótrofos, enfocándose en algas epifitas y cianobacterias aisladas de varias macrófitas sumergidas y cepas cultivadas. Los extractos metanólicos de ambas especies inhibieron el crecimiento de la mayoría de estos organismos, excepto una cepa de *Scenedesmus brevispina* que mostró estimulación. La separación adicional de los extractos reveló varias fracciones activas, lo que indica que los compuestos hidrófilos y ligeramente lipófilos son responsables de la reducción del crecimiento. Parte de esta actividad pareció asociarse con sustancias fenólicas, mientras que los flavonoides en estas especies no mostraron actividad alguna. Además, observaron una disminución del crecimiento en una fracción moderadamente lipófila del filtrado de cultivo de *E. nuttalli*, lo que sugiere que los compuestos activos se exudaron hacia el agua. Por lo tanto, la alelopatía pudo ser relevante en el entorno natural y contribuir a suprimir cianobacterias y algas. Asimismo, encontraron diferencias en la susceptibilidad de los organismos objetivo, lo que podría haber sido consecuencia de la adaptación a las respectivas plantas huésped. Esto sugirió que la

interferencia alelopática podría haber reducido la abundancia de algunas especies, especialmente cianobacterias, en biopelículas epífitas.

Franco (1981), en su estudio sobre la evaluación bromatológica de especies forrajeras en el lago Titicaca, determinó la composición química de *Myriophyllum elatinoides*, *Elodea potamogeton* y *Scirpus totora*. El forraje con mayor proporción de proteínas fue la *Elodea potamogeton* que es la de mayor valor nutritivo y más apetecible para el animal por tener menor contenido fibroso, así que presenta mayor valor bromatológico; a diferencia del *Scirpus*, que por tener alto contenido fibroso pierde su valor proteico frente a los otros géneros.

Zhang et al. (2015), señalaron que los macrófitos sumergidos se veían influenciados por el cambio climático, especialmente por los cambios en la temperatura del agua y el período de duración de la temporada de crecimiento. Para examinar este impacto, llevaron a cabo un experimento en el laboratorio con el objetivo de investigar como un aumento de temperatura al final de la temporada influía en el crecimiento, la distribución de biomasa y la aclimatación de dos especies de macrófitos sumergidos: *Elodea canadensis* y *Potamogeton crispus*. Además, realizaron experimentos de interacción competitiva entre ambas especies, utilizando cultivos mono y mixtos en macetas colocadas en mesocosmos al aire libre, los cuales fueron sometidos a un escenario de calentamiento simulado del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (ajustado a las condiciones locales y elevado un 50%). En el laboratorio, los macrófitos recolectados de ambos tipos de mesocosmos fueron cultivados a temperatura ambiente (12°C en septiembre y 8°C en octubre) y a una temperatura 4°C más alta. Los resultados que obtuvieron, mostraron que el calentamiento tuvo un efecto más pronunciado en *E. canadensis* que en *P. crispus*, particularmente a bajas temperaturas. La tasa de crecimiento relativo (RGR) de *E. canadensis* aumentó seis veces cuando las condiciones pasaron de 8°C a 16°C, mientras que la de *P. crispus* creció menos de dos veces. En los experimentos de interacción competitiva, el calentamiento incrementó tanto la biomasa como la tasa de crecimiento relativo de *E. canadensis* en monocultivo, además de promover el alargamiento de los brotes en ambos cultivos, mono y mixto. En contraste, *P. crispus* no se vio afectado significativamente por el calentamiento en monocultivo o cultivo mixto, aunque la competencia redujo el alargamiento de los brotes cuando las plantas estaban pre adaptadas a las condiciones ambientales y se cultivaban en los mesocosmos más cálidos. Por otro

lado, la tasa de descomposición de *E. canadensis* se aceleró con el calentamiento, mientras que *P. crispus* no mostró cambios en este aspecto. En conclusión, *E. canadensis* demostró ser un competidor más fuerte que *P. crispus* en condiciones más cálidas al final de la temporada. Sin embargo, el mayor ritmo de descomposición de *E. canadensis* bajo temperaturas más elevadas pudo haber aumentado su demanda de oxígeno, especialmente en las fases finales de la temporada de crecimiento, lo que podría haber generado consecuencias importantes en los ecosistemas lacustres. Aunque se observó que hubo aclimatación, sus resultados sugirieron que los cambios de temperatura modificaron los patrones de desarrollo de ambas especies, lo que potencialmente estimula a una transición en la preponderancia de especies de macrófitos.

### **2.1.2 ANTECEDENTES NACIONALES**

Huacasi (2016), realizó su investigación con la finalidad de establecer los compuestos químicos y la cantidad de vitamina C presentes en el “yana llachu” fresco (*Elodea potamogeton*), además de sus impactos en la salud y producción de cuyes (*Cavia porcellus L.*). Empleó una muestra de cuyes machos, divididos en 5 grupos. Los tratamientos abarcaron 3 dietas experimentales: una dieta basal que incluía “yana llachu” fresco (25, 50 y 75 g/d) y dos dietas de control (una sin la inclusión de vitamina C y otra que incluía vitamina C comercial). La determinación de su composición química fue mediante procedimientos oficiales de la Asociación de Químicos Oficiales Agrícolas, y el contenido de vitamina C fue examinado a través de yodometría. Se analizaron los impactos en la salud y la producción mediante el monitoreo clínico y productivo de los animales durante un ensayo de alimentación de 56 días. Los resultados indicaron que el “yana llachu” fresco representó un forraje de elevada humedad (93,25%), con una materia seca que contenía 6,05% de grasa bruta, 38,00% de fibra detergente neutro, 19,31% de proteína cruda y 17,89% de cenizas totales. Se calculó un contenido de vitamina C de 3,92 mg/g de “yana llachu” fresco. Los cuyes que recibieron una alimentación basal sin vitamina C, se enfermaron, aunque ninguno desarrolló escorbuto; por otro lado, aquellos que recibieron “yana llachu” fresco se conservaron saludables. La información acerca del consumo, incremento de peso y conversión alimenticia fue analizada a través de un Diseño completamente al azar y el Análisis de varianza, demostrando que la respuesta productiva de los cuyes alimentados con las dietas experimentales fueron parecidas a la de los grupos de control. A partir

de estos resultados, concluyeron que el “yana llachu” es una fuente de vitamina C, útil para proteger la salud y mejorar la respuesta productiva en cuyes.

Baca y Calderon (1963), mencionaron que el término "llacho" se refiere de manera coloquial a diversas plantas que crecen en lagos y ríos de corriente lenta en la región de Puno, Perú. Este forraje verde se usó como alimento para el ganado, sirviendo como base para su conservación y engorde. Las especies estudiadas fueron *Elodea potamogeton* y *Ranunculus trichophyllus*. La recolectaron diariamente y fueron administradas a dos ovejas adultas durante períodos preliminares y de recolección de 8 días. *E. potamogeton* y *R. trichophyllus* presentaron 9,80% y 13,12% de materia seca (MS), respectivamente. La composición de la MS, mencionan que fue la siguiente: proteína cruda 15,00% y 13,57%, extracto etéreo 1,43% y 1,07%, fibra cruda 12,24% y 18,22%, extracto libre de nitrógeno 38,16% y 41,23%, y cenizas 33,16% y 25,91%. En cuanto a la digestibilidad, obtuvieron los siguientes valores: para la proteína 61,8% y 50,4%, extracto etéreo 41,7% y 42,5%, fibra cruda 82,8% y 69,2%, y extracto libre de nitrógeno 76,2% y 64,0%.

Maldonado y Aparicio (2022) mencionaron en su estudio realizado en el Lago Titicaca, que existen actividades como la emisión de CO<sub>2</sub> que afectan áreas del lago. El objetivo principal fue calcular la capacidad de almacenamiento de carbono de cuatro especies de macrófitos: *Schoenoplectus tatora*, *Potamogeton strictus*, *Myriophyllum elatinoides* y *Elodea potamogeton*. El muestreo lo llevaron a cabo en cinco áreas de la bahía, con dos réplicas en cada punto, durante los meses de agosto a noviembre. Para determinar la cantidad de carbono en cada macrófito, determinaron el porcentaje de materia orgánica mediante el método de calcinación, multiplicando los resultados por un factor de conversión de 1,724. Los porcentajes encontrados fueron del 55% para *S. tatora*, 48% para *E. potamogeton*, 47,5% para *M. elatinoides* y 47,4% para *P. strictus*. Los resultados mostraron que *S. tatora* capturó la mayor cantidad de carbono, alcanzando un máximo de 1,276 g/m<sup>2</sup>, seguida de *E. potamogeton* con 313,7 g/m<sup>2</sup>, *M. elatinoides* con 298,8 g/m<sup>2</sup> y *P. strictus* con 84,5 g/m<sup>2</sup>. La profundidad y la transparencia del agua tuvieron un mayor impacto en el almacenamiento de carbono. En conclusión, mencionaron que *S. tatora* fue la planta que acumuló una cantidad elevada de carbono en su biomasa, destacándose como la más eficiente en la captura de carbono en comparación con las otras especies analizadas.

## **2.2 Marco conceptual**

### **2.2.1 *Elodea potamogeton***

Espinosa (1973), menciona que la *Elodea potamogeton* conocida comúnmente como "elodea", es una planta acuática sumergida que ha desarrollado adaptaciones fisiológicas especiales para sobrevivir en ambientes acuáticos. Presentan algunas de las características fisiológicas más destacadas de esta especie:

#### **2.2.1.1 Fotosíntesis**

- Eficiencia en la fotosíntesis: *Elodea potamogeton* tiene la capacidad de realizar la fotosíntesis a diferentes profundidades en el agua. Utiliza la luz solar para transformar el CO<sub>2</sub> y el H<sub>2</sub>O en la glucosa y oxígeno, lo que le permite crecer en condiciones de iluminación variables (Lara & Andreo, 2008).
- Pigmentos fotosintéticos: esta planta contiene clorofilas a y b, además de otros pigmentos accesorios que ayudan a maximizar la captación de luz en diversas condiciones (Lara & Andreo, 2008).

#### **2.2.1.2 Absorción de nutrientes**

- Raíces adventicias: aunque su principal modo de absorción de nutrientes es a través de sus otras estructuras, las raíces adventicias también pueden contribuir a la adquisición de nutrientes del sustrato (Raven & Eichhorn, 1992).
- Nutrientes acuáticos: tiene la capacidad de adaptarse a diferentes concentraciones de nutrientes, absorbiendo nitrógeno y fósforo del agua, lo cual es fundamental para su crecimiento (Raven & Eichhorn, 1992).

#### **2.2.1.3 Estructura y soporte**

- Tallo flexible: su tallo es cilíndrico y flexible, lo que le permite adaptarse a las corrientes del agua y minimizar el daño físico (Raven & Eichhorn, 1992).
- Aerénquima: son espacios llenos de aire que facilitan la flotación y la difusión de gases, permitiendo la oxigenación de las estructuras de la planta (Raven & Eichhorn, 1992).

#### **2.2.1.4 Reproducción**

- Propagación vegetativa: *Elodea potamogeton* principalmente se reproduce de forma vegetativa mediante la fragmentación del tallo que pueden enraizar y formar nuevas plantas, lo que le permite colonizar rápidamente nuevos hábitats.

- Reproducción sexual: también tiene la capacidad de producir flores y semillas, aunque esta forma de reproducción es menos frecuente que la vegetativa (Sculthorpe, 1967).

#### **2.2.1.5 Adaptaciones al medio acuático**

- Resistencia a la eutrofización: aunque puede prosperar en aguas con alta carga de nutrientes, también tiene la capacidad de adaptarse a condiciones de eutrofización, lo que le permite sobrevivir en ambientes degradados (Sculthorpe, 1967).
- Tolerancia a la variabilidad ambiental: esta planta es capaz de soportar cambios en la temperatura del agua, la turbidez y la disponibilidad de luz, lo que le da una ventaja competitiva en diferentes ecosistemas acuáticos (Sculthorpe, 1967).

#### **2.2.2 Clasificación taxonómica**

Según la constancia emitida por la Bióloga Laura Aucasime Medina, quien certifica que la muestra de “elodea”, fue determinada según el Sistema de Clasificación de Cronquist A. 1988, siendo la taxonomía de la planta la siguiente:

<b>Reino</b>	: Plantae
<b>División</b>	: Magnoliophyta
<b>Clase</b>	: Liliopsida
<b>Subclase</b>	: Alismatidae
<b>Orden</b>	: Hydrocharitales
<b>Familia</b>	: Hydrocharitaceae
<b>Género</b>	: <i>Elodea</i>
<b>Especie</b>	: <i>Elodea potamogeton</i> (Bert.)
<b>Nombre común</b>	: “elodea”

#### **2.2.3 Descripción botánica de la *Elodea potamogeton* (Bert.)**

Según Espinosa (1973), *Elodea potamogeton* (Bert.), comúnmente conocida como “elodea”, se caracteriza por tener un tallo cilíndrico, de color verdoso, lustroso y quebradizo, con entrenudos que pueden alcanzar hasta 2.5 cm de longitud. Su estructura interna incluye un cordón central longitudinal formado por células angostas y varios canales aeríferos. Las hojas de esta planta son oblongo-lineales y obtusas, con un extremo denticulado. La *Elodea potamogeton* se reproduce principalmente de manera vegetativa; en los nudos se desarrollan raíces adventicias y brotes caulinares. En cuanto a la floración, las flores son axilares y solitarias, y pueden elevarse por encima de la superficie del

agua. Los botones de las flores masculinas son de color verdoso en la parte superior y miden entre 5 mm de largo por 3 mm de ancho, asemejándose a granos de trigo. Las flores femeninas, por otro lado, presentan un tubo floral más delgado, que es verdoso, lustroso y tiene un diámetro de 0,5 a 0,7 mm. Los botones de estas flores son de color crema y tienen forma de maza, midiendo entre 3 y 4 mm de largo por 1 mm de ancho. La espata es verdosa, con una longitud de entre 2,5 y 4 cm y un ancho de 1 mm. Los sépalos son ligeramente verdosos, y hacia los extremos se tornan blanquecinos en su base.

#### **2.2.4 Biología floral**

Freeman et al. (1980), mencionan que la presencia de poblaciones con flores femeninas, es recurrente siempre que se desarrolle la multiplicación vegetativa y tenga la presencia de turiones. Esto se debe a que no existiría la posibilidad de que el polen alcance los estigmas de las flores o que se produzcan casos de desarrollo de flores bisexuales.

#### **2.2.5 Fitoquímicos**

Son conocidos como compuestos bioactivos de origen vegetal, que son producidos naturalmente por las plantas como un componente de sus estrategias de defensa frente a patógenos, a condiciones ambientales, y a los depredadores. Los fitoquímicos no son requeridos para el funcionamiento básico de nuestro organismo, a diferencia de los nutrientes esenciales. La *Elodea* es una planta que presenta varios metabolitos secundarios con gran potencial bioactivo, de las cuales pueden ser usados como forraje, en la medicina, y en la ecología como en los procesos de fitorremediación (Liu, 2004).

Entre los grupos principales de fitoquímicos, se encuentran: los polifenoles, alcaloides, terpenoides, glucosinolatos, saponinas, etc. Cada uno presenta una gran variedad de compuestos con diversos mecanismos de acción. Los flavonoides fueron ampliamente estudiados por la capacidad que tiene de eliminar radicales libres, reduciendo el daño oxidativo celular (Scalbert et al., 2005).

##### **2.2.5.1 Ensayo de Dragendorff**

Es una prueba que determina la presencia de alcaloides en una muestra. La muestra tiene una reacción con el reactivo de Dragendorff cuando hay alcaloides, esto hace que el precipitado tenga un color anaranjado (Vargas, 2024).

#### **2.2.6 Fenoles**

Un fenol es un compuesto químico que consiste en un anillo de benceno unido a un grupo hidroxilo (-OH). Es una clase particular de alcohol aromático, ya

que su estructura se basa en un anillo aromático (benceno) en lugar de una cadena alifática, como en los alcoholes comunes. La fórmula química del fenol más simple es  $C_6H_5OH$ . Los fenoles son conocidos por sus propiedades antioxidantes y antibacterianas; en el mundo vegetal, juegan un papel crucial como metabolitos secundarios. Además, los fenoles tienen múltiples aplicaciones industriales, como en la fabricación de plásticos, desinfectantes y medicamentos. En las plantas, los fenoles están involucrados en la defensa contra patógenos y en la pigmentación de hojas y flores (Solomons et al., 2014).

#### **2.2.6.1 Compuestos fenólicos**

Los compuestos fenólicos (CF) son metabolitos secundarios fundamentales para el crecimiento y la propagación de las plantas. Estos compuestos desempeñan un papel importante como mecanismos de protección contra patógenos, ayudando a las plantas a defenderse contra infecciones por hongos, bacterias y otros factores externos. Además de su función protectora, también contribuyen a otros procesos importantes en el desarrollo vegetal, como la regulación del crecimiento y la respuesta a condiciones ambientales adversas (Cervilla et al., 2012). Los compuestos fenólicos se originan en las plantas; así que son considerados metabolitos secundarios importantes. Su presencia en los animales proviene de la ingesta de estos vegetales. Los fenoles son sintetizados de nuevo por las plantas, y su producción está regulada genéticamente tanto cualitativa como cuantitativamente, aunque también hay factores ambientales que influyen en este proceso. Además, los fenoles actúan como fitoalexinas, sustancias que las plantas dañadas secretan para protegerse de ataques de hongos y bacterias, y también juegan un papel en la pigmentación de diferentes partes vegetales, como los antocianos, que son responsables de la coloración rojiza, anaranjada, azulada, entre otras, en las pieles de frutas y vegetales. Sin embargo, cuando los fenoles se oxidan, se convierten en quinonas, lo que da lugar a un color pardo (Gimeno, 2004).

#### **2.2.6.2 Método de Folin - Ciocalteu**

Singleton y Rossi (1965), mencionan que el método de Folin-Ciocalteu es una técnica comúnmente empleada para medir el contenido de polifenoles en muestras vegetales. Este procedimiento se fundamenta en la reducción del reactivo de Folin-Ciocalteu por los compuestos fenólicos presentes en la muestra, lo que causa una variación de tonalidad que puede ser cuantificado mediante el

espectrofotómetro. Esta técnica para la cuantificación de fenoles, requiere el uso del estándar de ácido gálico.

### **2.2.7 Flavonoides**

Harborne y Williams (1993), señalan que estos metabolitos son una clase de compuestos fenólicos, son metabolitos secundarios, lo que significa que no son esenciales para el crecimiento y desarrollo básico de las plantas, pero juegan un papel crucial en su defensa, así como en la atracción de polinizadores y dispersores de semillas. Aunque no sean necesarios para la sobrevivencia de la planta, participan como un sistema de defensa contra patógenos, depredadores y protegen a la planta contra la radiación ultravioleta. Cumplen un papel clave en las interacciones ecológicas, como atrayente de polinizadores, ya que les confiere a las flores unos colores intensos, influye en la palatabilidad y por la coloración que les da a los frutos. También, estos compuestos contribuyen a procesos fisiológicos internos en la planta, como regulador del crecimiento celular, señalización hormonal y modulación de enzimas; lo que hace evidente las funciones dentro del metabolismo vegetal. Es por esto que se considera uno de los grupos fitoquímicos más importantes en la planta.

**2.2.7.1 Tipos de flavonoides según Harborne y Williams (1993):** Los flavonoides se pueden clasificar en varias categorías, incluidas:

- Flavononas : presentes en cítricos.
- Flavonas : encontradas en el perejil y apio.
- Antocianinas : que dan color a muchas frutas y flores.
- Isoflavonas : comunes en legumbres.

Los flavonoides son importantes no solo por sus funciones en las plantas, sino también debido a sus impactos positivos en la salud humana, lo que ha llevado a un interés creciente en su estudio y consumo.

#### **2.2.7.2 Método de Kostennikova Z.:**

Kostennikova (1981), indica que su método es una técnica empleada para cuantificar flavonoides y compuestos fenólicos en muestras de origen vegetal. Esta metodología implica la extracción de estos compuestos de las plantas y su posterior medición mediante espectrofotometría.

El método de Kostennikova es útil en investigaciones sobre la actividad antioxidante de las plantas, estudios fitoquímicos y la evaluación de la calidad de productos vegetales. También se aplica en la investigación farmacológica y

nutricional para evaluar el contenido de compuestos bioactivos en alimentos y hierbas medicinales (Kostennikova, 1981).

## **2.2.8 Proteínas**

Nelson y Cox (2000), señalan que las proteínas son metabolitos primarios compuestas por cadenas de aminoácidos (aa), los cuales constituyen los componentes esenciales de las proteínas. Resultan fundamentales para el correcto desempeño de las células y los seres vivos. Están formadas por extensas cadenas de aminoácidos que se estructuran en complejas estructuras tridimensionales, y cumplen una extensa gama de funciones en el organismo. Algunas de estas responsabilidades comprenden el traslado de moléculas, la catalización de reacciones químicas (mediante enzimas), la restauración de tejidos y la defensa del sistema inmunológico, entre otras. Son esenciales para la organización, funcionamiento y control de las células y tejidos en todos los seres vivos.

### **2.2.8.1 Características de las proteínas según Nelson y Cox (2000):**

#### **2.2.8.1.1 Estructura:**

Las proteínas están formadas por aa, los cuales se enlazan entre sí a través de enlaces peptídicos. Existen 20 aa distintos que se combinan en diversas secuencias para dar lugar a la formación de estas macromoléculas. La estructura de una proteína puede ser descrita en cuatro niveles:

- Estructura primaria : orden secuencial de aa.
- Estructura secundaria: uniones locales en estructuras como hélices alfa y hojas beta.
- Estructura terciaria : estructura integral tridimensional completa de la proteína.
- Estructura cuaternaria: la formación de una proteína funcional mediante la unión de múltiples cadenas polipeptídicas.

#### **2.2.8.1.2 Función:**

- Enzimas : estas reacciones bioquímicas funcionan como catalizadores, acelerando los procesos metabólicos.
- Estructural : forman parte de la estructura celular y tisular.
- Transporte : ayudan en el transporte de moléculas (la hemoglobina se encarga de transportar oxígeno en la sangre).
- Inmunidad : los anticuerpos de origen proteico que ayudan a defender al organismo de patógenos.

- Regulación : hormonas y proteínas de señalización regulan procesos biológicos y respuestas celulares.
- Reserva : algunas proteínas almacenan nutrientes (la caseína en la leche). Son fundamentales para el crecimiento, desarrollo y reparación de los tejidos.

#### **2.2.8.2 Método de Lowry**

Lowry et al. (1951), destacan que su método es una técnica comúnmente empleada para medir la concentración de proteínas en soluciones biológicas. Se fundamenta en la interacción de las proteínas con el reactivo de Folin-Ciocalteu, lo que provoca un cambio de coloración que se puede cuantificar espectrofotométricamente.

El método de Lowry se aplica en el análisis de muestras biológicas, para cuantificar proteínas en extractos celulares, sueros y otros fluidos biológicos.

#### **2.2.9 Preparación de extracto hidroalcohólico:**

Según Mendoza (2011), tras obtener las hojas, tallos y frutos de la planta, se seca a temperatura ambiente y en un espacio ventilado bajo sombra. Se pesa la misma proporción de hojas, de tallos y de frutos y posteriormente se procede a disminuir su tamaño mediante el uso de un molino manual o con ayuda de un mortero. Luego se impregna con el disolvente para su proceso de maceración. La mezcla (droga - disolvente) se sitúa en un contenedor oscuro sin ninguna apertura. La maceración se lleva a cabo durante 2 semanas, previo a ellos se lleva a cabo la agitación para obtener una adecuada extracción de los metabolitos responsables de la actividad a investigar. Después, transcurrido el tiempo, se procede a filtrar, y cada filtrado se coloca en un contenedor de porcelana para posteriormente eliminar el disolvente hasta conseguir las muestras secas. Un extracto hidroalcohólico es una solución obtenida al extraer los principios activos de una planta u otro material biológico utilizando una mezcla de agua y alcohol como disolvente. Este tipo de extracción es ampliamente utilizado en fitoterapia, farmacología y cosmética debido a que el alcohol y el agua combinados permiten extraer una variedad más amplia de compuestos, tanto los solubles en agua (como vitaminas hidrosolubles o azúcares) como aquellos que son solubles en alcohol (como los aceites esenciales y algunos flavonoides). El proceso implica macerar las plantas o el material vegetal en la mezcla de alcohol y agua durante un período determinado, lo que facilita que se liberen los compuestos activos. Después, el

líquido resultante se filtra para separar los sólidos y obtener un extracto concentrado.

Los extractos hidroalcohólicos son populares porque:

- Conservan mejor los principios activos, ya que el alcohol actúa como conservante natural.
- Extraen una mayor gama de sustancias bioactivas.
- Se pueden diluir fácilmente para su administración en formas líquidas como tinturas o tónicos. En productos naturales y medicamentos a base de plantas, los extractos hidroalcohólicos son comunes por su estabilidad y eficacia.

#### **2.2.10 Espectrofotometría:**

Es una técnica que se encarga de la medición de la luz que se absorbe por una sustancia en función a una longitud de onda (Skoog et al., 2007). Es una herramienta que ayuda a determinar la concentración del compuesto que se usa midiendo la magnitud de luz que absorbe en una longitud de onda (Harris, 2016).

#### **2.2.11 Espectrofotómetro:**

Es un dispositivo esencial en los laboratorios de análisis químico, en el que se realiza las mediciones de la luz absorbida por una muestra, comparando esta luz con la luz que incide. Esta medición permite identificar la concentración de una sustancia (Harris, 2016).

El espectrofotómetro presenta 5 elementos: la fuente de luz, el monocromador que permite seleccionar la longitud de onda a la que se va a leer la muestra, el pocillo que contiene a la muestra, un sensor que determina la intensidad de la radiación transmitida y el sistema de procesamiento donde se visualizan los datos (Skoog et al., 2007).

#### **2.2.12 Absorbancia:**

Es una magnitud que se usa en la espectrofotometría para expresar la radiación electromagnética absorbida por la sustancia cuando la luz atraviesa a una muestra. Una mayor absorbancia, indica que la muestra absorbe más luz y la transmite menos (Harris, 2016).

#### **2.2.13 Transmitancia:**

Es una magnitud que nos da a conocer la fracción de luz que llega a atravesar una muestra, pero que no llega a ser absorbida. La absorbancia y la transmitancia tienen una relación no proporcional; a menor transmitancia, hay una mayor absorbancia. Dependiendo de la longitud de onda a la que se realiza la medición,

se llegará a maximizar la sensibilidad del análisis, ya que cada sustancia tiene un comportamiento espectral único (Harris, 2016).

#### **2.2.14 Curva de calibración:**

Es usada en los métodos de análisis cuantitativo para establecer la relación de la absorbancia medida y la concentración conocida de soluciones patrón de una sustancia. Para realizar la curva de calibración, se debe preparar soluciones estándar con concentraciones conocidas, se mide a una longitud de onda establecida y después de leer se grafica en un plano cartesiano, al final se observa una línea recta, lo que significa la relación lineal entre las concentraciones y las absorbancias del estándar (Harris, 2016).

#### **2.2.15 Curva espectral:**

Se trata de la ilustración gráfica de la fluctuación de la absorbancia de una sustancia en relación a la longitud de onda. En el eje x se representa a la longitud de onda (nm), y en el eje y a la absorbancia. Al obtener la mayor absorbancia leída en el espectrofotómetro, nos indica la longitud de onda donde se absorbe mayor cantidad de energía; la curva espectral nos permite evaluar la pureza de una muestra, también caracterizar pigmentos, etc. (Harris, 2016).

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 Lugar de ejecución

La ejecución del trabajo se llevó a cabo en el laboratorio de Bioquímica de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, ubicado en el distrito de Ayacucho.

Las muestras de tallo y hoja de "elodea" se obtuvieron de un cuerpo de agua natural en el valle la Glorieta, ubicado en el distrito de Andrés Avelino Cáceres Dorregaray, provincia de Huamanga, departamento de Ayacucho, a una altitud de 2 589 msnm.

##### 3.1.1 Ubicación política

<b>Departamento</b>	:	Ayacucho
<b>Provincia</b>	:	Huamanga
<b>Distrito</b>	:	Andrés Avelino Cáceres Dorregaray
<b>Punto de colecta</b>	:	Valle La Glorieta

##### 3.1.2 Ubicación geográfica

<b>Latitud sur</b>	:	13° 08' 36" S
<b>Latitud oeste</b>	:	74° 11' 33" W
<b>Altitud</b>	:	2 589 msnm

#### 3.2 Aspectos físicos de la zona

##### 3.2.1 Climatología

La temperatura más alta para la ciudad de Ayacucho es en noviembre, con 25,5°C, y la temperatura más baja se da en julio con 6,6°C. La precipitación con mayor intensidad se da en el mes de enero con 117,1 mm/mes (SENAMHI, 2012). (Anexo 1)

Al momento de la cosecha, el cielo tenía una nubosidad de 2/8.

El agua presentaba una temperatura de 24,3°C; el pH fue de 8.05; alcalinidad de 331 ppm y una conductividad de 666 ppm.

### **3.3 Muestra**

Se extrajó 5 kg de elodea del cuerpo de agua y se separaron las hojas de los tallos.

#### **3.3.1 Metodología y recolección de muestra**

Para extraer la “elodea”, se usó un rastrillo para que pueda separarse la raíz de las hojas y tallos, seguidamente se enjuagó con abundante agua y se realizó la extracción de crustáceos y agentes extraños, y se realizó la desinfección con hipoclorito de sodio al 1%, después se les volvió a enjuagar para eliminar residuos de hipoclorito.

Se procedió la separación manual de las hojas y tallos y se les dejó secar sobre papel Kraft en sombra durante una semana; y, para completar el secado se puso a la estufa a 40 °C durante 40 minutos, para luego triturarlos hasta obtener un polvo fino de tallos y hojas por separado para la determinación de proteínas, fenoles y flavonoides. (Anexo 2)

### **3.4 Tamizaje fitoquímico:**

Para la realización del tamizaje fitoquímico, se efectuó por el método del macerado en extracto hidroalcohólico de la “elodea”, se filtró, para luego llevarlo a baño María hasta que evapore todo el alcohol.

Diluyendo con agua destilada se hizo el raspado de la elodea para disponer 1 mL de este a cada tubo para los siguientes ensayos. (Anexo 3)

#### **3.4.1 Ensayo de Dragendorff (para alcaloides)**

Se le añadió 1 gota de HCL c al extracto de “elodea” y se calentó durante unos minutos en baño María y se dejó enfriar hasta alcanzar la acidez. Con la solución acuosa y ácida se realizó el ensayo, añadiendo 3 gotas del reactivo de Dragendorff; como hubo opalescencia turbia, se consideró que es un metabolito abundante (Miranda y Cuellar, 2000).

#### **3.4.2 Ensayo de Baljet (para cumarinas)**

Se añadió 1 mL de alcohol al extracto de “elodea” y se le agregó 1 mL del reactivo de Baljet, la cual dio un color rojizo tenue y un precipitado, siendo un metabolito escaso en la muestra (Miranda y Cuellar, 2000).

#### **3.4.3 Ensayo de Borntrager (quinonas)**

El extracto alcohólico de “elodea”, se disolvió con 1 mL de cloroformo, se agregó 1 mL de hidróxido de potasio al 5% en agua. Se agitó y se dejó en reposo

hasta la separación en fases. La fase superior se tornó de color rosado tenue, el ensayo es positivo pero muy escaso en cuanto a quinonas. (Miranda y Cuellar, 2000).

#### **3.4.4 Ensayo de Liebermann-Burchard (Triterpenos o esteroides)**

Se evaporó una pequeña cantidad del extracto alcohólico en baño María. El residuo obtenido se disolvió en 1 mL de cloroformo, se agregó 1 mL de anhídrido acético y se mezcló bien. Posteriormente, se agregaron 2 a 3 gotas de ácido sulfúrico concentrado sin agitar. El ensayo demostró ser positivo por mostrar un color verde oscuro al final de la reacción, considerado abundante (Miranda y Cuellar, 2000).

#### **3.4.5 Ensayo de catequinas**

Se echó unas gotas del extracto alcohólico sobre papel filtro hasta que seque y se le incorporó carbonato de sodio. Si apareció en el papel filtro una mancha de color verde amarillento a la luz UV, se indica la presencia de catequinas; en este caso la prueba solo mostró una fluorescencia azul turquesa, por lo que demuestra la ausencia de catequinas en la "elodea" (Miranda y Cuellar, 2000). (Anexo 3)

#### **3.4.6 Ensayo de Benedict (azúcares reductores)**

En un tubo de ensayo se colocó 1 mL del extracto alcohólico y 1 mL del reactivo de Benedict. Luego, se llevó a baño María por 4 minutos. Se formó un precipitado anaranjado intenso, que es indicativo de la presencia de azúcares reductores de manera regular (Miranda y Cuellar, 2000).

#### **3.4.7 Ensayo de cloruro férrico (compuestos fenólicos y/o taninos)**

En un tubo de ensayo se agregaron 2 mL del extracto alcohólico y 3 gotas de tricloruro férrico al 5% en solución fisiológica salina. El extracto se tornó acuoso, así que implica que el ensayo tiene principalmente la presencia abundante de taninos con un color rojizo al final de la reacción (Miranda y Cuellar, 2000).

#### **3.4.8 Ensayo de la ninhidrina (aminoácidos y aminos)**

Se colocó 2 mL del extracto alcohólico en un tubo de ensayo y se mezclaron con 2 mL de una solución de ninhidrina al 2% en agua. La solución se calentó durante 5 a 10 minutos en baño María. Se tornó de color morado intenso, que indicó la presencia abundante de aminoácidos y aminos (Miranda y Cuellar, 2000).

#### **3.4.9 Ensayo de Shinoda (flavonoides)**

Se colocó 1 mL del extracto alcohólico a un tubo de ensayo, se agregó 1 mL de ácido clorhídrico concentrado y un pedazo de cinta de magnesio metálico. Luego, se dejó reposar durante 5 minutos y se añadió 1 ml de alcohol amílico. Se mezclaron las fases y se dejaron en reposo hasta su separación. La solución se tornó de un color rojizo, indicativo de la presencia regular de flavonoides (Miranda y Cuellar, 2000).

#### **3.4.10 Ensayo de resinas**

En un tubo de ensayo se colocó 1 mL del extracto alcohólico y se agregaron 5 mL de agua destilada. No se formó ningún precipitado lechoso, así que no hubo presencia de resinas (Miranda y Cuellar, 2000).

### **3.5 Metodología para la determinación de proteínas solubles - método de Lowry**

#### **3.5.1 Preparación del reactivo de Lowry**

Para la preparación del reactivo de Lowry, se usó 50 mL de carbonato sódico al 2%, 0,5 mL de sulfato cúprico 1% y 0,5 mL de tartrato sódico-potásico 2%. (Anexo 4)

#### **3.5.2 Curva espectral**

Viene a ser el proceso de determinación de la densidad óptica de mayor valor, que indicó a qué longitud de onda se tuvo que proceder con el análisis, para ello se determinó a diferentes longitudes de onda los diversos valores de absorbancia, los que luego fueron graficados. (Anexo 5)

#### **3.5.3 Curva de calibración**

Para determinar la curva de calibración, se utilizó como estándar la albúmina de suero bovino QP, al que luego se le realizaron diversas diluciones obteniendo concentraciones de 0,2, 0,3, 0,4, 0,6 y 0,7 %, agregando 5 mL del reactivo de Lowry y 0,5 ml de Folin Ciocalteau.

Finalmente se enrasó a 10 mL con agua destilada, se mezcló y se dejó en reposo durante 25 minutos, luego se determinó la absorbancia a 590 nm y, para cada dilución con el cual se determinó el factor de calibración. (Anexo 6)

#### **3.5.4 Determinación de proteínas solubles en la *Elodea potamogeton* (Bert.)**

Para la extracción de proteínas solubles en *Elodea potamogeton*, se pesó 1 gramo de la muestra triturada de hoja y de tallo, en las que se les agregó 30 mL del amortiguador fosfato de sodio y se lo llevó a un agitador mecánico por 1 hora.

Se filtró la muestra, luego se agregó 5 mL del reactivo de Lowry, más 0,5 de Folin-Ciocalteu, llevándose a un volumen total de 10 mL con agua destilada.

Finalmente, después de dejarlo en reposo durante 25 minutos, se llevó al espectrofotómetro para determinar su absorbancia a 590 nm  $\gamma$ , con cuyo valor multiplicado por el factor de calibración se obtuvo la concentración de proteínas solubles en *Eloдея potamogeton*, se realizaron 3 repeticiones. (Anexo 7)

### **3.6 Preparación del extracto hidroalcohólico para determinar fenoles y flavonoides en *Eloдея potamogeton* (Bert.)**

Para la obtención del extracto hidroalcohólico de la muestra, se procedió a secar bajo sombra por una semana, luego se trituró. La extracción fue por el método del macerado, luego de 10 días se filtró y eliminó los residuos de alcohol en baño María a 40 °C. (Anexo 9)

#### **3.6.1 Metodología para la cuantificación de fenoles totales por el método de Folin-Ciocalteu**

##### **3.6.1.1 Curva espectral para fenoles**

Fue la determinación de densidad óptica mediante la lectura de absorbancias a diferentes longitudes de onda, obteniéndose de esa manera la máxima absorbancia para los análisis correspondientes. (Anexo 11)

##### **3.6.1.2 Curva de calibración**

Para la elaboración de la curva de calibración se utilizó como estándar el ácido gálico, a una concentración de 50 mg EAG/L, a partir del cual se prepararon diluciones de 1,3, 6,8,10, 12 y 14 mg EAG/L.

Luego se tomó 1 mL de cada dilución y se agregó 1 mL de Folin-Ciocalteu 1N, 1,25 mL de Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> al 20%, enrasando con agua destilada a 10 mL, mezclando y dejando en reposo por una hora y finalmente se hizo la lectura al espectrofotómetro a 705 nm  $\gamma$ . (Anexo 12)

##### **3.6.1.3 Determinación de la concentración de fenoles en la muestra**

A 1 mL del extracto, tanto de hojas y tallos, se agregó 1 mL de Folin, 1,25 mL de Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, llevado a volumen final a 10 mL con agua destilada.

Se mezcló y se dejó en reposo por 1 hora.

Finalmente se procedió a leer su absorbancia a 705 nm  $\gamma$ , con cuyo valor multiplicado por el factor de calibración se obtuvo la concentración de fenoles en *Eloдея potamogeton*, se realizaron 3 repeticiones. (Anexo 13)

### **3.6.2 Metodología para la cuantificación de flavonoides totales por el método de Kostennikova Z.**

#### **3.6.2.1 Curva espectral de flavonoides**

Es la determinación de la densidad óptica mediante la lectura de absorbancias a diferentes longitudes de onda, observándose de esa manera la máxima absorbancia para los análisis correspondientes. (Anexo 16)

#### **3.6.2.2 Curva de calibración**

Para la elaboración de la curva de calibración se utilizó como estándar la quercetina, a una concentración de 40 mg/mL, a partir del cual se prepararon diluciones de 3, 5, 10 y 20  $\mu\text{L/mL}$ .

Luego se tomó 1 mL de cada dilución y se agregó 200  $\mu\text{L}$  de acetato de sodio 1M, 200  $\mu\text{L}$  de  $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$ , enrasando con alcohol al 80% a 10 mL, mezclando y dejando en reposo por 40 minutos, y finalmente leyendo al espectrofotómetro a 435 nm  $\gamma$ . (Anexo 17)

#### **3.6.2.3 Determinación de la concentración de flavonoides en la *Elodea potamogeton***

A 1 mL del extracto tanto de hojas y tallos, se agregó 200  $\mu\text{L}$  de acetato de sodio, más 200  $\mu\text{L}$  de nitrato de aluminio, llevado a volumen final de 10 mL con alcohol al 80%.

Se mezcló y se dejó en reposo por 40 minutos.

Finalmente, se procedió a leer su absorbancia a 435 nm  $\gamma$ , con cuyo valor multiplicado por el factor de calibración se obtuvo la concentración de flavonoides en *Elodea potamogeton*, se realizaron 3 repeticiones. (Anexo 18)

### **3.7 Análisis estadístico**

Se expresó en promedio los resultados del contenido de proteínas, fenoles y flavonoides, usando la estadística descriptiva, como también fueron representados en tablas y figuras. (Anexo 8, 14 y 19)

#### IV. RESULTADOS

**Tabla 1.**

*Tamizaje fitoquímico del extracto hidroalcohólico de la Elodea potamogeton (Bert.)*

<b>Metabolitos</b>	<b>Ensayo</b>	<b>Resultados</b>	<b>Especificación</b>
Alcaloides	Dragendorff	++	Opaco, turbio
Cumarinas	Baljet	+	Precipitado rojo
Quinonas	Borntrager	+	Rosado tenue
Triterpenos/esteroides	Liebermann	+++	Verde oscuro
Catequinas	Catequinas	-	Fluorescencia azul
Azúcares	Benedict	++	Anaranjado intenso
Fenoles/taninos	Cloruro férrico	+++	Extracto acuoso
Aminoácidos/aminas	Ninhidrina	+++	Morado intenso
Flavonoides	Shinoda	++	Rojizo
Resinas	Resinas	-	No hubo precipitado

**Leyenda:** (-): Ausente, (+): Escaso, (++) Regular, (+++): Abundante

**Tabla 2.**

*Concentración y desviación estándar de **proteínas** en el tallo y hoja de la *Elodea potamogeton* (Bert.)*

	<b>Promedio [mg/mL]</b>	<b>Desv. estándar</b>
<b>Tallo</b>	19,544	0,1000
<b>Hoja</b>	21,430	0,0970

En la tabla 2 se evidencia un promedio de 19,54 mg/mL de proteínas solubles en el tallo de *Elodea potamogeton* (Bert.), y en la hoja 21,43 mg/mL.

**Tabla 3.**

*Concentración y desviación estándar de flavonoides en el tallo y hoja de la Elodea potamogeton (Bert.)*

	<b>Promedio [ug EQ/mL]</b>	<b>Desv. estándar</b>
<b>Tallo</b>	14,004	0,0565
<b>Hoja</b>	35,191	0,0636

En la tabla 3, se evidencia un promedio de 14,004 ug EQ/mL de flavonoides en el tallo de *Elodea potamogeton* (Bert.), y en la hoja 35,191 ug EQ/mL.

**Tabla 4.**

*Concentración y desviación estándar de **fenoles** en el tallo y hoja de la *Elodea potamogeton* (Bert.)*

	<b>Promedio [mg EAG/mL]</b>	<b>Desv. estándar</b>
<b>Tallo</b>	17,32	0,0955
<b>Hoja</b>	20,72	0,0850

En la tabla 4, se evidencia un promedio de 17,32 mg EAG/mL de fenoles en el tallo de *Elodea potamogeton* (Bert.), y en la hoja 20,72 mg EAG/mL.

## V. DISCUSIÓN

La diversidad de metabolitos y otros compuestos que se encuentran en la “elodea” son de vital importancia para las industrias. Sin embargo, por los pocos estudios dados en esta especie, hace que se minimice su potencial para diversos mercados. Esta planta acuática no solo es importante por el propósito que cumple en el ecosistema, como refugio para algunas especies o alimento de otras; sino también, se puede llegar a favorecer directamente a la economía del hombre.

Se realizó una prueba presuntiva mediante el tamizaje fitoquímico, donde se determinó el contenido de metabolitos, que es un ensayo in vitro que facilita la valoración del potencial ecológico de las plantas y ofrece la posibilidad de descubrir e identificar moléculas nuevas de relevancia farmacológica. Además, promueve la preservación y la protección de los ecosistemas, especialmente en hábitats poco alterados y analizados, como los brotes rocosos (Arones et al., 2022).

En la tabla 01 del tamizaje fitoquímico, se pudo evidenciar en los diferentes ensayos realizados como prueba presuntiva cualitativa, unos 10 metabolitos, donde 8 de ellos sí tienen presencia en la *Elodea potamogeton*. Los metabolitos donde se observó la presencia en un nivel abundante (+++) fueron los triterpenos/esteroides, los compuestos fenólicos/taninos y los aminoácidos/aminas; en el nivel regular (++) se encontraron a los alcaloides, azúcares y flavonoides; en el nivel escaso (+) están las cumarinas y las quinonas; y, por último, se hicieron 2 ensayos más donde no se obtuvieron resultados positivos, estos son las catequinas y las resinas, que expresa la ausencia (-) de estos metabolitos en la muestra.

Rodés, et al. (2015), en su estudio con *Dichrostachys cinerea*, tuvo presencia muy abundante de cumarinas, donde estuvieron presentes los triterpenos, aminoácidos y fenoles; sin embargo, en esa planta hubo ausencia de

alcaloides, quinonas y flavonoides. Al igual que en mi experimentación, tampoco hubo presencia de resinas.

Más Toro, et al. (2017), realizaron un estudio con 4 plantas (*Moringa oleifera*, *Psidium guajava*, *Anacardium occidentale* y *Morinda citrifolia*), donde las quinonas son muy abundantes en todas las muestras; y, los triterpenos y esteroides, aminoácidos, fenoles y taninos, también tienen presencia escasa en las muestras.

En las hojas y tallos de la *Elodea potamogeton*, se demostró la presencia de proteínas, fenoles y flavonoides. Se usó diferentes métodos y reactivos para hallar cada contenido de manera cuantitativa.

Las proteínas representan las macromoléculas más presentes, en todas las células. Las proteínas existen en una amplia gama de formas y dimensiones, desde pequeños péptidos hasta grandes polímeros, demostrando también una amplia gama de funciones biológicas (Nelson & Cox, 2000).

Son fundamentales para la estructura básica de miles de proteínas; todas ellas se forman a partir de 20 aminoácidos, vinculados de manera covalente en secuencias lineales. Entre estos 20, varios seres vivos tienen la capacidad de generar una variedad de productos como enzimas, hormonas, anticuerpos, tejido muscular y otros compuestos con diferentes funciones biológicas (Maynard y Warner, 1979); (Church, 1994).

En la tabla 02, se observó que el contenido de proteínas obtenidos fue de 21,430 mg/mL en hojas y 19,545 mg/mL en tallos de *Elodea potamogeton*. Según Cutili (2012), en su estudio para la alimentación bovina con *Elodea potamogeton*, obtuvo un contenido de proteína de 17,8 mg/mL. En la investigación de Franco (1981), se obtuvo 15.94% de proteína donde reportan que la “elodea” tiene mayor valor nutritivo que otras especies de plantas acuáticas. Huacasi (2016), obtuvo 19.31 mg/mL de proteína en *Elodea potamogeton* para su uso como alimento de cuyes. En otra investigación, el porcentaje de proteína en la *Azolla*, presenta 28 mg/mL de proteína, siendo mayor con respecto a la *Salvinia* que tiene un aproximado de 16% de proteína, en el estudio realizado por Rosales, et al. (2002). También, la *Lemna gibba* es un ejemplo de planta acuática con alto porcentaje de proteína, que según el estudio de Gutiérrez et al. (2001), mencionan que tiene 27,82 mg/mL. La *Lemna minor L.* presenta 38 mg/mL de proteína en el estudio hecho por Arroyave (2004). Todos estos resultados concuerdan y son similares con mis valores, esto nos demuestra que la *Elodea potamogeton* tiene un

porcentaje muy alto de proteínas con respecto a otras plantas, teniendo potencial para el incremento del valor nutricional en diversos productos alimenticios; además que en las hojas se obtuvo mayor contenido por la actividad metabólica debida a las enzimas fotosintéticas.

Para la curva de calibración de fenoles, en teoría, se usa a una longitud de onda de 760 nm; en el trabajo realizado con la curva espectral se estimó que el pico más alto a la que el espectrofotómetro lee la absorbancia, es de 705 nm, siendo menor.

Para la curva de calibración de flavonoides, en teoría, se usa a una longitud de onda de 415 nm; en el trabajo realizado en laboratorio, con la curva espectral se estimó que el pico más alto a la que el espectrofotómetro lee la absorbancia, es de 435 nm, un mayor valor.

Se realizó la cuantificación de flavonoides y fenoles mediante el extracto hidroalcohólico por el método de maceración, como se mostró en los resultados de las concentraciones de flavonoides en la tabla 03 del tallo son de 14,004 ug EQ/mL y en las hojas son de 35,190 ug EQ/mL. Y los resultados que se observan en la tabla 04, son las concentraciones de fenoles donde se presentó que los tallos tienen 17,32 mg EAG/mL y las hojas 20,71 mg EAG/mL.

Cabrera et al. (2017), en su experimentación para la cuantificación de fenoles y flavonoides de la *Moringa oleifera Lam.*, obtuvo un promedio de 13,32 y 23.34 mg/g respectivamente.

Gracia (2009), obtuvo un resultado de fenoles y flavonoides de 7 plantas, con el valor más alto en ambos casos en *Chiranthodendron pentadactylon*, con 221,5 y 164,2 mg/g respectivamente; seguida del *Dracocephalum* con 110,2 mg/g de fenoles y 71,1 mg/g de flavonoides; después el *Damianaturnera diffusa willd*, teniendo 61,7 y 25,9 mg/g respectivamente; el "taxodio" obtuvo valores de 50,1 mg/g de fenoles y 17,5 mg/g de flavonoides; los "berros" tienen 41,7 mg/g de fenoles y 2,3 mg/g de flavonoides, siendo la planta con menor contenido de flavonoides de este estudio; la *Malva sylvestris*, 21,1 mg/g de fenoles y 8,7 mg/g de flavonoides; y, por último, el *Chenopodium murale*, con 19,8 y 12,96 mg/g respectivamente, siendo la planta que menor contenido de fenoles presenta en este estudio.

En el presente trabajo se pudo observar que las proteínas, los fenoles y flavonoides tuvieron una mayor concentración en las hojas, al contrario que en los tallos, donde se obtuvo una menor concentración en *Elodea potamogeton*.

La diferencia de estos metabolitos entre las hojas y tallos, inciden principalmente por razones fisiológicas, ecológicas y bioquímicas. Las hojas, al estar expuestas directamente a la luz solar, presentan mayor acumulación de metabolitos secundarios, a diferencia del tallo, que se encuentra parcialmente protegido por las hojas, lo que da como consecuencia menor radiación solar. También las hojas al presentar una estructura más blanda, es más susceptible al ataque de herbívoros y otros microorganismos; así que, estos metabolitos actúan como compuestos de defensa química. Además, los tallos, al poseer menos cloroplastos, tiene menor producción de compuestos secundarios, y cumple una función estructural.

## VI. CONCLUSIONES

- La concentración de fenoles en hojas de *Elodea potamogeton* fue de 20,72 y en tallos fue de 17,32 mg EAG/mL.
- La concentración de flavonoides en hojas de *Elodea potamogeton* 35,191 y en tallos fue de 14,004 ug EQ/mL.
- La concentración de proteínas en hojas de *Elodea potamogeton* 21,430 y en tallos fue de 19,545 mg/mL.
- El tamizaje fitoquímico se realizó con extracto hidroalcohólico para poder hallar la presencia de metabolitos en la *Elodea potamogeton*, siendo los más importantes: triterpenos/esteroides, fenoles/taninos, aminoácidos/aminas y flavonoides en *Elodea potamogeton*, este tamizaje fue una prueba presuntiva para determinar el contenido de estos metabolitos en la muestra.

## VII. RECOMENDACIONES

- Tomar muestras de *Elodea potamogeton* en diferentes estaciones del año y en diferentes cuerpos lénticos de la región.
- Evaluar las concentraciones de más metabolitos secundarios en la *Elodea potamogeton*.
- Realizar el estudio en diferentes estadios de *Elodea potamogeton*.

## VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aronés Jara, M. R., Cardenas Landeo, E., Molero, H., Vilcatoma, S. & Quispe, M. (2022). *Tamizaje fitoquímico, contenido de compuestos fenólicos y potencial antioxidante de trece plantas medicinales de los afloramientos rocosos del Bosque de Piedras de Huaraca en Perú*. Revista de la Sociedad Química del Perú. 88. 10.37761/rsqp.v88i2.388. DOI: 10.37761/rsqp.v88i2.388
- Arroyave, M. (2004). *La lenteja de agua (Lemna minor L.): Una planta acuática promisoría*. Revista EIA, (1), 33-38. [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1794-12372004000100004&lng=en&tlng=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1794-12372004000100004&lng=en&tlng=es).
- Baca, A., Calderon, V., & W.,W. (1963). *Digestibility of "llacho" (Elodea sp. and Ranunculus sp.) by sheep*. 19691401466, Spanish, Journal article, 18–20, Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria, Universidad nacional mayor de San Marcos, (160–170). <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.5555/19691401466>
- Blanco Labra, A., & Aguirre Mancilla, C. (2002). Proteínas involucradas en los Mecanismos de Defensa de Plantas. Acta Universitaria, 12(3), 3-28. <https://www.redalyc.org/pdf/416/41612201.pdf>
- Borisova, G.G., Chukina, N.V., Maleva, M.G. et al. (2017). Acumulación de metales pesados en hojas de hidrófitos sumergidos (*Elodea canadensis Michx.* y *Perfoliato de potamogetón L.*) y sus respuestas al efecto de las aguas residuales de una planta metalúrgica. Agua Interior Biol 10176–181. <https://doi.org/10.1134/S1995082917020031>
- Cabrera Carrión, J. L., Jaramillo Jaramillo, C., Dután Torres, F., Cun Carrión, J., García, P., A., & Rojas de Astudillo, L., (2017). Variación del contenido de alcaloides, fenoles, flavonoides y taninos en *Moringa oleifera Lam.* en función de su edad y altura. Bioagro, 29(1), 53-60. [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1316-33612017000100006&lng=es&tlng=es](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-33612017000100006&lng=es&tlng=es).
- Celis Hidalgo, J., Junod Montano, J., & Sandoval Estrada, M. (2005). Recientes aplicaciones de la depuración de aguas residuales con plantas acuáticas. Theoria, 14(1), 17-25. <http://biblioteca.cehum.org/handle/123456789/405>
- Cervilla, L. M., Blasco, B., Rios, J. J., Rosales, M. A., Sanchez-Rodriguez, E., RubioWilhelmi, M. M., Romero, L., & Ruiz, J. M. (2012). *Parameters symptomatic for boron toxicity in leaves of tomato plants*. Journal of Botany, 2012, Article 726206. <https://doi.org/10.1155/2012/726206>
- Church, C. D. (1994). Fisiología Digestiva y Nutrición en Rumiante. Editorial Acribia, S. A. Zaragoza España. pp 123 - 150
- Cutili Lipa, A. J. (2012). Digestibilidad aparente de llachu (*Elodea potamogeton*) y totora (*Schoenoplectus totora*) en ganado bovino en la comunidad Belén provincia Omasuyos (Doctoral dissertation). <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/4434/T-1728.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
- Drago Serrano, M. E., (2007). *Flavonoides recombinantes de relevancia farmacéutica*. Revista Mexicana de Ciencias Farmacéuticas, 38(4), 42-47. <https://www.redalyc.org/pdf/579/57938407.pdf>
- Erhard, D., & Gross, E. M. (2006). Allelopathic activity of *Elodea canadensis* and *Elodea nuttallii* against epiphytes and phytoplankton. Aquatic Botany, 85(3), 203-211. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aquabot.2006.04.002>
- Espinosa, M.R. (1973). *La polinización de la Elodea Potamogeton (Bert)*. Revista chilena de historia natural.

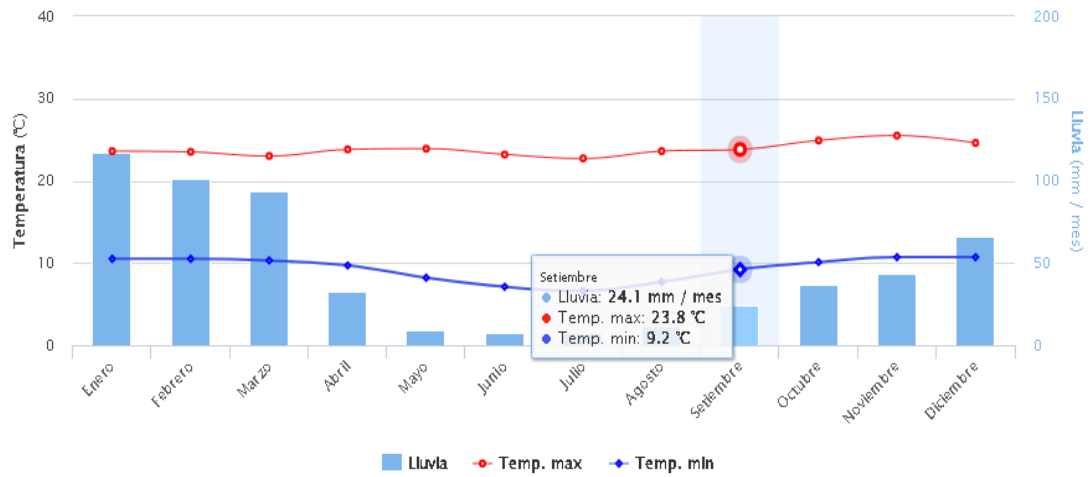
- Franco, A. (1981). Evaluación bromatológica de las especies forrajeras acuáticas del Lago Titicaca. Universidad Boliviana Mayor de San Andrés. <https://repositorio.umsa.bo/handle/123456789/5739?show=full>
- Freeman, D.C., Harper, K.T. & Charnov, E.L. (1980). Sex change in plants: Old and new observations and new hypotheses. *Oecologia* 47, 222–232. <https://doi.org/10.1007/BF00346825>
- Galán de Mera, A., Linares Perea, E., & Montoya Quino, J. (2021). Distribución de *Elodea potamogeton* (Bertero) Espinosa (Hydrocharitaceae) en el 31 Perú: Nueva localidad, biología floral y fitosociología. *Arnaldoa*, 28(3), 523-530. <https://dx.doi.org/10.22497/arnaldoa.283.28303>
- Gimeno, E. (2004). Compuestos fenólicos: Un análisis de sus beneficios para la salud. VOL 23 NÚM 6. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5325169>
- Gracia, M. (2009). Cuantificación de fenoles y flavonoides totales en extractos naturales. Universidad Autónoma de Querétaro. [https://www.uaq.mx/investigacion/difusion/veranos/memorias-2007/56\\_1UAQGarciaNava.pdf](https://www.uaq.mx/investigacion/difusion/veranos/memorias-2007/56_1UAQGarciaNava.pdf)
- Gutiérrez, K., Sanginés, L., Pérez, F., & Martínez, L. (2001). *Estudios del potencial de la planta acuática Lemna gibba en la alimentación de cerdos*. Revista Cubana de Ciencia Agrícola, 35 (4), 367-372. URL: <https://www.redalyc.org/pdf/1930/193018246009.pdf>
- Harborne, J. B., & Williams, C. A. (1993). Advances in flavonoid research. In *Phytochemistry* (Vol. 34, pp. 365-394). Academic Press. [https://doi.org/10.1016/S0031-9422\(00\)00235-1](https://doi.org/10.1016/S0031-9422(00)00235-1)
- Harris, D. C. (2016). Análisis químico cuantitativo (9ª ed.). McGraw-Hill.
- Huacasi, R. (2016). Evaluación del yana llachu fresco (*Elodea potamogeton*) como fuente de vitamina c en la alimentación de cuyes (*Cavia porcellus* L.). Universidad Nacional del Altiplano. URL: [https://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14082/18487/Huacasi\\_Huacasi\\_Reyna\\_Adelaida.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14082/18487/Huacasi_Huacasi_Reyna_Adelaida.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Kostennikova, T. S. (1981). A new method for the determination of flavonoids in plant materials. *Chemistry of Natural Compounds*, 17(2), 214-218. <https://doi.org/10.1007/BF00501748>
- Lara, M.V.; Casati, P.; & Andreo C.S. (2008). Fotosíntesis en plantas acuáticas: mecanismos de concentración del CO<sub>2</sub> en especies sumergidas. <https://exa.unne.edu.ar/biologia/fisiologia.vegetal/Fotosintesisenplantasacuaticas.pdf>
- Liu, R. H. (2004). *Potential synergy of phytochemicals in cancer prevention: Mechanism of action*. The Journal of Nutrition, 134(12), 3479S–3485S. <https://doi.org/10.1093/jn/134.12.3479S>
- Lowry, O. H., Rosebrough, N. J., Farr, A. L., & Randall, R. J. (1951). *Protein measurement with the Folin phenol reagent*. Journal of Biological Chemistry, 193(1), 265-275.
- Maldonado Jimenez, I., & Aparicio Saavedra, M. E. (2021). Estimación del almacenamiento de carbono en la biomasa de macrófitas en la Bahía interior de Puno, lago Titicaca. Ecosistemas y recursos agropecuarios, 8(2), e2848. <https://doi.org/10.19136/era.a8n2.2848>
- Más Toro, D., Martínez Aguilar, Y., Rodríguez Bertot, R., Pupo Torres, G., Rosabal Nava, O., & Olmo González, C. (2017). *Análisis preliminar de los metabolitos secundarios de polvos mixtos de hojas de plantas medicinales*. Revista Cubana de Plantas Medicinales, 22(1). [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1028-47962017000100005&lng=es&tlng=pt](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1028-47962017000100005&lng=es&tlng=pt)

- Maynard, L. B. & Warner. (1979). *Nutrición Animal*, 7º Ed. México pp 17.
- Mendoza, A. (2011). Actividad antioxidante del extracto hidroalcohólico de hojas, tallos y frutos de *Schinus molle* L. "molle", Ayacucho. <https://repositorio.unsch.edu.pe/server/api/core/bitstreams/04f24a92-81ee-4936-86b4-a881e74886e1/content>
- Miranda & Cuellar. (2000). *Manual de laboratorio; Farmacognosia y productos naturales*. Ciudad de la Habana.
- Nelson, D.L. & Cox, M. (2000). *Lehninger principles of biochemistry*. 3º Ed. New York, USA. Worth Publishers. 200 p.
- Peñarrieta, J. M., Tejeda, L., Mollinedo, P., Vila, J. L., & Bravo, J. A. (2014). *Compuestos fenólicos y su presencia en alimentos*. Revista Boliviana de Química, 31(2), 68-81. <https://www.redalyc.org/pdf/4263/426339682006.pdf>
- Raven, P. H., Evert, R. F., & Eichhorn, S. E. (1992). *Biología de las Plantas*. [https://books.google.com/cu/books?id=xvNd3udrh1YC&pg=PA363&hl=es&source=gbs\\_selected\\_pages&cad=1#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com/cu/books?id=xvNd3udrh1YC&pg=PA363&hl=es&source=gbs_selected_pages&cad=1#v=onepage&q&f=false)
- Rodés Reyes, S., Peña Fuentes, D., & Hermosilla Espinosa, R. (2015). *Tamizaje fitoquímico de extractos y tinturas al 20 % de la raíz y corteza de *Dichrostachys cinerea* L. (Marabú)*. Revista Cubana de Plantas Medicinales, 20(2), 156-166. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1028-47962015000200002&lng=es&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1028-47962015000200002&lng=es&tlng=es).
- Rosales, A., Quintero, J., Buritica, A., Londono, A., Sarria, P., Leterme, P., ... & Buldgen, A. (2002). Valor nutricional de las plantas acuáticas Azolla y Salvinia en cerdos. In XII Encuentro Nacional de Zootecnia. <https://orbi.uliege.be/bitstream/2268/32746/1/>
- Sculthorpe, C. D. (1967). *The Biology of Aquatic Vascular Plants*. <https://doi.org/10.1002/iroh.19680530207>
- SENAMHI. (2012). Pronóstico del tiempo para Ayacucho. <https://www.senamhi.gob.pe/main.php?dp=ayacucho&p=pronostico-detalle>
- Shackleton, R. T., David C. L., Brian, W., VanWilgen, D. M. (2015). *The impact of invasive alien *Prosopis* species (mesquite) on native plants in different environments in South Africa*. South African Journal of Botany, vol. 97, p. 25–31.
- Singleton, V. L., & Rossi, J. A. (1965). *Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents*. American Journal of Enology and Viticulture, 16(3), 144-158.
- Solomons, T. W. Graham, & Fryhle, Craig, B. (2014). *Organic Chemistry*. 11th Edition. [https://archive.org/details/SolomonsOrganicChemistry\\_201802/page/n583/mode/2up](https://archive.org/details/SolomonsOrganicChemistry_201802/page/n583/mode/2up)
- Skoog, D. A., West, D. M., Holler, F. J., & Crouch, S. R. (2007). *Fundamentos de química analítica* (8ª ed.). Cengage Learning.
- Van Loon, C. H. W. H., Meijer, T. L. A. M., Van Bodegom, E. C., & Van Der Ploeg, J. R. C. (2018). *The Role of the Aquatic Macrophyte *Elodea nuttallii* in Lake Ecosystems*. Hydrobiologia, 807(1), 89–103. <https://doi.org/10.1007/s10750-017-3356-6>
- Vargas, J. (2024). *El reactivo de Dragendorff: origen, historia e importancia*. Revista Médica Basadrina, 2024; 18(1): 52-57. ISSN-L 2077-0014. <https://doi.org/10.33326/26176068.2024.1.2104>

- Zehnsdorf, A., Andreas Hussner, F. E., H. R. & Arnulf Melzer. (2015). *Management options of invasive Elodea nuttallii and Elodea canadensis*. *Limnologica*, vol. 51, pp. 110-117.
- Zhang, X., Odgaard, R., Olesen, B., L. Lauridsen, T., Liboriussen, L., S. langrundergaard, M., ... Jeppesen, E. (2015). El calentamiento muestra efectos diferenciales en el crecimiento de finales de temporada y la capacidad competitiva de *Elodea canadensis* y *Potamogeton crispus* en lagos poco profundos. *Aguas Interiores*, 5(4), 421–432. <https://doi.org/10.5268/IW-5.4.830>

## **ANEXOS**

### Anexo 01. Comportamiento pluvial, temperatura máxima y mínima en Ayacucho



**Anexo 02.** Recolección de la *Elodea potamogeton*, secado y pulverizado de hojas y tallos



Se hizo la recolección de la "elodea" para proceder con su desinfección.



Disposición de hojas y tallos por separado.



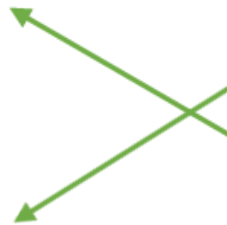
Tallos secos de la elodea



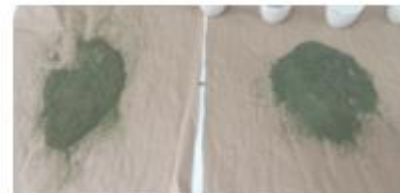
Hojas secas de la elodea



Secado completo de hojas y tallos en la estufa a 40 °C.



Disposición de tallos y hojas en papel Kraft para el secado en sombra.



Hojas y tallos triturados

**Anexo 03.** Procedimiento para el tamizaje fitoquímico del extracto hidroalcohólico de la *Elodea potamogeton*



Extracto hidroalcohólico de elodea para el tamizaje fitoquímico



Dilución de la "elodea" después de haber evaporado el alcohol en baño maría



Reactivos para el tamizaje fitoquímico



Disposición de 1 ml del extracto de "elodea" en tubos de ensayo



Para alcaloides se mostró un color anaranjado opaco



No se vio la presencia de catequinas por la fluorescencia azul turquesa



Coloración rojiza, indicativo de presencia de azúcares



Presencia de proteínas por la coloración morada intensa



Reacción espumosa por el HCL con la cinta de magnesio



Reacciones de los diferentes ensayos para determinar la presencia de metabolitos en la "elodea"

**Anexo 04.** Procedimiento para determinar el contenido de proteínas en "elodea"



Pesado de 1 gr de muestras pulverizadas de tallo y hoja de "elodea"



Buffer fosfato de sodio para determinar la curva de calibración para proteínas



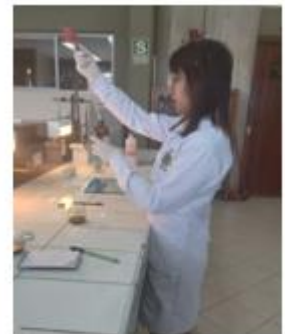
Muestra pulverizada de tallos y hojas



Tartrato sódico-potásico 2%, sulfato cúprico 1% y carbonato sódico 2% para preparar el reactivo de Lowry



Agitador mecánico para la mezcla de la muestra y el buffer



Agregado del buffer en la muestra



Preparación de las concentraciones para la determinación de la curva espectral y la curva de calibración para proteínas



Adición de albúmina de suero 0.1%



Reacción positiva para proteínas por la coloración azulada en las floras

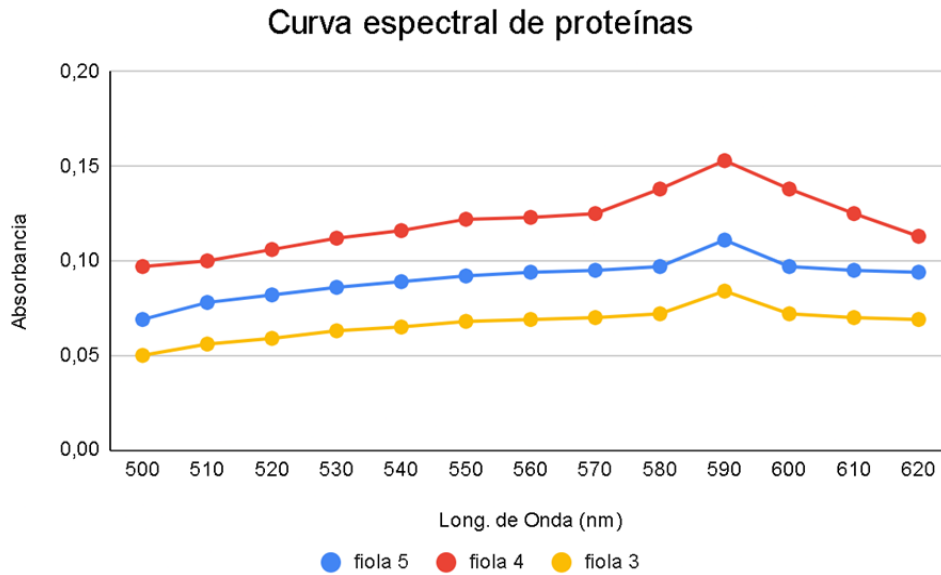


Preparación de la muestra de tallos y hojas para la lectura de absorbancia y determinación del contenido de proteínas



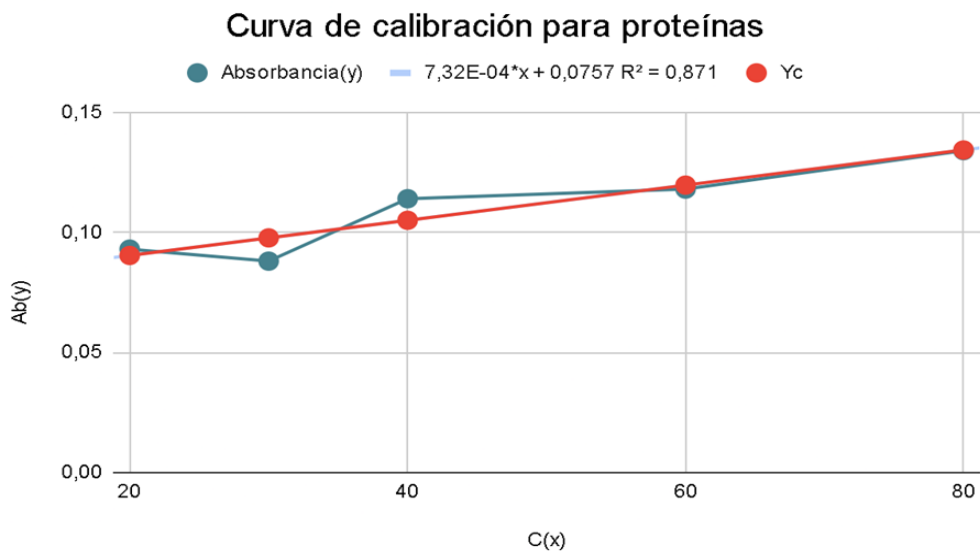
Espectrofotómetro para la lectura de absorbancia para la curva espectral y de calibración

**Anexo 05.** Curva espectral de proteínas



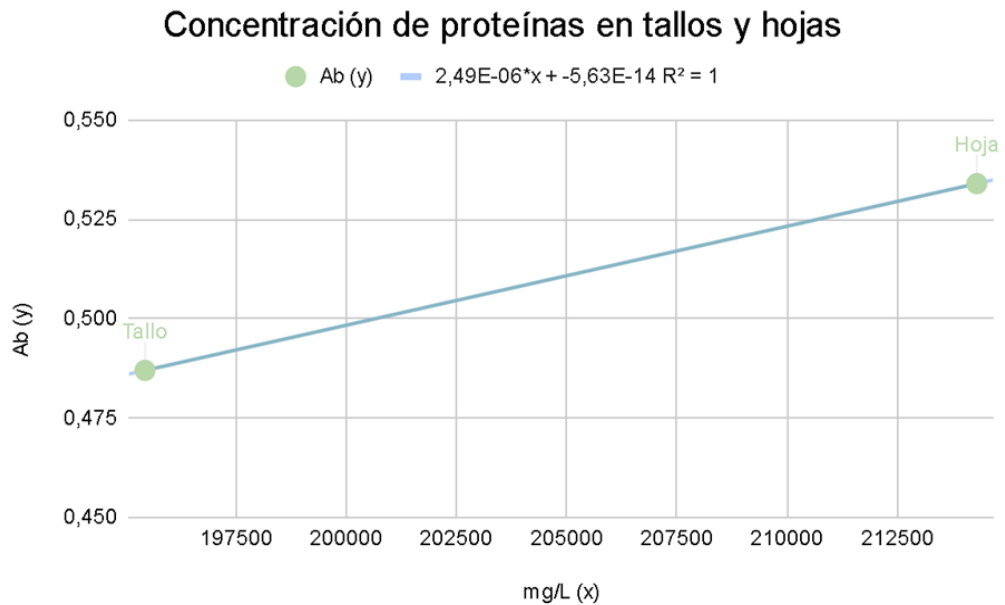
**Figura 01.** Curva espectral de 3 fiolas con diferentes concentraciones de reactivo de Lowry para la determinación de lectura de longitud de onda de proteínas. La longitud de onda más alta a la que lee el espectrofotómetro es de 590 nm.

**Anexo 06.** Curva de calibración para proteínas.



**Figura 02.** Curva de calibración de los 5 tubos frente a sus absorbancias y al “Yc” corregido, con un modelo de regresión de 87,1%.

**Anexo 07.** Concentración de proteínas en tallos y hojas



**Figura 03.** Concentración de proteínas de las hojas y tallos de *Elodea potamogeton* frente a sus absorbancias, dándonos una mayor concentración en hojas con 214299,9617 mg/L.

**Anexo 08.** Concentración, desviación estándar y promedio de las 3 repeticiones de *Elodea potamogeton* (Bert.), para proteínas

	R1	R2	R3	D.E	PROMEDIO
<b>Tallo</b>	19,5338	19,5438	19,5538	0,1000	19,5438
<b>Hoja</b>	21,4299	21,4397	21,4203	0,0970	21,4300

**Nota:** Multiplicación de la absorbancia y el factor de calibración para las 3 muestras de tallo y hoja de *Elodea potamogeton* y la desviación estándar de cada muestra para la determinación de proteínas.

**Anexo 09.** Procedimiento para la obtención del extracto de hojas y tallos de "elodea" para la determinación del contenido de fenoles y flavonoides



Disposición de hojas en un frasco ámbar



Muestras de tallo y hoja en extracto hidroalcohólico



Disposición del filtrado de la "elodea" en placas de Petri para llevarlos a baño maría a 40°C para la evaporación del alcohol



Filtrado de muestras de tallo y hoja después de 10 días



Muestra de hojas y tallos después de la evaporación en baño maría



Muestra de hojas y tallos diluidas en alcohol

**Anexo 10.** Procedimiento para realizar la curva espectral y de calibración para fenoles



Preparación de reactivos a diferentes concentraciones para realizar la curva espectral y de calibración para fenoles

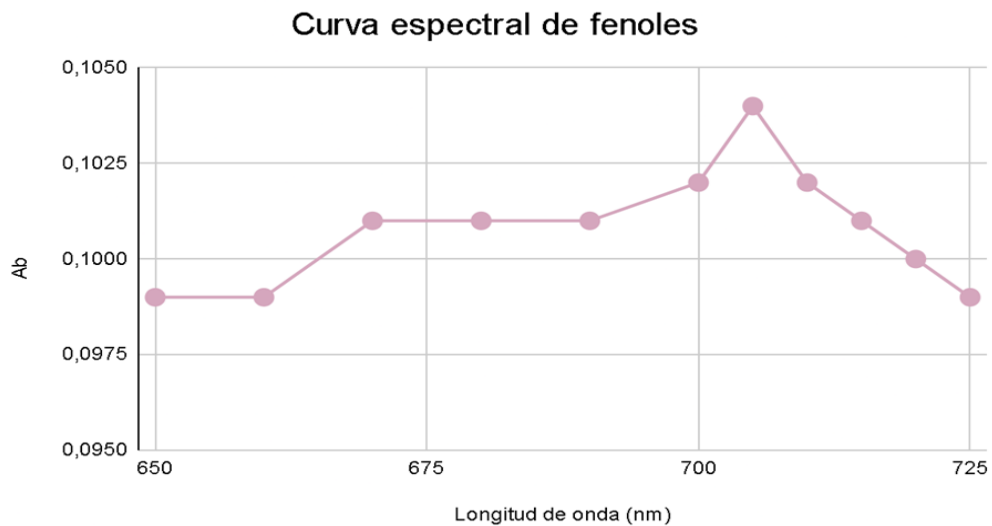


Estándar ácido gálico para determinación de la curva espectral y de calibración para fenoles



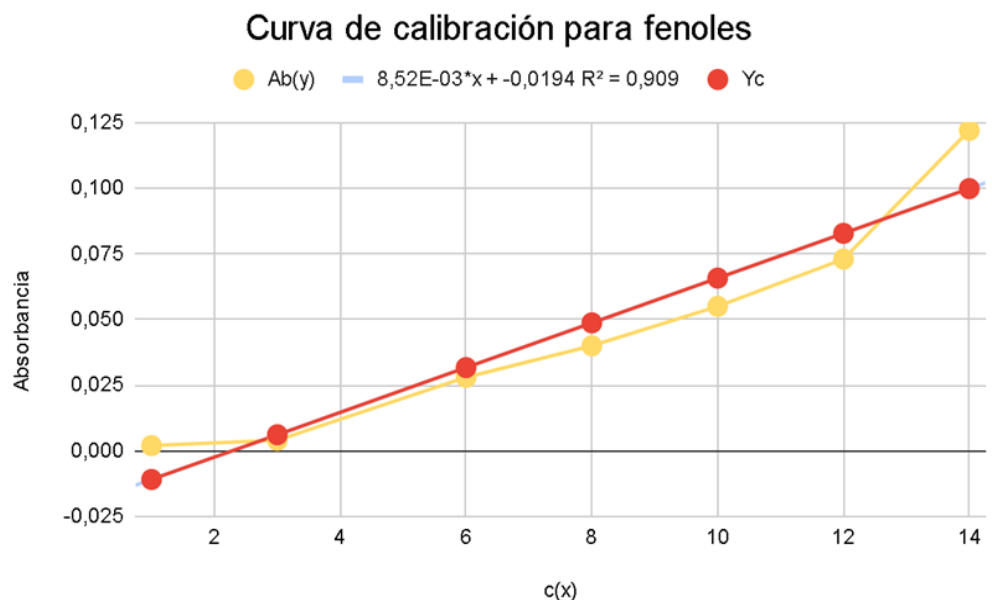
Muestra de hojas y tallos de elodea preparado con los reactivos para la determinación del contenido de fenoles y posterior lectura en el espectrofotómetro

### Anexo 11. Curva espectral de fenoles



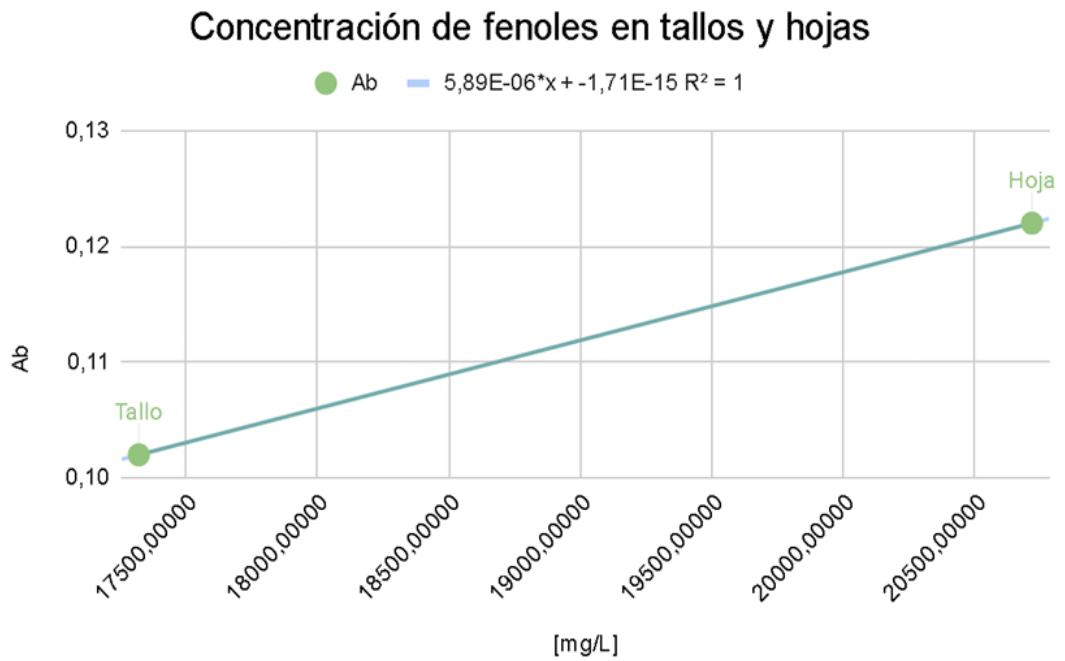
**Figura 04.** Curva espectral de una fiola con una concentración para la determinación de lectura de longitud de onda de fenoles. La longitud de onda más alta a la que lee el espectrofotómetro es de 705 nm.

### Anexo 12. Curva de calibración para fenoles



**Figura 05.** Curva de calibración de los 7 tubos frente a sus absorbancias y al “Y” corregido, con un modelo de regresión de 90,9%.

**Anexo 13.** Concentración de fenoles en tallos y hojas



**Figura 06.** Concentración de fenoles de las hojas y tallos de *Elodea potamogeton* frente a sus absorbancias, dándonos una mayor concentración en hojas con 20717,01336 mg/L.

**Anexo 14.** Concentración, desviación estándar y promedio de las 3 repeticiones de *Elodea potamogeton* (Bert.), para fenoles

	R1	R2	R3	D.E	PROMEDIO
<b>Tallo</b>	17,416	17,321	17,225	0,0955	17,321
<b>Hoja</b>	20,717	20,802	20,632	0,0850	20,717

**Nota:** Multiplicación de la absorbancia y el factor de calibración para las 3 muestras de tallo y hoja de *Elodea potamogeton* y la desviación estándar de cada muestra para la determinación de fenoles.

**Anexo 15.** Procedimiento para realizar la curva espectral y de calibración para flavonoides



Preparación de reactivos a diferentes concentraciones para determinar la curva espectral y de calibración para flavonoides

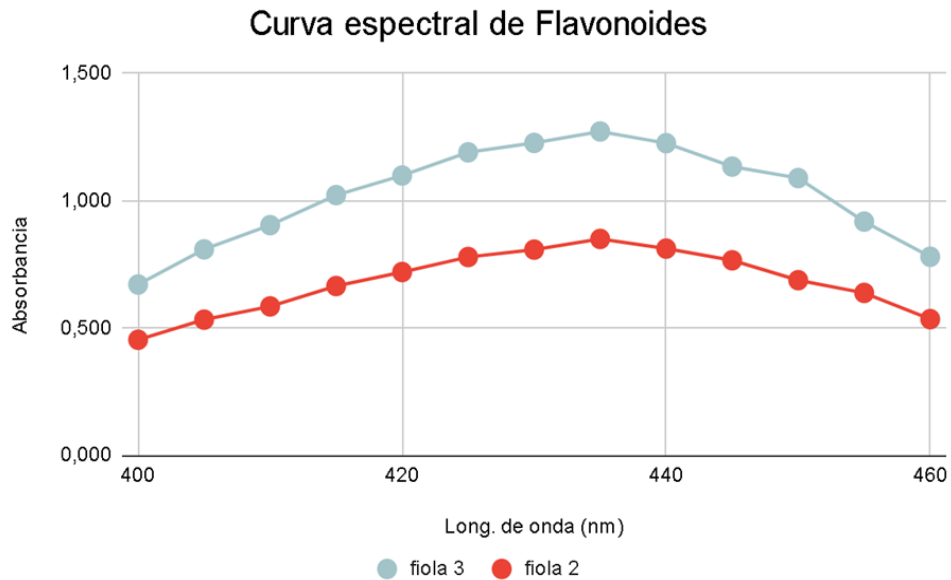


Estándar quercetina para la curva espectral y de calibración de flavonoides



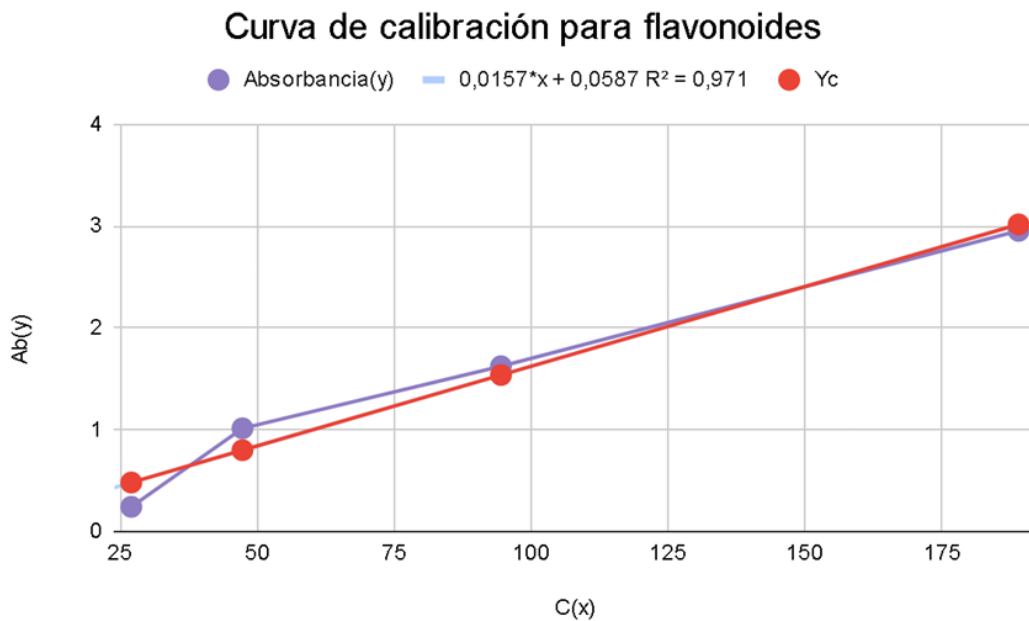
Muestra de hojas y tallos de "elodea" preparado con los reactivos para la determinación del contenido de flavonoides y posterior lectura en el espectrofotómetro

## Anexo 16. Curva espectral de flavonoides



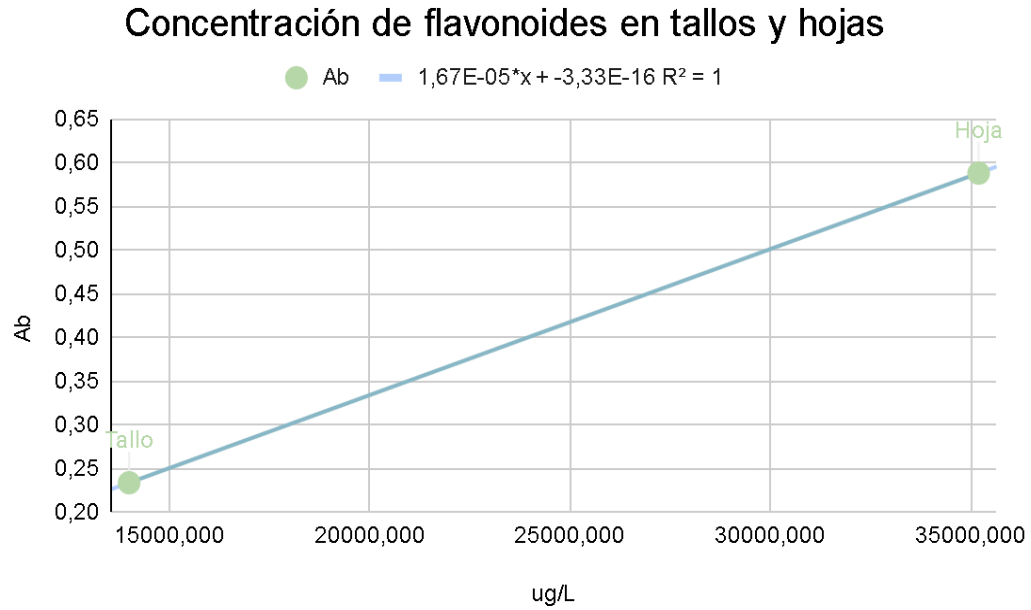
**Figura 07.** Curva espectral de 2 fiolas con diferentes concentraciones para la determinación de lectura de longitud de onda de flavonoides. La longitud de onda más alta a la que lee el espectrofotómetro es de 435 nm.

## Anexo 17. Curva de calibración para flavonoides



**Figura 08.** Curva de calibración de los 4 tubos frente a sus absorbancias y al “Y” corregido, con un modelo de regresión de 97,1%.

**Anexo 18.** Concentración de flavonoides en tallos y hojas



**Figura 09.** Concentración de flavonoides de las hojas y tallos de *Elodea potamogeton* frente a sus absorbancias, dándonos una mayor concentración en hojas con 35190,681 ug/L.

**Anexo 19.** Concentración, desviación estándar y promedio de las 3 repeticiones de *Elodea potamogeton* (Bert.), para flavonoides

	R1	R2	R3	D.E	PROMEDIO
<b>Tallo</b>	13,948	14,061	14,004	0,0565	14,004
<b>Hoja</b>	35,191	35,127	35,254	0,0635	35,191

**Nota:** Multiplicación de la absorbancia y el factor de calibración para las 3 muestras de tallo y hoja de *Elodea potamogeton* y la desviación estándar de cada muestra para la determinación de flavonoides.

## **CONSTANCIA**

### **LA BIOLOGA LAURA AUCASIME MEDINA ESPECIALISTA EN TAXONOMÍA Y SISTEMÁTICA DE PLANTAS DEJA CONSTANCIA:**

Que, la Bachiller en Ciencias Biológicas, Srta. Alba Milagros, URBANO NAJARRO, ha solicitado la identificación de una muestra vegetal para trabajo de tesis.

Dicha muestra ha sido estudiada y determinada según el Sistema de Clasificación de Cronquist. A. 1988. Siendo su taxonomía el siguiente:

DIVISIÓN	:	MAGNOLIOPHYTA
CLASE	:	LILIOPSIDA
SUB CLASE	:	ALISMATIDAE
ORDEN	:	HYDROCHARITALES
FAMILIA	:	HYDROCHARITACEAE
GENERO	:	Elodea
ESPECIE	:	<b><i>Elodea potamogeton</i> (Bert.)</b>
N.V.	:	"elodea"

Se expide la certificación correspondiente a solicitud de la interesada para los fines que estime conveniente.

Ayacucho, 20 de octubre del 2024

  
LAURA AUCASIME MEDINA  
BIÓLOGA  
Reg. C.B.P. N° 583 C.R. - XIII

Anexo 21. Matriz de consistencia

TÍTULO	PROBLEMA	OBJETIVOS	MARCO TEÓRICO	VARIABLES E INDICADORES	DISEÑO METODOLÓGICO
Contenido de fenoles, flavonoides y proteínas solubles en <i>Elodea potamogeton</i> (Bert.) Ayacucho - 2024	¿Cuál será el contenido de fenoles, flavonoides y proteínas solubles en <i>Elodea potamogeton</i> (Bert.)?	<p><b>Objetivo general</b> Evaluar el contenido de fenoles, flavonoides y proteínas solubles en <i>Elodea potamogeton</i> (Bert.).</p> <p><b>Objetivos específicos</b> - Determinar el contenido de fenoles en hojas y tallos de <i>Elodea potamogeton</i> (Bert.). - Determinar el contenido de flavonoides en hojas y tallos de <i>Elodea potamogeton</i> (Bert.). - Determinar el contenido de proteínas en hojas y tallos de <i>Elodea potamogeton</i> (Bert.). - Realizar el tamizaje fitoquímico de hojas y tallos de <i>Elodea potamogeton</i> (Bert.).</p>	La <i>Elodea sp.</i> es una planta acuática fundamental en los ecosistemas, ya que ofrece refugio a la fauna acuática, mejora la calidad del agua al filtrar nutrientes y contaminantes, y produce oxígeno esencial para la vida en el agua. Sus raíces estabilizan sedimentos, controlan la erosión y compiten por nutrientes, lo que puede limitar el crecimiento de especies invasoras. Además, forma parte de la red trófica, contribuye a la biodiversidad y se utiliza en estudios científicos y en la acuicultura. En resumen, la “elodea” es crucial para la salud y el equilibrio de los ecosistemas acuáticos (Van et al., 2018)	<p><b>Variable 1</b> Cuantificación de fenoles de <i>Elodea potamogeton</i> (Bert.). <b>Indicador</b> Fenoles (mg EAG/mL)</p> <p><b>Variable 2</b> Cuantificación de flavonoides de <i>Elodea potamogeton</i> (Bert.). <b>Indicador</b> Flavonoides (ug EQ/mL)</p> <p><b>Variable 3</b> Cuantificación de proteínas solubles de <i>Elodea potamogeton</i> (Bert.). <b>Indicador</b> Proteínas (mg/mL)</p>	<p><b>Tipo y diseño de investigación</b> Descriptivo y diseño no experimental</p> <p><b>Régimen de investigación</b> Libre</p> <p><b>Población</b> Plantas de <i>Elodea potamogeton</i> (Bert.).</p> <p><b>Muestra</b> 5 kg de tallos y hojas de <i>Elodea potamogeton</i> (Bert.).</p> <p><b>Metodología</b> -Recolección de las muestras. -Obtención del extracto hidroalcohólico. -Cuantificación de fenoles, flavonoides y proteínas</p> <p><b>Análisis estadístico</b> Se expresó en promedio usando la estadística descriptiva, como también fueron representados en tablas y figuras.</p>




ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS  
Bach. Alba Milagros URBANO NAJARRO  
RESOLUCIÓN DECANAL N° 158-2025-UNSCH-FCB-D

En la ciudad de Ayacucho, siendo las tres de la tarde del día viernes veintitrés de mayo del año dos mil veinticinco; se reunieron los miembros del Jurado Evaluador en el Auditorio de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, participando como presidente encargado el Dr. Segundo Tomás Castro Carranza con Resolución Decanal N° 157-2025-UNSCH-FCB con fecha dieciséis de mayo del año dos mil veinticinco, el Dr. Jesús Javier Ñaccha Urbano (miembro – jurado), la Mg. Roxana Karen Carhuaz Condori (miembro – jurado) el Dr. Raúl Antonio Mamani Aycachi (miembro – asesor), actuando como secretario docente el Mg. Luis Uriel Moscoso García; para presenciar la sustentación de tesis titulada: **Contenido de fenoles, flavonoides y proteínas solubles en *Elodea potamogeton* (Bert.) Ayacucho – 2024**, presentado por la Bach. Alba Milagros URBANO NAJARRO; el presidente luego de verificar la documentación presentada, indicó al secretario docente dar lectura a la documentación generada que refrenda el presente acto académico, luego de ello dispuso el inicio del acto de sustentación, indicando a la sustentante que dispone de cuarenta y cinco minutos para exponer su trabajo de investigación tal como establece en el Reglamento de Grados y Títulos de la Escuela Profesional de Biología de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. Culminada la exposición, el presidente invitó a cada uno de los Miembros del Jurado a participar con sus observaciones, sugerencias y preguntas a la sustentante. Culminada esta etapa, el presidente invitó a la sustentante y al público asistente a abandonar momentáneamente el Auditorio de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga para que los miembros del jurado evaluador puedan realizar las deliberaciones y calificaciones; cuyos resultados son los que se consignan a continuación:


Miembros del Jurado Evaluador	Exposición	Respuesta/preguntas	Promedio
Dr. Jesús Javier Ñaccha Urbano	16	16	16
Mg. Roxana Karen Carhuaz Condori	16	15	16
Dr. Raúl Antonio Mamani Aycachi	17	16	17
PROMEDIO			16

la sustentante alcanzó el promedio de 16 aprobatorio. Acto seguido, el presidente autorizó el ingreso de la sustentante y el público al Auditorio de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga dando a conocer los resultados e indicando que de este modo se da por finalizado el presente acto académico, siendo las cinco de la tarde; firmando al pie del presente en señal de conformidad.

  
Dr. Segundo Tomás Castro Carranza  
Presidente (e)

  
Dr. Jesús Javier Ñaccha Urbano  
Miembro - jurado

  
Mg. Roxana Karen Carhuaz Condori  
Miembro – jurado

  
Dr. Raúl Antonio Mamani Aycachi  
Miembro – asesor

  
Mg. Luis Uriel Moscoso García  
Secretario docente



FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS  
ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA

DECANATURA - ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE TESIS

N° 027-2025-FCB-D

Yo, FIDEL RODOLFO MUJICA LENGUA, Director de la Escuela Profesional de Biología de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga; autoridad encargada de verificar la tesis titulada: **Contenido de fenoles, flavonoides y proteínas solubles en *Elodea potamogeton* (Bert.) Ayacucho - 2024**, por ALBA MILAGROS URBANO NAJARRO; he constatado por medio del uso de la herramienta TURNITIN, procesado CON DEPÓSITO, una similitud de 8%, grado de coincidencia, menor a lo que determina la ausencia de plagio definido por el Reglamento de Originalidad de Trabajos de Investigación de la UNSCH, aprobado con Resolución del Consejo Universitario N° 039-2021-UNSCH-CU.

En consecuencia, la tesis cumple con las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. Se acompaña el INFORME FINAL DE TURNITIN correspondiente.

Ayacucho, 12 de junio de 2025.

  
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA  
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS  
Escuela Profesional de Biología  
Dr. Fidel R. Mujica Lengua  
DIRECTOR

# Contenido de fenoles, flavonoides y proteínas solubles en Elodea potamogeton (Bert.) Ayacucho - 2024

*por* ALBA MILAGROS URBANO NAJARRO

---

**Fecha de entrega:** 05-jun-2025 07:48a.m. (UTC-0500)

**Identificador de la entrega:** 2692712118

**Nombre del archivo:** 3A\_URBANO\_NAJARRO-Alba\_Milagros-pregrado-2025\_TURNITIN.docx (2.3M)

**Total de palabras:** 8701

**Total de caracteres:** 46934

# Contenido de fenoles, flavonoides y proteínas solubles en Elodea potamogeton (Bert.) Ayacucho - 2024

## INFORME DE ORIGINALIDAD

8%

INDICE DE SIMILITUD

7%

FUENTES DE INTERNET

1%

PUBLICACIONES

5%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Trabajo del estudiante	3%
2	repositorio.unap.edu.pe Fuente de Internet	2%
3	repositorio.unsch.edu.pe Fuente de Internet	1%
4	www.scielo.org.mx Fuente de Internet	1%
5	dspace.utpl.edu.ec Fuente de Internet	1%
6	dspace.esPOCH.edu.ec Fuente de Internet	<1%

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias

< 30 words

Excluir bibliografía

Activo