

**UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRION**

**FACULTAD DE INGENIERIA**

**ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**



**TESIS**

**Pruebas de laboratorio para determinar la capacidad de absorción metálica**

**(Pb, Cu, Zn, Fe Y Cr) de la especie vegetal Hydrocotyle Vulgaris en**

**Tomayquichua – Huánuco, 2019**

**Para optar el título profesional de:**

**Ingeniero Ambiental:**

**Autor: Bach. Katerin Rosmery ROSALES SALAZAR**

**Asesor: Mg. Anderson MARCELO MANRIQUE**

**Cerro de Pasco – Perú – 2019**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRION**

**FACULTAD DE INGENIERIA**

**ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**



**TESIS**

**Pruebas de laboratorio para determinar la capacidad de absorción metálica**

**(Pb, Cu, Zn, Fe Y Cr) de la especie vegetal Hydrocotyle Vulgaris en**

**Tomayquichua – Huánuco, 2019**

**Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:**

---

**Mg. Julio Antonio ASTO LIÑAN**  
**PRESIDENTE**

---

**Mg. Eusebio ROQUE HUAMAN**  
**MIEMBRO**

---

**Mg. Luis Alberto PACHECO PEÑA**  
**MIEMBRO**

## **DEDICATORIA**

A mi madre Marlene Salazar Durand que con su apoyo incondicional me ha formado y me ha llenado de sabiduría para vencer los obstáculos más difíciles que he tenido que afrontar a lo largo de mi vida y a conseguir mi objetivo anhelado.

## RECONOCIMIENTO

La realización de esta investigación de tesis fue posible gracias a mi madre Marlene Salazar Durand a quien expreso mi eterna gratitud por todos los sacrificios que realizo por mí, esos gestos jamás se borrarán de mi mente y siempre los tendré presente.

Si hoy en día soy alguien profesional, se debe principalmente puesto que las lecciones más valiosas que adquirí, me las diste tú. Te amo con todas mis fuerzas.

Cuando la tristeza y pena se apoderaron de mí, tú estuviste junto a mí para darme fuerzas. En ningún momento me diste la espalda, conté con tu apoyo incondicional.

De igual forma, aprovecho la ocasión para ofrecerte mis sinceras disculpas si en alguna oportunidad te hice sufrir o llorar, sabes que nunca tendría la intención de herirte.

Todo lo que he conseguido en este mundo te lo debo a ti, ya que sin tu apoyo nunca hubiese alcanzado mis metas.

Cuando sentía que todo se derrumbaba y que mis sueños se escapaban, me alentaste.

Querida Mamita desde siempre has sido mi fuente de inspiración.

## RESUMEN

El presente estudio de investigación se llevó a cabo en la ciudad de Tomayquichua.

Las muestras se analizaron por medio del Equipo de Absorción Atómica Spektra AA de la Universidad Nacional Agraria de la Selva de Tingo María, con el objetivo de determinar la concentración de los metales pesados plomo, cobre, zinc, hierro y cromo, lo que determinó el poder o capacidad de extracción metálica de la especie vegetal acuática la *Hidrocotyle Vulgaris* o redondito acuático.

Como resultado obtenido, puede decir que este método de fitorremediación, es una gran alternativa para tratar aguas de lagunas y ríos; por la gran capacidad de absorción que tienen los redonditos acuáticos sobre los metales pesados.

Un resumen de la investigación es el resultado de las siguientes afirmaciones:

1. Se demuestra la posibilidad técnica de biorremediar aguas de río y lagunas empleando redonditos acuáticos para mitigar el problema de contenidos metálicos en las aguas mencionadas. Definitivamente, el contenido metálico se ve reducido empleando la *Hidrocotyle Vulgaris*.

2.- La extracción de metales pesados se prueba en 12 semanas consecutivas con fines de investigación y es el cobre que demostró ser el elemento más sensible a la extracción metálica con 95 % de rendimiento

Se demuestra así que los redonditos acuáticos tienen mayor capacidad de absorción para el cobre. Se suspendieron las pruebas debido a que este elemento prácticamente se agotó a la 12va semana (según la línea de tendencia el consumo total de cobre, sería a las 12,5va semana).

3.- En todas las pruebas se añadieron los nutrientes necesarios para desarrollar el crecimiento de las plantas. El oxígeno añadido con una pequeña bomba de pecera fue permanente durante las 12 semanas evitando la generación de gases de mal olor.

4.- El tratamiento estadístico indica que las correlaciones tiempo vs extracción metálica son lineales en la extracción de todos los elementos sometidos a la investigación, con un valor de  $R^2$  cerca a la unidad.

5.- El rendimiento de extracción, en orden descendente para cada metal, es el siguiente:

- Cobre ... 95%
- Zinc..... 70%
- Hierro .... 52%
- Plomo.... 49,6%
- Cromo ....25,5%

**Palabras clave:** Fitorremediación, redondito acuático, Pruebas de laboratorio absorción metálica y metales pesados.

## ABSTRACT

The present research study was carried out in the city of Tomayquichua.

The samples were analyzed by means of the Spektra AA Atomic Absorption Team of the National Agrarian University of the Tingo Maria Jungle, in order to determine the concentration of the heavy metals lead, copper, zinc, iron and chromium, which determined the power or metal extraction capacity of the aquatic plant species the *Hydrocotyle Vulgaris* or aquatic round.

As a result, you can say that this method of phytoremediation is a great alternative to treat lagoon and river waters; due to the great absorption capacity that aquatic rounds have on heavy metals.

A summary of the investigation is the result of the following statements:

1. The technical possibility of bioremediating river waters and lagoons is demonstrated by using aquatic rounds to mitigate the problem of metallic contents in the mentioned waters. Definitely, the metallic content is reduced using the *Hydrocotyle Vulgaris*.

2.- The extraction of heavy metals is tested in 12 consecutive weeks for research purposes and it is copper that proved to be the most sensitive element to metal extraction with 95% yield.

It is thus shown that aquatic rounds have greater absorption capacity for copper. The tests were suspended because this element was practically sold out at the 12th week (according to the trend line, the total copper consumption would be at the 12.5th week).

3.- In all the tests the necessary nutrients were added to develop the growth of the plants. The oxygen added with a small fish tank pump was permanent during the 12 weeks avoiding the generation of foul-smelling gases.

4.- The statistical treatment indicates that the time vs. metallic extraction correlations are linear in the extraction of all the elements submitted to the investigation, with a value of  $R^2$  near the unit.

5.- The extraction performance, in descending order for each metal, is as follows:

- Copper... 95%
- Zinc. ... .. 70%
- Iron .... 52%
- Lead.... 49.6%
- Chrome .... 25.5%

**Keywords:** Phytoremediation, aquatic round, Laboratory tests metal absorption and heavy metals.



## INTRODUCCION

En la presente investigación se emplea la fitorremediación para reducir la presencia de contenidos metálicos en aguas contaminadas con estos elementos y así mejorar la calidad hídrica de estos recursos naturales.

Para llevar a cabo la investigación, primero se procedió por acondicionar las plantas en un medio acuoso con nutrientes por 12 semanas consecutivas en una cubeta experimental de vidrio. En esta cubeta se añadió agua destilada exenta de metales pesados con una solución nutriente para el desarrollo de las plantas. La especie vegetal elegida para extraer los metales pesados es la *Hidrocotyle Vulgaris* o redondito acuático.

Se realizaron las pruebas para determinar la concentración de los metales presentes, durante el crecimiento de las plantas. Se aireó con una bombita de pecera para evitar las reacciones químicas de reducción que producen gases pestilentes como el  $H_2S$ ,  $NH_3$ ,  $CH_4$ , etc. Las pruebas de extracción se llevaron a cabo en la ciudad de Tomayquichua (Huánuco) y las especies químicas metálicas sometidas a prueba son:

Cu, Zn, Pb, Fe y Cr.

Con los resultados de esta investigación se recomendará el empleo de la *Hidrocotyle Vulgaris* para fitorremediar las aguas de los recursos hídricos naturales contaminados con los elementos metálicos en estudio.

## INDICE

DEDICATORIA

RECONOCIMIENTO

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN

INDICE

## CAPÍTULO I

### PROBLEMA DE INVESTIGACION

<b>1.1 Identificación y determinación del problema .....</b>	<b>1</b>
<b>1.2 Delimitación de la investigación.....</b>	<b>2</b>
<b>1.3 Formulación del problema .....</b>	<b>2</b>
<b>1.3.1 Problema general.....</b>	<b>2</b>
<b>1.3.2 Problemas específicos.....</b>	<b>2</b>
<b>1.4 Formulación de objetivos.....</b>	<b>3</b>
<b>1.4.1 Objetivo general .....</b>	<b>3</b>
<b>1.4.2 Objetivos específicos .....</b>	<b>3</b>
<b>1.5 Justificación de la investigación .....</b>	<b>3</b>
<b>1.6 Limitaciones de la investigación .....</b>	<b>6</b>

## CAPÍTULO II

### MARCO TEORICO

<b>2.1 Antecedentes de estudio .....</b>	<b>7</b>
<b>2.2 Bases teóricas - científicas.....</b>	<b>13</b>
<b>2.2.1 Plantas acuáticas .....</b>	<b>13</b>
<b>2.2.2 El Hidrocotyle Vulgaris o Redondito de agua .....</b>	<b>13</b>
<b>2.2.3 La Fitorremediación .....</b>	<b>15</b>
<b>2.3 Definición de términos básicos .....</b>	<b>16</b>

<b>2.4 Formulación de hipótesis .....</b>	<b>18</b>
<b>2.4.1 Hipótesis general .....</b>	<b>18</b>
<b>2.4.2 Hipótesis específicas .....</b>	<b>19</b>
<b>2.5 Identificación de las variables .....</b>	<b>19</b>
<b>2.6 Definición operacional de variables e indicadores .....</b>	<b>19</b>

### **CAPÍTULO III**

#### **METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN**

<b>3.1 Tipo de investigación.....</b>	<b>20</b>
<b>3.2 Métodos de investigación .....</b>	<b>20</b>
<b>3.3 Diseño de investigación .....</b>	<b>20</b>
<b>3.4 Población y muestra .....</b>	<b>20</b>
<b>3.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....</b>	<b>21</b>
<b>3.6 Técnicas de procedimientos y análisis de datos .....</b>	<b>21</b>
<b>3.7 Tratamiento estadístico.....</b>	<b>21</b>
<b>3.8 Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación.....</b>	<b>22</b>
<b>3.8.1 Equipo de absorción atómica empleado (unas) .....</b>	<b>22</b>
<b>3.9 Orientación ética .....</b>	<b>25</b>

### **CAPÍTULO IV**

#### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

<b>4.1 Descripción del trabajo de campo .....</b>	<b>26</b>
<b>4.1.1 Sales empleadas para la solución metálica.....</b>	<b>26</b>
<b>4.1.2 Cantidades de nutrientes .....</b>	<b>30</b>
<b>4.1.3 Preparación de las plantas para colocarlas en la cubeta .....</b>	<b>32</b>
<b>4.2 Presentación, análisis e interpretación de resultados .....</b>	<b>32</b>
<b>4.2.1 Fechas de Análisis.....</b>	<b>32</b>
<b>4.2.2 Análisis Físico-Químico por de absorción Atómica de la UNAS .....</b>	<b>33</b>
<b>4.3 Prueba de Hipótesis.....</b>	<b>34</b>

**4.4 Discusión de resultados.....35**

**Resumen de la absorción metálica .....40**

**CONCLUSIONES**

**RECOMENDACIONES**

**BIBLIOGRAFÍA**

**ANEXOS**

## CAPÍTULO I

### PROBLEMA DE INVESTIGACION

#### 1.1 Identificación y determinación del problema

Existe una preocupación por recuperar las fuentes hídricas contaminadas sin embargo en las últimas décadas se vienen realizando muchas investigaciones empleando plantas acuáticas (fitorremediación). Esta se basa en la capacidad de absorción que poseen las plantas acuáticas para mitigar concentraciones metálicas.

Existe una planta acuática que reúne las características necesarias para efectuar la remediación correspondiente, es la *Hidrocotyle Vulgaris*, con nombre común “redondito de agua”, especie vegetal abundante en zonas de climas templadas. Cuando las condiciones lo permiten esta planta prolifera enormemente debido a la presencia de nutrientes orgánicos e inorgánicos provenientes de la agricultura cercana.



Fig 1 *Hidrocotyle Vulgaris*, “redondito de agua”

## **1.2 Delimitación de la investigación**

El empleo de la técnica de fitorremediación emplea preferentemente plantas acuáticas o plantas de zonas húmedas las que tienen la propiedad de absorber metales pesados en forma de especies químicas iónicas los que contaminan las aguas de ríos y lagunas.

Entonces, la investigación tiene una cobertura en forma general en cualquier lugar donde hay un recurso hídrico contaminado por metales pesados preferentemente los metales recomendados por la presente investigación

El lugar dónde se realizará la investigación es Tomayquichua – Huánuco.

## **1.3 Formulación del problema**

### **1.3.1 Problema general**

¿Se podrá determinar la capacidad de absorción, a nivel de laboratorio, de la planta *Hydrocotyle Vulgaris*, “redonditos de agua” sobre los metales pesados?

### **1.3.2 Problemas específicos**

- ¿Cuál es la capacidad de absorción de plomo de la *Hydrocotyle Vulgaris*, “redonditos de agua”?
- ¿Cuál es la capacidad de absorción de cobre de la *Hydrocotyle Vulgaris*, “redonditos de agua”?
- ¿Cuál es la capacidad de absorción de zinc de la *Hydrocotyle Vulgaris*, “redonditos de agua”?
- ¿Cuál es la capacidad de absorción de hierro de la *Hydrocotyle Vulgaris*, “redonditos de agua”?
- ¿Cuál es la capacidad de absorción de cromo de la *Hydrocotyle Vulgaris*, “redonditos de agua”?

## **1.4 Formulación de objetivos**

### **1.4.1 Objetivo general**

Determinar la capacidad de absorción de metales pesados de la *Hydrocotyle Vulgaris*.

### **1.4.2 Objetivos específicos**

- Determinar la capacidad de absorción de plomo de la planta acuática *Hydrocotyle Vulgaris*.
- Determinar la capacidad de absorción de cobre de la planta acuática *Hydrocotyle Vulgaris*.
- Determinar la capacidad de absorción de zinc de la planta acuática *Hydrocotyle Vulgaris*.
- Determinar la capacidad de absorción de hierro de la planta acuática *Hydrocotyle Vulgaris*.
- Determinar la capacidad de absorción de cromo de la planta acuática *Hydrocotyle Vulgaris*.
- *Hydrocotyle Vulgaris*.

## **1.5 Justificación de la investigación**

El presente estudio de investigación permitirá determinar las capacidades fitorremediante de esta especie vegetal acuática para así contar con datos determinantes de recuperación de los recursos hídricos contaminados (lagos, lagunas y ríos).

Este trabajo de investigación es un estudio sobre la capacidad de absorción que tienen las plantas acuáticas como la *Hydrocotyle Vulgaris* sobre los componentes metálicos.

La investigación se desarrolla en la ciudad de Tomayquichua – Huánuco y los análisis se realizarán en el Laboratorio de suelos de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (UNAS) de Tingo María.



Fig 2 Vista panorámica de la ciudad de Tomayquichua - Huánuco



Fig 3 Universidad Nacional Agraria de la Selva - UNAS





Fig 4 *Hydrocotyle vulgaris*, “redonditos de agua



Fig 5 *Hydrocotyle Vulgaris*, “redonditos de agua en las riveras de un río”

## **1.6 Limitaciones de la investigación**

El estudio a realizarse presente las siguientes limitaciones:

- La universidad no cuenta con equipos para analizar los elementos metálicos contaminantes por lo que se tiene que recurrir a un laboratorio particular como es el del laboratorio de suelos de la Universidad Nacional de la Selva de la ciudad de Tingo María
- El costo que demanda estos trabajos de investigación es muy importante dado a que las tarifas de análisis son muy elevadas. Es por eso que sólo las pruebas se hicieron sobre 5 elementos metálicos.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEORICO**

#### **2.1 Antecedentes de estudio**

**“Aplicaciones de la Depuración de Aguas Residuales con Plantas Acuáticas”; José Celis Hidalgo / Julio Junod Montano / Marco Sandoval Estrada; Universidad del Bío-Bío; Chillán, Chile; 2005.**

#### **Resumen**

Se analizan los procesos y aplicaciones de los sistemas de depuración de aguas residuales con plantas acuáticas, y su importancia en las distintas actividades industriales, mineras y domésticas. Se comienza con una descripción de los sistemas más utilizados para estos fines, enfatizando el rol que cumplen las plantas en la descontaminación, enfocando la atención hacia el rol que cumplen los micrófitos. A continuación, se analizan los sistemas naturales y los sistemas artificiales. Como conclusión general se puede afirmar que este sistema, aunque poco difundido en Chile, es una buena alternativa para tratar los efluentes de actividades industriales, mineras, agropecuarias y domésticas.

**"Evaluación de la Distribución de Metales Pesados en las plantas acuáticas Jacinto de agua (CHHORNIA CRASSIPES) y tul (tHYPA SPP) utilizadas en la planta de tratamiento de aguas residuales por medio de fluorescencia de rayos x", Licda. en Química Ingrid Lorena Benítez Pacheco, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2008.**

#### **Resumen**

En Guatemala no se dispone de estudios que hayan documentado concentraciones de metales pesados en plantas acuáticas que estén siendo utilizadas como depuradoras de aguas residuales.

En este estudio se realizó un muestreo de 2 tipos de plantas acuáticas (microfitos) Jacinto Acuático (*Eichhornia crassipes*) y Tul (*Thypha spp*) de la laguna anaeróbica 3 y del sistema de biofiltros (canales de depuración) respectivamente de la Planta de Tratamiento La Cerca de Villa Canales actualmente administrada por la autoridad para el manejo sustentable del lago de Amatitlán –AMSA.

Las muestras se ensayaron por medio de fluorescencia de rayos x analizando dos secciones de la planta, raíz y hojas, con el objetivo de determinar la concentración de metales pesados y establecer el nivel y la distribución de los mismos en las fracciones de la planta. Los resultados muestran la presencia de elementos como calcio, vanadio, manganeso, hierro, níquel, cobre, zinc, arsénico, plomo, rubidio, potasio, cromo, estroncio y titanio, en las diferentes fracciones de la plantas y con cierta tendencia a presentar concentraciones relativamente importantes, constituyendo una preocupación especial cuando se requiera dar un uso final a la biomasa obtenida después de que ha terminado su actividad depuradora dentro de los biofiltros y laguna anaeróbica en la planta de tratamiento.

Como conclusión general se puede afirmar que este sistema, aunque poco difundido en Guatemala, es una buena alternativa para tratar los efluentes de actividades industriales. La fitoremediación es un proceso de bajo costo y rápido con el que pueden llevarse a cabo ciertos procesos degradativos, pero requieren de un control final de la biomasa que se produce y su contenido es un potencial contaminante. Las dos plantas acuáticas estudiadas (Jacinto acuático y tul) mostraron bioacumulación de calcio, vanadio, manganeso, hierro, níquel, cobre, zinc, arsénico, plomo, rubidio, potasio, cromo, estroncio y titanio en niveles significativos y variables y se hizo más evidente en las raíces que en las hojas independientemente de su origen, es decir, laguna anaeróbica o biofiltros.

**“Biorremediación del agua de río por Plantas Acuáticas en el lavadero de verduras de Tepetitla de Lardizabal, Tlaxcala”, José Antonio GUEVARA GARCÍA, Cesar TETLALMATZI ESPINOZA, Madai; ROMERO MUÑOZ<sup>1</sup>, Victor Manuel LEÓN FUENTES; Laboratorio de Investigación en Bioinorgánica y Biorremediación (LIByB). Departamento de Ciencias Básicas, Ingeniería y Tecnología; Universidad Autónoma de Tlaxcala, México; 2008.**

### **Resumen**

Se tomaron muestras de agua y de plantas del arroyo que surte al lavadero de verduras de Tepetitla, Tlaxcala. Las plantas recolectadas fueron berro (*Berula erecta*), lirio acuático (*Eichhornia crassipes*), cresón (*Rorippa nasturtium-aquaticum*). Otras dos (acuática 1 y 2) se encuentran aún en proceso de ser identificadas. El análisis fisicoquímico demostró que la calidad del agua mejora discretamente al final del trayecto pantanoso, sobre todo en conductividad y dureza. Solo se detectaron As y Cr en el agua. Aunque se observó una disminución en la concentración de ambos en la parte final del arroyo, el análisis de varianza no mostró una diferencia significativa. As:  $0,068 \pm 0,025$  mg/L inicial,  $0,011 \pm 0,005$  mg/L final. Cr:  $0,096 \pm 0,050$  mg/L inicial,  $0,071 \pm 0,003$  mg/L final. En las plantas, la concentración de los metales tuvo una variación de acuerdo a las especies y a sus partes: raíz, tallo, hojas.

En el berro se detectó cromo, con concentración más alta en tallo y hojas que en raíz. En el lirio se detectaron cromo y arsénico, en concentraciones más altas en raíz que en tallo y hojas, y con diferencias significativas. En el cresón, se encontraron As, Cr, Cd y Hg, con diferencias significativas, y concentraciones de Cr hasta de  $0,056 \pm 0,002$  mg por 1g de planta. La planta acuática<sup>1</sup> registró Cd, Cr y Hg, con diferencias significativas, y concentraciones de Cr hasta de  $0,061 \pm 0,001$  mg/g.

La planta acuática 2 registró Pb, Cd y Cr, con diferencias significativas, y concentraciones de Pb hasta de  $0,514 \pm 0,110$  mg/g. El efecto de las plantas acuáticas es discreto en los parámetros fisicoquímicos, pero es significativo en la absorción de metales pesados.

### **Distribución y Análisis de la Vegetación Macrofítica en las lagunas de Chozas de**

**Arriba. León M. Fernández-Aláez, E. Luis y M.C. Fernández-Aláez,**

**Departamento de Ecología. Facultad de Biología. Universidad de León**

#### **Resumen**

Si se analiza comparativamente la composición específica y la zonación existente en las tres lagunas se llega a la conclusión general de que traducirían tres etapas sucesivas (B-C-A) en un proceso de relevo de especies originado en relación con el tiempo de permanencia del agua en la laguna. En la B la dominancia corresponde a los hidrófitos, mientras que en la laguna C los halófitos resultan favorecidos, ocupando no sólo las zonas marginales, sino que el carácter somero de ésta amplía su distribución a zonas del interior; y por último en la A, típicamente temporal, los halófitos de pequeña talla junto a comunidades higrófilas de desarrollo fugaz representarían en esta sucesión la etapa originada en base a un menor mantenimiento del agua superficial.

De lo anteriormente expuesto se deduce, que el factor primario responsable de la zonación vegetal en cada laguna en particular, y que a su vez controla las diferencias esenciales entre los tres medios leníticos estudiados es la profundidad, al que hay que unir las acusadas variaciones del nivel del agua que se producen a lo largo del año. Los cambios en la naturaleza y textura del sustrato parecen ser elementos menos diversificados, si bien su acción destaca en etapas extremas de la zonación.

**Evaluación de dos Parámetros Bioquímicos en tres Micrófitos acuáticas expuestas a Cobre, Nayeli Ismene Armendáriz Sáenz, María Teresa Aquino Terrazas, Lauraceli Romero Ortiz, Mayra Luz Sánchez Villavicencio, Alma Socorro Sobrino Figueroa y María Guadalupe Miranda Arce, Departamento de Hidrobiología, División de Ciencias Biológicas y de la Salud Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa. San Rafael Atlixco Núm. 186, Col. Vicentina. CP 09340. Delegación Iztapalapa, DF, México.**

### **Resumen**

El lago de Pátzcuaro en Michoacán recibe continuamente descargas de aguas urbanas, fertilizantes y biácidas. Esta circunstancia ha contribuido a que se eleven los contenidos de cobre (Cu) en el cuerpo de agua. El Cu, aunque es un micronutriente esencial para las plantas, en concentraciones altas es tóxico, afectando la fisiología y el desarrollo de las mismas. El objetivo de este trabajo fue evaluar el contenido de clorofilas y azúcares libres totales, dos parámetros de respuesta o biomarcadores, los cuales se determinaron por métodos colorimétricos en tres macrofitas acuáticas que son comunes en el lago de Pátzcuaro: *Eichhornia crassipes* (Martius) Solms Laubach, *Hydrocotyle ranunculoides* L. y *Lemna gibba* L. Los resultados obtenidos mostraron que tanto las clorofilas como los azúcares libres totales variaron en función del incremento de Cu en el medio nutritivo, sin embargo, los azúcares libres totales resultaron ser el parámetro de respuesta más adecuado para detectar cambios fisiológicos en este bioensayo.

**“Fitorremediación de plomo con plantas acuáticas”, M. Josefina Barros, Alicia E. Rendina, Alicia F. de Iorio; Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires, 2007.**

### **Resumen**

Las plantas acuáticas han sido propuestas para completar los tratamientos de depuración de aguas, para ser cultivadas en estanques o lagunas de poca profundidad, debido a que toman nitrógeno y fósforo del medio, y al mismo tiempo son capaces de disminuir las concentraciones de metales presentes en el agua. El objetivo de este trabajo fue aplicar un sistema biológico al tratamiento de aguas de ríos contaminados (Reconquista y Riachuelo, Buenos Aires) ambos con altas concentraciones de nutrientes, y con metales pesados presentes en el agua. Para ello se empleó *Salvinia molesta*, planta que forma densas masas vegetales, a veces en conjunto con *Salvinia herzogii*, que pueden ser retenidas con redes, mediante un procedimiento semejante al utilizado para contener los residuos flotantes en el río. Se realizaron ensayos en condiciones controladas, en contenedores de pequeña profundidad. Se trabajó con agua de dos sitios del Riachuelo, con agua del río Reconquista y con soluciones de Pb (II). Se midió la concentración de plomo al iniciar y al finalizar el ensayo. Se determinó el peso fresco de la biomasa vegetal, y luego el peso seco (70°C por 48h) para expresar los resultados con referencia a masa seca. Se determinó el factor de bioacumulación (FB) de Pb para cada condición del ensayo. La concentración de Pb en el agua disminuyó, en todos los casos, a valores menores que 5 µg/L. Teniendo en cuenta que la concentración de Pb en el agua disminuyó a menos que 5 µg/L, una acumulación del metal menos importante en la biomasa, facilitaría su disposición final. La biomasa producida no será de gran magnitud, esto facilitaría su reducción a cenizas y la recuperación del contaminante. La construcción de canales con plantas con capacidad depuradora permitiría obtener agua biofiltrada que podría ser reutilizada para irrigación de parques, jardines o producciones flori-hortícolas. Así la utilización de *Salvinia* spp para la remoción de metales pesados de aguas de los ríos Riachuelo y Reconquista o de efluentes contaminados es una alternativa de bajo



costo que ofrece beneficios ambientales que debe ser considerada frente a tecnologías de tratamiento tradicionales.

**“Niveles de contaminación y Coeficientes de Acumulación de los berros de agua (Nasturtium Officinale R. Br.)”,** Aniceto López Fernández y Félix Infantes Miranda, Sección de Zoo ecología y Contaminación Ambiental del Instituto de Zootecnia del C.S.I.C, Córdoba, España, 1981.

## **2.2 Bases teóricas - científicas**

### **2.2.1 Plantas acuáticas**

Toda planta acuáticas o macrófita son especies vegetales que se caracterizan por vivir en lugares muy húmedas o acuáticas como lagos, estanques, charcos, estuarios, pantanos, orillas de los ríos, deltas etc. Se pueden encontrar diferentes grupos de plantas: unas totalmente sumergidas, otras, las más numerosas, parcialmente sumergidas o con hojas flotantes. Por lo general se encuentran enraizadas en el fondo de las aguas, algunas son libres (caso excepcional en el mundo vegetal) entre el agua y flotando en la superficie. Generalmente, se adaptan al modo de vida acuático tanto en su parte vegetativa como reproductiva.

Los medios de vida son variados: agua dulce, agua salada o salobre, aguas más o menos estancadas, temperaturas más o menos elevada.

### **2.2.2 El Hydrocotyle Vulgaris o Redondito de agua**

El redondito de agua es una planta de agua que se encuentra en la lista de las cien plantas más invasoras del planeta. Crecen en Humedales litorales, márgenes de ríos y arroyos, turberas y pastizales húmedos.

## Taxonomía

Reino	Phylum	Clase	Orden	Familia
Plantae	Spermatophyta	Magnoliopsida	Apiales	Apiaceae

Nombre Taxon: *Hydrocotyle vulgaris* L.

**Nombre común:** Redondito de agua

**Nombre científico:** *Hydrocotyle vulgaris*

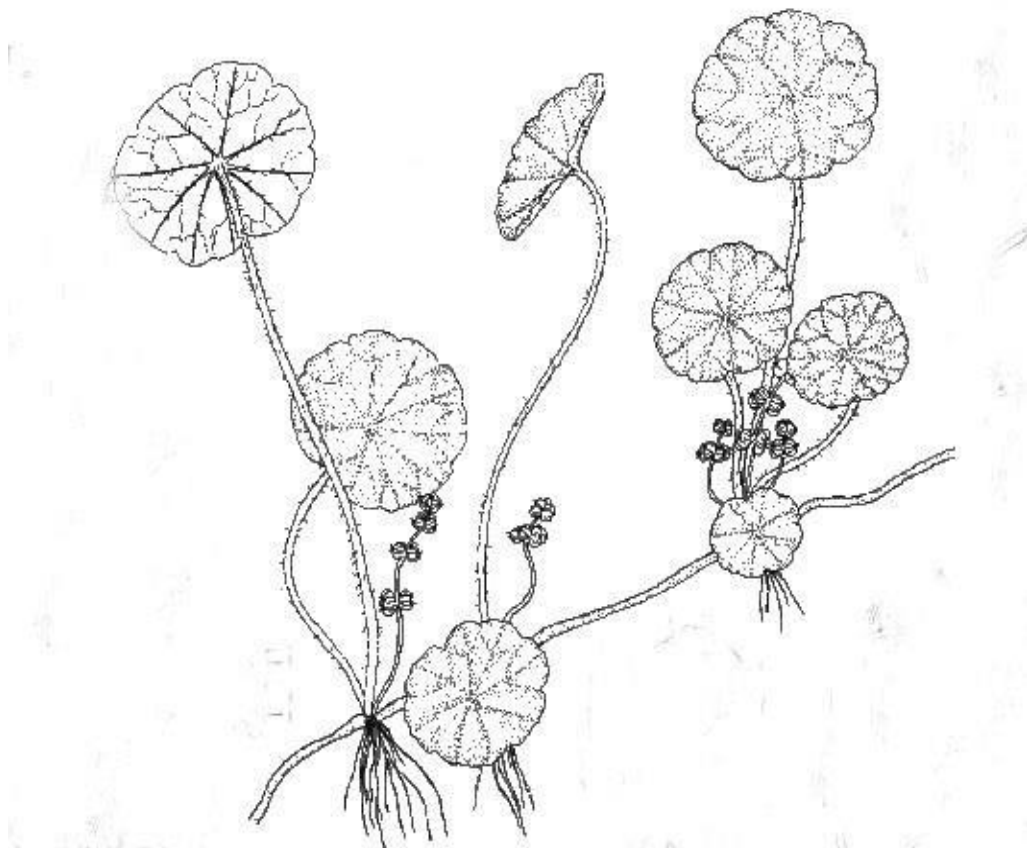
**Ubicación:** Orillas de ríos, lagunas, estanques, etc

### Descripción

El área de distribución de esta planta es a nivel mundial, con más de 75 especies. En Perú se conoce con el nombre común de “redondito de agua” por la forma casi redonda de sus hojas.

### Cuidados

El redondito de agua exige vivir a pleno sol o sombra parcial y requiere mucha iluminación. La temperatura recomendada para su cultivo eficiente oscila entre 20 y 30°C. Esta especie se desarrolla en aguas que deben estar estancadas o con poca corriente como las acequias o las riveras de ríos y lagunas.



*Fig 6 El Hydrocotyle Vulgaris o Redondito de agua*

### **2.2.3 La Fitorremediación**

Consiste en emplear plantas para eliminar contaminantes en los recursos hídricos y suelos contaminados. Al ser una tecnología en desarrollo, es una estrategia muy interesante, debido a la capacidad que tienen algunas especies vegetales de absorber, acumular y/o tolerar altas concentraciones de contaminantes como metales pesados, compuestos orgánicos y radioactivos. La fitorremediación ofrece algunas ventajas frente a los otros tipos de biorremediación:

- Las plantas se comportan como bombas extractoras de muy bajo costo para descontaminar suelos y aguas.
- Algunos procesos degradativos ocurren en forma mucho más rápida con plantas acuáticas que empleando microorganismos.
- Se prefiere como un método apropiado para descontaminar superficies grandes.

En la actualidad, se conocen alrededor de 400 especies de plantas acuáticas con capacidad para absorber sustancias tóxicas. En la mayoría de los casos, se trata de especies de cultivos muy conocidos como el girasol (*Heliantus annuus*) que es capaz de absorber en grandes cantidades el uranio depositado en el suelo. Los álamos (género *Populus*) absorben especialmente tres metales níquel, cadmio y zinc. Y la *Arabidopsis thaliana* que es capaz de absorber cobre y zinc.

Existen otras plantas conocidas en el planeta como especies fitorremediantes, como el girasol, la alfalfa, la mostaza, el tomate, la calabaza, el esparto, el sauce y el bambú. También existen especies que eliminan la alta salinidad del suelo, gracias a su capacidad para acumular el cloruro de sodio. Faltan muchas especies que requieren estudios para determinar su capacidad de absorción como la que se presenta en este estudio, la *Hidrocotyle Vulgaris*.

### 2.3 Definición de términos básicos

**Absorción:** Paso de agua y de sustancias en ella disueltas al interior de una célula o de un organismo. Paso de los elementos nutritivos, del intestino al torrente sanguíneo.

**Adsorción:** Adhesión, provocada por atracciones eléctricas o químicas, de las moléculas de un gas, un líquido o una sustancia disuelta en una superficie.

**Adventicia:** Planta introducida en una región que tiene su centro de origen en otro lugar distante.

**Agua:** Compuesto químico cuya molécula está constituida por un átomo de oxígeno y dos de hidrógeno.

**Contaminantes:** Cualquier factor cuya presencia en un determinado ambiente y circunstancia, constituyan o desencadenen contaminación. Es la sustancia, o forma de

energía que normalmente no está presente en el medio ambiente marino, al menos en los niveles que se encuentran con frecuencia y que aparentemente no causan efectos nocivos, Si la concentración se incrementa con el tiempo puede producir efectos nocivos.

**Depuración:** Proceso por el cual se eliminan las impurezas desde el agua.

**En Peligro:** Cuando presenta una probabilidad de extinción en el estado silvestre en un futuro inmediato o cercano.

**Endémico:** Se dice de la planta que se considera oriunda en el país en que vive. Se dice de la especie que tiene su distribución restringida a una región geográfica limitada.

**Extinta:** Se considerará extinta, cuando no se han encontrado individuos mediante búsqueda con métodos y en tiempo adecuados.

**Espectrometría Atómica:** Es un método instrumental que se basa en la absorción de radiación electromagnética por partículas atómicas. La muestra se atomiza en la llama, pero existe una radiación externa que produce la excitación de los electrones al estado excitado.

**Fitorremediación:** Uso de plantas y de su microbiota asociada para reparar suelos o aguas subterráneas contaminadas. Las técnicas de fitorremediación incluyen la utilización de enmiendas de suelo y de técnicas agrónomas para trasladar, contener o convertir los contaminantes del medio en una forma química que disminuya su disponibilidad química o biológica.

**Fuera de Peligro:** Cuando existe evidencia de que la especie no experimentará riesgo de extinción en un futuro cercano.

**Hidrofito:** planta cuyo hábitat es el agua (planta acuática).

**Insuficientemente conocida:** Cuando no existe información suficiente que permita categorizarla.

**Plantas:** son organismos vivientes autosuficientes pertenecientes al mundo vegetal que pueden habitar en la tierra o en el agua. Llegar a ser libre de contaminantes.

**Máxima concentración permisible:** la mayor concentración de un contaminante considerado no peligroso a la salud de organismos adultos.

**Medio ambiente:** Es todo lo que rodea a un organismo; los componentes vivos y los abióticos. Conjunto interactuante de sistemas naturales, construidos y socioculturales que está modificando históricamente por la acción humana y que rige y condiciona todas las posibilidades de vida en la Tierra, en especial humana, al ser su hábitat y su fuente de recursos. Es todo lo que naturalmente nos rodea y que permite el desarrollo de la vida y se refiere tanto a la atmósfera y sus capas superiores, como la tierra y sus aguas, a la flora y fauna; a los recursos naturales, todo lo cual conforma la naturaleza con su sistema ecológico de equilibrio entre los organismos y el medio en que vive.

**Metales pesados:** Iones de elementos metálicos como cobre, zinc, hierro, cromo y mercurio, los cuales generalmente son removidos del agua mediante la formación de precipitados insolubles, generalmente como hidróxidos metálicos.

**No Evaluada:** Cuando no ha sido sometida a la evaluación.

**Nativa:** Se dice a la planta que pertenece al país donde ha nacido y se distribuye en una zona más o menos extensa. Así una planta puede ser nativa, pero no endémica.

**Rara:** Especies cuyas poblaciones son escasas y que enfrentan riesgos.

**Vulnerable:** Cuando manifiesta un retroceso numérico que pueda

## 2.4 Formulación de hipótesis

### 2.4.1 Hipótesis general

La planta acuática *Hydrocotyle Vulgaris* posee la capacidad biológica de absorción metálica (Pb, Cu, Zn y Fe).

### 2.4.2 Hipótesis específicas

- La planta *Hydrocotyle Vulgaris*, “redonditos de agua” posee capacidad de absorción respecto al plomo.
- La planta *Hydrocotyle Vulgaris*, “redonditos de agua” posee capacidad de absorción respecto al cobre.
- La planta *Hydrocotyle Vulgaris*, “redonditos de agua” posee capacidad de absorción respecto al Zinc.
- La planta *Hydrocotyle Vulgaris*, “redonditos de agua” posee capacidad de absorción respecto al hierro.

### 2.5 Identificación de las variables

**Variable dependiente:** Capacidad de absorción, mg metal/L

**Variable independiente:** Tiempo de contacto raíces – metálicos

### 2.6 Definición operacional de variables e indicadores

Tanto los parámetros  $f_q$  presentan una relación inversa a la calidad de agua. Lo que quiere decir que, a mayor concentración de elementos metálicos, menor calidad.

Las variables fisicoquímicas son determinadas por la técnica de absorción atómica en la Universidad Nacional Agraria de la Selva. Las variables fisicoquímicas proporcionan información de la calidad en contenido metálico del agua en unidades partes por millón.

Las principales variables Físico-químicas evaluadas en el presente estudio de investigación son: Cu, Pb, Zn, Fe y Cr los cuales son determinados en el espectrofotómetro por Absorción Atómica Specktra AA de la Universidad Agraria de la Selva de Tingo María.

## CAPÍTULO III

### METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

#### 3.1 Tipo de investigación

El tipo de investigación empleado es cuasi experimental la que conlleva a hacer una evaluación de la capacidad de absorción de la *Hidrocotyle Vulgaris* con diferentes metales.

#### 3.2 Métodos de investigación

Exploratoria, descriptiva y explicativa.

#### 3.3 Diseño de investigación

El diseño utilizado para la determinación de la capacidad de absorción metálica de la *Hidrocotyle vulgaris* es el diseño cuasi experimental porque el sujeto de experimentación se encuentra predeterminado en lo referente a cantidad y calidad botánica (no es al azar).

**X o Y**

**Donde:**

**X** (trabajo experimental)

**o**(la conexión para el trabajo de investigación)

**Y** (evaluación de los resultados)

#### 3.4 Población y muestra

**La población**

La población es la especie vegetal *Hidrocotyle vulgaris*



### **La muestra**

Consiste en una cantidad de *Hidrocotyle vulgaris* para el estudio.

### **3.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

**La observación:** Se emplea la observación estructurada, porque se manipulan los hechos que se observen.

El trabajo documental, está centrado en la revisión de libros, revistas y otros documentos que tengan relación. Informaciones obtenidas a través del Internet.

**Fichaje:** Se utiliza el fichaje bibliográfico para anotar todos los datos que se manejen durante la investigación.

### **3.6 Técnicas de procedimientos y análisis de datos**

La herramienta fundamental para el procesamiento de datos obtenidos en la investigación es el MS Excel 2016. Los datos numéricos se procesan agrupándolos en intervalos y luego tabulándose. Se construyen con ellos cuadros estadísticos y gráficos de las tendencias, dispersión y correlación que resulten necesarias.

### **3.7 Tratamiento estadístico**

Los resultados analíticos obtenidos son llevados a gráficos a fin de determinar la cantidad de material metálico absorbido por la planta cada semana. Al final de la investigación se podrá concluir cuál será la especie química de mayor absorción que presenta la planta *Hidrocotyle vulgaris* para lo cual se recomendaría su uso.

### **3.8 Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación**

Recolección de una cantidad de *Hidrocotyle vulgaris* con características evaluadas por un especialista. Se recogerá ejemplares pequeños de una acequia de Tomayquichua.

- Preparación de soluciones con concentraciones metálicas elegidas por el investigador de acuerdo a unos valores máximos permisibles.
- Preparación en una cubeta de nutrientes para mantener a la especie vegetal en condiciones óptimas de bioabsorción con sales minerales.
- Seguimiento con análisis Físico químicos por Absorción Atómica en la UNAS del cambio de concentración metálica en la solución.
- Tratamiento estadístico analítico de los resultados obtenidos representando en forma gráfica.
- Interpretación de resultados obtenidos determinando cuál de las especies iónicas metálicas el redondito de agua posee mayor capacidad de absorción.

#### **3.8.1 Equipo de absorción atómica empleado (unas)**

El equipo de análisis empleado por el Laboratorio de Análisis de Suelos es el mostrado en la Fig. 10

La Absorción Atómica es una técnica que permite detectar en forma precisa casi todos los elementos de la Tabla Periódica. Este método se puede aplicar para la determinación de ciertos metales tales como: antimonio, cadmio, calcio, cesio, cromo, cobalto, oro, plomo, níquel, etc. Es muy empleada en el análisis de aguas, suelos, bioquímica, toxicología, medicina, industria farmacéutica, industria alimenticia, industria petroquímica, etc.

El método de A.A. consiste en la detección de especies atómicas por su absorción de energía que proviene de una lámpara de cátodo hueco a una longitud de onda particular.

La especie atómica se logra por atomización de la muestra, siendo los distintos procedimientos utilizados para llegar al estado fundamental del átomo lo que diferencia las técnicas y accesorios utilizados.

La técnica de atomización de Absorción Atómica con llama, nebuliza la muestra y luego la disemina en forma de aerosol hasta llegar a una llama producida por aire y acetileno o también de óxido nitroso-acetileno

De esta manera el equipo de Absorción Atómica lee la energía absorbida por el analito (Absorbancia) en estado atómico.

A mayor Absorbancia mayor contenido de analito (Ley de Lambert-Beer)

$$A = \epsilon C$$

La relación es DIRECTA: «A mayor Absorbancia de energía, mayor concentración de analito.

A, Absorbancia, leída por el equipo

$\epsilon$ , constante, coeficiente de absorción del absorbente

C, concentración del analito, ppm.

Esta relación es la ecuación de la recta  $y = mx$ , de donde fácilmente se puede graficar A (ordenadas) vs C (abscisas), obteniendo una recta llamada “curva patrón” la que es usada para determinar el contenido de analito en muestras incógnitas.



Fig 10 Equipo de Absorción Atómica de la UNAS

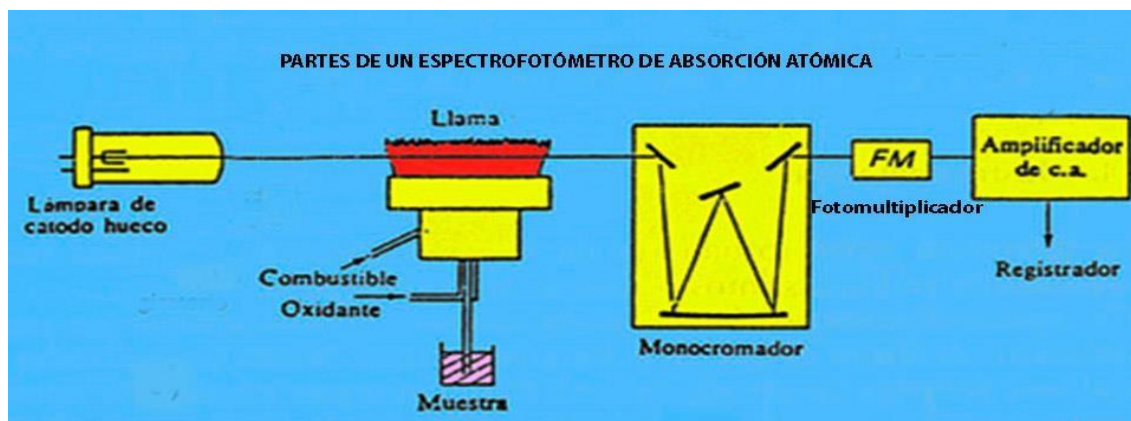


Fig 11 Partes básicas del equipo de A. A.

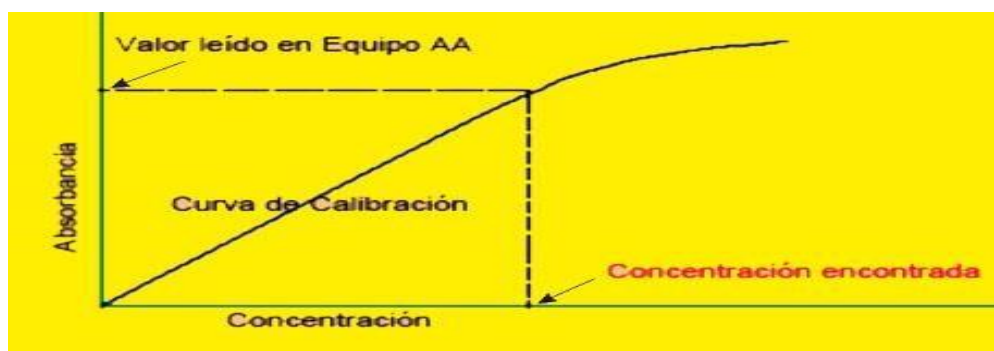


Fig 12 curva de calibración y concentración de muestra

### **3.9 Orientación ética**

Las decisiones éticas pueden variar según lo agudo de problemáticas y dificultades, pero lo ideal es que la orientación y la visión de los profesionistas, se adelantasen a los conflictos y crisis. Aunque algo tarde, finalmente comienza a oírse, aunque aun tenuemente, el reclamo de que “las ciudades solo deben crecer hasta donde los recursos físicos e hídricos lo permitan, sin afectar intereses de otras regiones”.

Los conflictos se agravan al no tener ingresos suficientes para la operación y mantenimiento, al existir funcionarios con intereses meramente personales y con corta visión.

- Lograr que los municipios utilicen de manera eficiente tanto el agua que extraen como la infraestructura de que disponen.
- Crear conciencia entre los habitantes sobre la importancia del uso responsable de los recursos hídricos.
- Consolidar el reuso del agua residual tratada en el país, así como su intercambio por agua de primer uso en aquellas actividades en que esta opción es factible.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1 Descripción del trabajo de campo

##### Simulación de una solución de agua con contenido metálico

Para las soluciones se tomaron como referencia y punto de partida un agua de las estipuladas como valores máximos permisibles dados por los ECAs Perú en su modificatoria del Decreto Supremo N° 015-15 MINAM publicado por el diario El Peruano el 19 de diciembre del 2015 (Anexo),

Categoría de agua 4 Sub-categoría E2 (Ríos de Costa y Sierra).

Según estos valores legales, se resume para los elementos metálicos del presente trabajo de investigación:

Plomo: 0,0025 mg/L

Cobre: 0,1 mg/L

Zinc: 0,12 mg/L

Hierro (\*): 5,0 mg/L

Cromo VI: 0,011 mg/L

*(\*) El Fe no se consigna en la Cat. 4. Se toma de la Cat. 3 para cultivo de plantas de tallo alto.*

##### 4.1.1 Sales empleadas para la solución metálica

Las sales empleadas para conseguir las concentraciones correctas de los iones metálicos requeridos son:

Nitrato de plomo:  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$

Nitrato de Cobre (II):  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$

Nitrato de zinc:  $Zn(NO_3)_2$

Nitrato de Hierro:  $Fe(NO_3)_3$

Oxido de cromo VI:  $CrO_3$

### **Deshidratación de las sales**

Para que las formas moleculares sean equivalentes a las especies iónicas metálicas requeridas, se deshidrataron las sales en secadora eléctrica a 110 °C hasta sequedad a peso constante, y conseguir que cada una presente una coloración blanca. El óxido de cromo VI seca muy ligeramente a 100 °C por 30 minutos ya que carece de agua de hidratación como las sales mencionadas.

### **Determinación de Factores gravimétricos y cantidades de las sales empleadas en las soluciones metálicas**

De ppm o lo que es lo mismo mg/L de elemento metálico a mg/L de sal se emplea el factor gravimétrico de acuerdo a la estequiometría química en la relación formular 1:1 en mol de sal y un mol de ion metálico.

Este factor gravimétrico sirve para determinar la cantidad de la sal a pesar en balanza analítica y ser disuelta en la cubeta de vidrio para 40 L de agua destilada que contiene una cubeta de vidrio.

### **Factor gravimétrico y peso de sal**

#### **Para el plomo:**

$$\begin{aligned}
 Fg \text{ de nitrato de plomo} &= \frac{\text{Peso molecular}-mg \text{ de nitrato plomo}}{\text{At}-mg \text{ de plomo}} = \\
 &= \text{mg nitrato de Pb/mg Pb} \\
 &= 331,20 / 270,2 = 1,5985 \text{ mg de nitrato de Pb/mg Pb}
 \end{aligned}$$

Cálculo del peso en gramos de sal Nitrato de Plomo para la cubeta con 40 L con agua destilada:

$$\text{Gramos de nitrato de plomo} = 0,0025 \frac{\text{mg Pb}}{1 \text{ L}} \times 1,5985 \frac{\text{mg nitrato Pb}}{\text{mg Pb}} \times 40\text{L}$$

$$= 0,0040 \text{ gramos de sal Nitrato de Plomo}$$

Como la pesada de 0,0040 es muy difícil de hacerlo en la balanza por ser una cantidad muy pequeña, se pesará 40 veces este valor = 0.01600 g de sal Nitrato de Plomo para añadir a una cubeta (balde) con 2 L de agua destilada y preparar una solución madre antes de diluir a 40 L y los nutrientes que requiere el redondito acuático para su desarrollo.

### **Para el cobre:**

$$\begin{aligned} Fg \text{ de nitrato de cobre} &= \frac{\text{Peso molecular}-\text{mg de nitrato cobre}}{\text{At}-\text{mg de cobre}} = \\ &= \text{mg nitrato de Cu/mg Cu} \\ &= 63,546 / 187,55 \\ &= \mathbf{0,3388 \text{ mg de nitrato de Cu/mg Cu}} \end{aligned}$$

Cálculo del peso en gramos de sal Nitrato de Cobre para la cubeta con 40L con agua destilada:

$$\text{Gramos de nitrato de plomo} = 0,1 \frac{\text{mg Cu}}{1 \text{ L}} \times 0,3388 \frac{\text{mg nitrato Cu}}{\text{mg Cu}} \times 40 \text{ L} =$$

$$= 0,0013 \text{ gramos de sal Nitrato de Cobre}$$

Como la pesada de 0,0013 es muy difícil de hacerlo en la balanza por ser una cantidad muy pequeña, se pesará 40 veces este valor = **0,0125 g de sal Nitrato de cobre** para añadir a una cubeta (balde) y preparar una solución madre antes de diluir a 40 L y los nutrientes que requiere el redondito acuático para su desarrollo.

### **Para el Zinc:**

$$Fg \text{ de nitrato de zinc} = \frac{\text{Peso molecular}-\text{mg de nitrato de zinc}}{\text{At}-\text{mg del zinc}}$$

$$= \text{mg nitrato de Zn/mg Zn}$$

$$= 189,39/65,39 = \mathbf{2,8963 \text{ mg nitrato de Zn/mg Zn}}$$



Cálculo del peso en gramos de sal Nitrato de Zinc para la cubeta con 40L con agua destilada:

$$\begin{aligned} \text{Gramos de nitrato de plomo} &= 0,12 \frac{\text{mg Zn}}{1 \text{ L}} \times 2,8963 \frac{\text{mg nitrato Zn}}{\text{mg Zn}} \times 40 \text{ L} = \\ &= 0,0139 \text{ gramos de sal Nitrato de Zn} \end{aligned}$$

Como la pesada de 0,0139 es muy difícil de hacerlo en la balanza por ser una cantidad muy pequeña, se pesará 40 veces este valor = **0,5560 g de sal Nitrato de zinc** para añadir a una cubeta (balde) con 2 L de agua destilada y preparar una solución madre antes de diluir a 40 L y los nutrientes que requiere el redondito acuático para su desarrollo.

### **Para el hierro:**

$$\begin{aligned} F_g \text{ de nitrato de hierro} &= \frac{\text{Peso molecular} - \text{mg de nitrato Fe}}{\text{At} - \text{mg del hierro}} = \\ &= \text{mg nitrato de Fe/mg Fe} \\ &= 241,845/55,845 = 4,3306 \text{ mg Nitrato de Fe/mg Fe} \end{aligned}$$

Cálculo del peso en gramos de sal Nitrato de hierro para la cubeta con 40 L con agua destilada:

$$\begin{aligned} \text{Gramos de nitrato de hierro} &= 0,5 \frac{\text{mg Fe}}{1 \text{ L}} \times 2,8963 \frac{\text{mg nitrato Fe}}{\text{mg Fe}} \times 40 \text{ L} = \\ &= 0,0579 \text{ gramos de sal Nitrato de Fe} \end{aligned}$$

Como la pesada de 0,0579 g es muy difícil de hacerlo en la balanza por ser una cantidad muy pequeña, se pesará 40 veces este valor = **2,9000 g de sal Nitrato de Fe** para añadir a una cubeta (balde) con 2 L de agua destilada y preparar una solución madre antes de diluir a 40 L y los nutrientes que requiere el redondito acuático para su desarrollo.

**Para el cromo**

$$Fg \text{ de } \text{óxido de cromo VI} = \frac{\text{Peso molecular}-mg \text{ de } \text{óxido de cromo VI}}{\text{At}-mg \text{ de cromo}} = \text{mg } \text{óxido de Cr/mg Cr}$$

$$= 100,0 / 52 = 1,92 \text{ mg de } \text{óxido de Cr/mg Cr}$$

Cálculo del peso en gramos de Óxido de cromo para la cubeta con 40 L con agua destilada:

$$\begin{aligned} \text{Gramos de } \text{óxido de cromo} &= 0,011 \frac{\text{mg Cr}}{1 \text{ L}} \times 1,92 \frac{\text{mg nitrato Cr}}{\text{mg Cr}} \times 40 \text{ L} = \\ &= 0,000845 \text{ gramos de } \text{óxido de cromo} \end{aligned}$$

Como la pesada de 0,000845 g es muy difícil de hacerlo en la balanza por ser una cantidad muy pequeña, se pesará 40 veces este valor = 0.0338 g de óxido de cromo para añadir a una cubeta (balde) con 2 L de agua destilada y preparar una solución madre antes de diluir a 40 L y los nutrientes que requiere el redondito acuático para su desarrollo.

*Tabla1 Pesos de sales para añadir a la cubeta antes de nutrientes.*

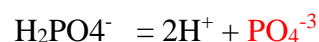
**4.1.2 Cantidades de nutrientes**

Los elementos minerales son necesarios para el crecimiento de las plantas son necesarios, para ello se recurrió a varios docentes biólogos la universidad Daniel Alcides Carrión los que recomendaron, con ligeras discrepancias, para plantas acuáticas en vista que no se encontró información bibliográfica correspondiente, lo que figura en la siguiente tabla:

Nutriente químico	Concentración g/L
KNO <sub>3</sub>	0,1
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	0,5
KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	0,1
MgSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O	0,1
pH = 7,5 – 9,0	

Tabla 2 Concentraciones de nutrientes recomendados

Estos nutrientes se disuelven en solución:



Las especies activas nutrientes son  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{PO}_4^{-3}$  y  $\text{Mg}^{+2}$ , las que sirven de alimento para el desarrollo de las plantas acuáticas.

### Preparación de la solución nutriente

Se prepara 1L de esta solución haciendo las siguientes pesadas:

KNO<sub>3</sub> ..... 0,1 gramos

Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>..... 0,5 gramos

KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> ..... 0,1 gramos

MgSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O ..... 0,1 gramos

Se prepara esta solución cada vez que se lo requiera. Se añade a la cubeta cada vez que se saca la muestra para ser llevado al laboratorio para el análisis correspondiente; de esta manera, cada vez que se sacan 250 mL de muestra metálica este volumen será sustituido por 250 mL de solución nutriente en la cubeta y el volumen de esta prácticamente se mantendrá constante.

### **4.1.3 Preparación de las plantas para colocarlas en la cubeta**

- 1.- Seleccionar plantas que tengan rizomas gruesos y eliminar las hojas grandes dejando sólo las pequeñas.
- 2.- Las plantas se lavan prolijamente y con sumo cuidado, secadas con una franela para ser conducidas a la cubeta.
3. Semisumergir las plantas a fin de que los rizomas estén completamente dentro del agua y las hojas sobre la superficie. Se debe cuidar diariamente la aireación para un normal desarrollo de las mismas empleando un pequeño equipo de aireación de los que se emplean en las peceras
- 4.- Cada semana se lleva una alícuota del agua (250 mL) para su análisis en el equipo de Absorción Atómica de la UNAS.

## **4.2 Presentación, análisis e interpretación de resultados**

### **4.2.1 Fechas de Análisis**

Los resultados del trabajo de laboratorio realizados en los laboratorios de la Universidad Nacional Agraria de la Selva se presentan en la siguiente tabla.

Ser empleó el Espectrofotómetro de Absorción Atómico Spectra AA.

SEMANA	FECHA
0	25 de marzo del 2019
1	1 de abril del 2019
2	8 de abril del 2019
3	15 de abril del 2019
4	22 de abril del 2019
5	29 de abril del 2019
6	6 de mayo del 2019
7	13 de mayo del 2019
8	20 de mayo del 2019
9	27 de mayo del 2019
10	3 de junio del 2019
11	10 de junio del 2019
12	17 de junio del 2019

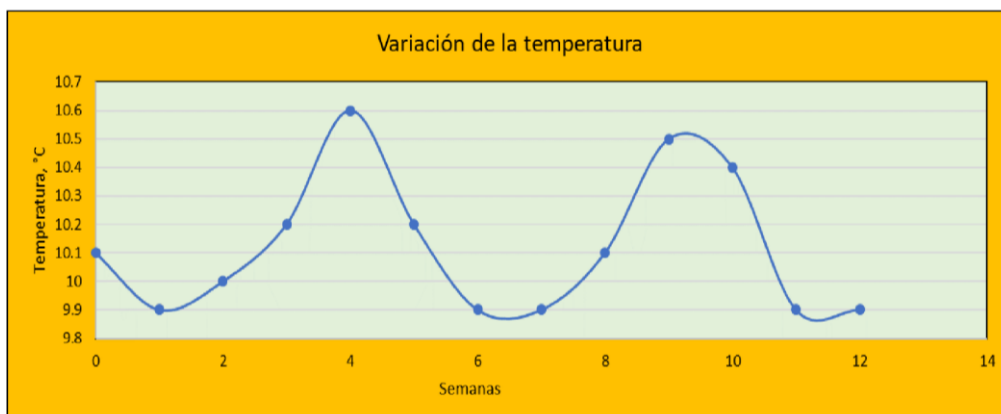
Tabla 3 Fechas de análisis de Laboratorio, UNAS

#### 4.2.2 Análisis Físico-Químico por de absorción Atómica de la UNAS

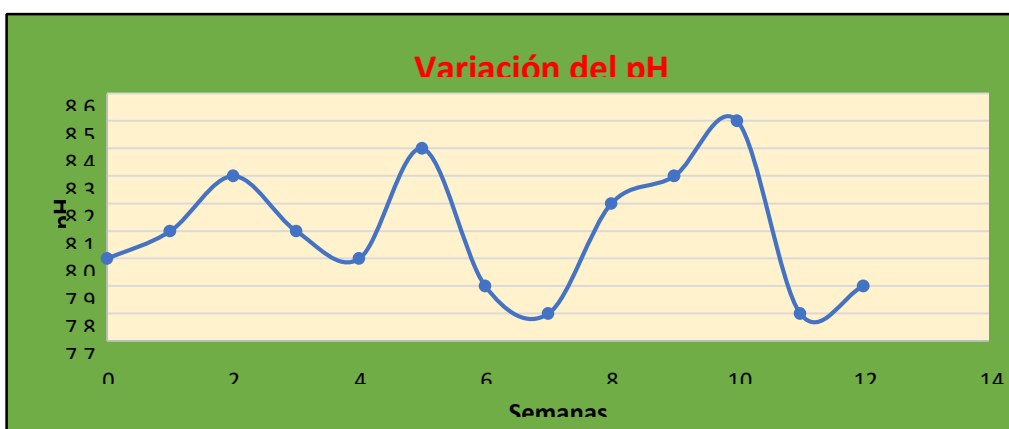
Se acompaña resultados de la medición de la temperatura y pH realizados con el multiparámetro de la UNDAC.

Tabla 3 Análisis Físico-Químico

Semanas	Temperatura °C	pH	Análisis A.A. del agua, ppm				
			Pb	Zn	Cu	Fe	Cr
0	10.1	8.0	0.00250	0.0120	0.0100	5.0	0.01100
1	9.9	8.1	0.00246	0.0115	0.0091	4.7	0.01070
2	10.0	8.3	0.00221	0.0100	0.0086	4.3	0.01050
3	10.2	8.1	0.00200	0.0093	0.0078	4.1	0.01035
4	10.6	8.0	0.00192	0.0080	0.0066	3.8	0.01010
5	10.2	8.4	0.00186	0.0075	0.0058	3.7	0.01006
6	9.9	7.9	0.00178	0.0065	0.0048	3.6	0.01002
7	9.9	7.8	0.00158	0.0067	0.0037	3.2	0.00970
8	10.1	8.2	0.00151	0.0060	0.0027	3.0	0.00967
9	10.5	8.3	0.00146	0.0056	0.0019	2.9	0.00950
10	10.4	8.5	0.00135	0.0050	0.0016	2.7	0.00937
11	9.9	7.8	0.00131	0.0040	0.0010	2.5	0.00897
12	9.9	7.9	0.00126	0.0036	0.0005	2.4	0.00820



*Fig 13 Variación de la temperatura*



*Fig 14 Variación de la acidez*

### 4.3 Prueba de Hipótesis

Se presenta la siguiente Hipótesis General:

“La planta acuática *Hydrocotyle Vulgaris* posee la capacidad de absorción metálica (Pb, Cu, Zn, Fe y Cr).”.

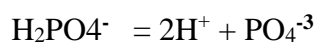
Al final del estudio, se observa que la *Hydrocotyle Vulgaris* absorbe con mayor rendimiento el elemento metálico cobre para lo cual se recomendaría su uso fitorremediante. Por tanto, la hipótesis planteada es válida.

#### 4.4 Discusión de resultados

- **Discusión de la temperatura y la acidez de las muestras**

La temperatura varía desde 9,9 a 10,6 °C considerada como normal por ser Tomayquichua una zona media cálida. A esta temperatura el redondito acuático se desarrolla sin dificultad a tal punto que en las 12 semanas de ensaye se logró una longitud de tallo promedio de 30,5 cm y se observó con los análisis la absorción de metales con eficiencia.

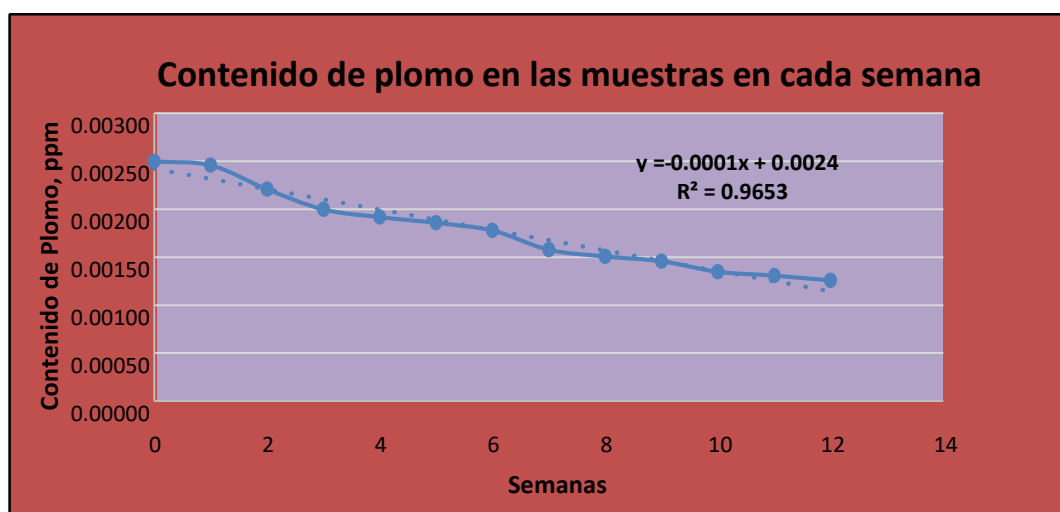
En lo referente a la acidez, no hubo mucha alteración pues varió desde 7,8 a 8,5, estando dentro del rango de acidez asimilable de los nutrientes (7,5 – 9,0). Esta acidez proviene preferentemente de la disociación del ion nutriente  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  y el efecto buffer del agua hace que esta acidez se mantenga dentro de valores prácticamente constante:



Mantener valores constantes de pH es importante porque permite la continuidad de flora y fauna en las aguas.

- **Discusión del contenido metálico**

##### Para el Plomo



**Fig 15 Variación del contenido de Plomo**

La línea de tendencia muestra una correlación lineal con un valor cercano a la unidad:  $R^2 = 0,9653$ .

El contenido de plomo varió prácticamente en forma lineal según la ecuación:

$$y = -0,001x + 0,0024$$

**Donde:** y, contenido de plomo en ppm      x, tiempo en semanas

Tiempo para absorber todo el plomo:

$$0 = -0,001S + 0,0024$$

$$S = 0,0024/0,001 = 24 \text{ Semanas Rendimiento (R) de absorción}$$

de plomo en la semana 12:

Plomo inicial: 0,00250 ppm

Plomo final: 0,00126 ppm

$$R = \frac{0,00250 - 0,00126}{0,0025} \times 100 = 49,6 \%$$

### Para el Zinc

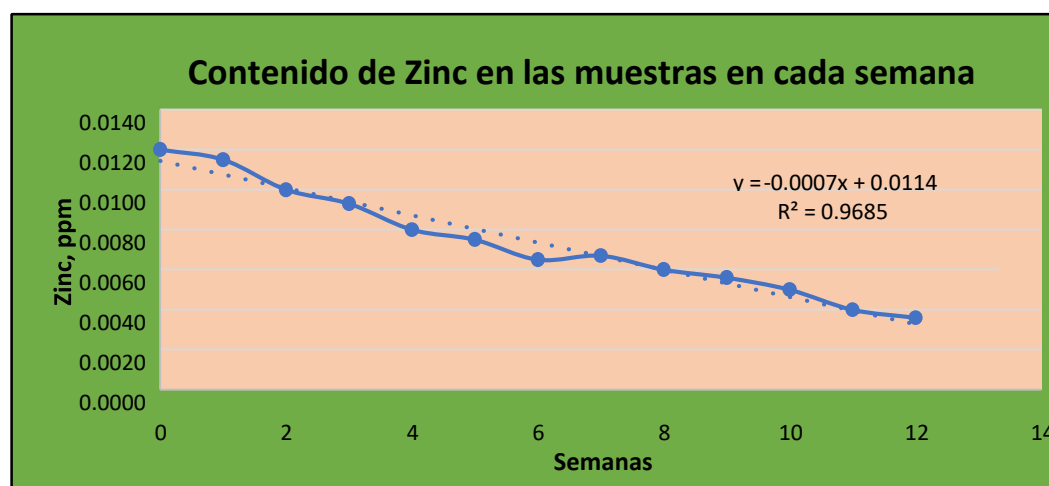


Fig 16 Variación del contenido de zinc

La línea de tendencia muestra una correlación lineal con un valor cercano a la unidad:  $R^2 = 0,9685$ .



El contenido de zinc varió prácticamente en forma lineal según la ecuación:

$$y = - 0,0007x + 0,0114$$

**Donde:**

y, contenido de zinc en ppm                      x, tiempo en semanas

Tiempo para absorber todo el zinc:

$$0 = - 0,0007S + 0,0114$$

$$S = 0,0114/0,0007 = 16,3 \text{ Semanas}$$

Rendimiento (R) de absorción de zinc en la semana 12:

Zinc inicial: 0,0120 ppm

Zinc final: 0,0036 ppm

$$R = \frac{0,0120 - 0,0036}{0,0120} \times 100 = 70 \%$$

**Para el Cobre**

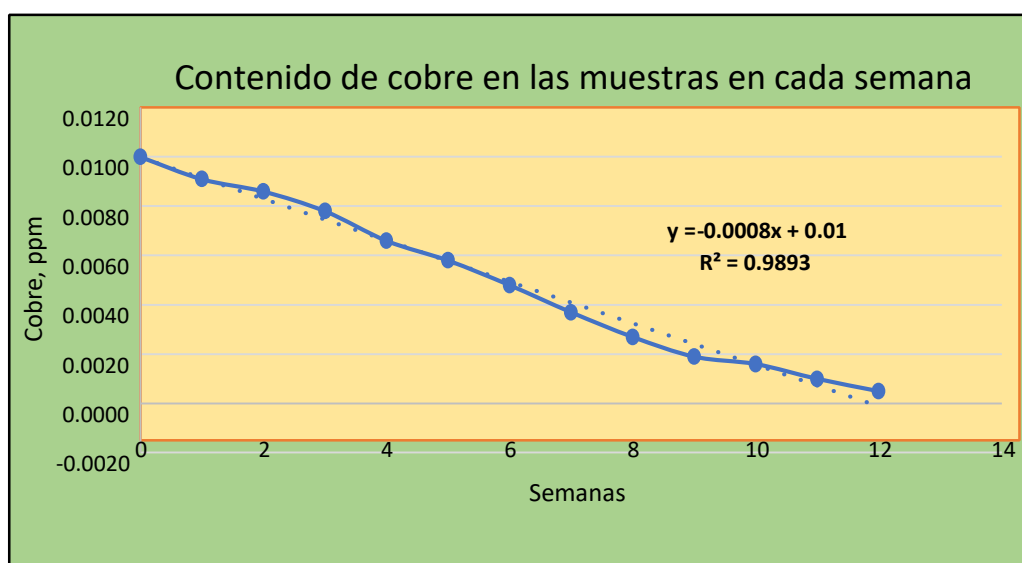


Fig 17 Variación del contenido de cobre

La línea de tendencia muestra una correlación lineal con un valor cercano a la unidad:  $R^2 = 0,9893$ .

El contenido de cobre varió prácticamente en forma lineal según la ecuación:

$$y = - 0,0008x + 0,01$$

**Donde:**

y, contenido de cobre en ppm

x, tiempo en semanas

Tiempo para absorber todo el cobre:

$$0 = -0,0008S + 0,01$$

$$S = 0,01/0,0008 = 12,5 \text{ Semanas Rendimiento (R) de absorción}$$

de cobre en la semana 12:

Cobre inicial: 0,0100 ppm

Cobre final: 0,0005 ppm

$$R = \frac{0,0100 - 0,0005}{0,0100} \times 100 = 95 \%$$

**Para el Hierro**

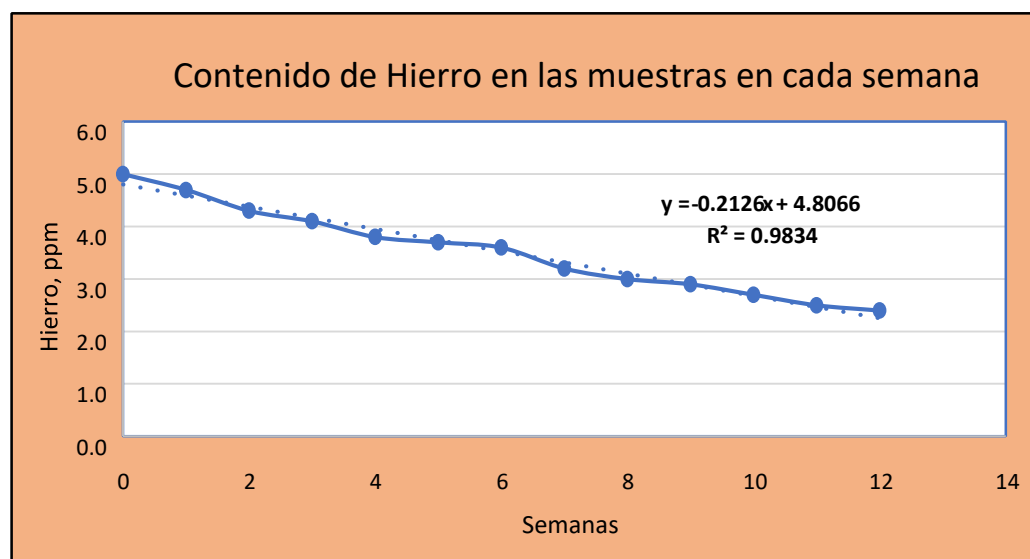


Fig 18 Variación del contenido de hierro

La línea de tendencia muestra una correlación lineal con un valor cercano a la unidad:  $R^2 = 0,9834$ .

El contenido de hierro varió prácticamente en forma lineal según la ecuación:

$$y = -0,2126 x + 4,8066$$

**Donde:**

y, contenido de hierro en ppm                      x, tiempo en semanas

Tiempo para absorber todo el hierro:

$$0 = -0,2126 S + 4,8066$$

$$S = 4,8066/0,2126 = 22,6 \text{ Semanas}$$

Rendimiento (R) de absorción de hierro en la semana 12:

Hierro inicial: 5,0 ppm

Hierro final: 2,4 ppm

$$R = \frac{5,0 - 2,4}{5,0} \times 100 = 52 \%$$

**Para el Cromo**

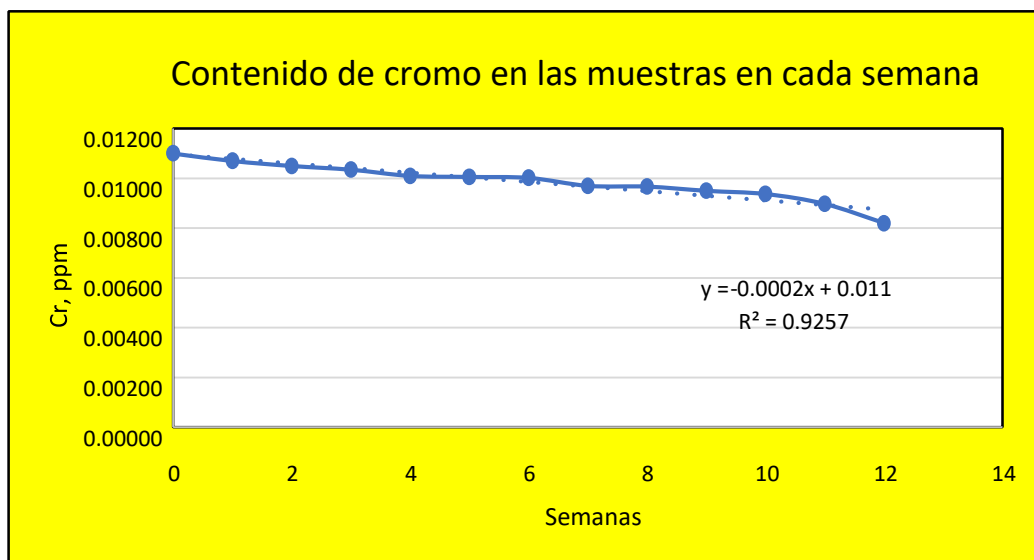


Fig 19 Variación del contenido de cromo

La línea de tendencia muestra una correlación lineal con un valor cercano a la unidad:  $R^2 = 0,9257$ .

El contenido de cromo varió prácticamente en forma lineal según la ecuación:

$$y = -0,0002 x + 0,011$$

**Donde:**

y, contenido de cromo en ppm                      x, tiempo en semanas

Tiempo para absorber todo el cromo:

$$0 = - 0,0002 S + 0,011 \qquad S =$$

0,011/0,0002 = 55 Semanas Rendimiento (R) de absorción de cromo en la semana 12:

Cromo inicial: 0,011 ppm

Cromo final: 0,0082 ppm

$$R = \frac{0,011 - 0,0082}{0,011} \times 100 = 25,45 \%$$

**Resumen de la absorción metálica**

**Tabla 4 Resumen de los resultados de análisis**

Metal	En 12 Semanas, ppm			Tiempo de absorción total del contenido inicial Semanas
	Contenido Inicial	Contenido final	Rendimiento de Absorción	
<b>Pb</b>	0,00250	0,00126	49,6	24,0
<b>Zn</b>	0,0120	0,0036	70	16,3
<b>Cu</b>	<b>0,0100</b>	<b>0,00035</b>	<b>95</b>	<b>12,5</b>
<b>Fe</b>	5,0	2,4	52	22,6
<b>Cr</b>	0,01100	0,00820	25,45	55,0

Como resultado final se puede observar que el “redondito acuático” absorbe eficientemente el cobre, lo que se recomienda en aguas que tienen altos contenidos de este metal pesado a las condiciones de temperatura y acidez como las consideradas en el presente estudio de investigación. El contenido inicial de cobre (5,0 ppm) ha sido absorbido casi en su totalidad (95 %) al final de las pruebas (12 semanas) quedando un remanente de 5 %, demostrándose la efectividad de esta especie vegetal sobre este elemento metálico.

## CONCLUSIONES

- Las pruebas se realizaron tomando como referencia el contenido máximo de metales de acuerdo a los ECAs-Perú en su modificatoria del Decreto Supremo N° 015-15 MINAM publicado por el diario El Peruano el 19 de diciembre del 2015 (Anexo), Categoría de agua 4 Sub-categoría E2 (Ríos de Costa y Sierra). Teniendo en cuenta esto, se simuló una solución metálica con las siguientes concentraciones:

*Plomo: 0,0025 ppm*

*Cobre: 0,1 ppm*

*Zinc: 0,12 ppm*

*Hierro (\*): 5,0 ppm*

*Cromo VI: 0,011 ppm*

- Para conseguir las concentraciones de metales, se emplearon nitratos de plomo, cobre, zinc y hierro. Para el cromo se empleó óxido de cromo VI por ser altamente soluble: 61,7 g/100 mL. Se preparó la solución metálica con las siguientes concentraciones:

<i>Sal metálica</i>	<i>Fórmula</i>	<i>Pesada, g</i>
<i>Nitrato de Plomo</i>	<i>Pb(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub></i>	<i>0,0160</i>
<i>Nitrato de Cobre (II)</i>	<i>Cu(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub></i>	<i>0,0125</i>
<i>Nitrato de Zinc</i>	<i>Zn(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub></i>	<i>0,5560</i>
<i>Nitrato de Hierro (III)</i>	<i>Fe(NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub></i>	<i>2,9000</i>
<i>Óxido de Cromo VI</i>	<i>CrO<sub>3</sub></i>	<i>0,0338</i>

- Para que las plantas crezcan en forma normal, se preparó una solución nutriente con los elementos necesarios para plantas acuáticas recomendada por botánicos de la UNDAC notándose que la acidez se mantuvo prácticamente constante dentro del rango recomendado. Las concentraciones de esta solución fueron las siguientes:

<i>Nutriente químico</i>	<i>Concentración g/L</i>
<i>KNO<sub>3</sub></i>	<i>0,1</i>
<i>Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub></i>	<i>0,5</i>
<i>KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub></i>	<i>0,1</i>
<i>MgSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O</i>	<i>0,1</i>
<i>pH = 7,5 – 9,0</i>	

- Los resultados obtenidos fueron satisfactorios, demostrándose que el redondito acuático es más eficiente con el cobre ya que en las 12 semanas de prueba tuvo un rendimiento del 95 % y, para el cromo se demostró alcanzar una muy baja eficiencia con un rendimiento del 25,45 %.
- De los resultados obtenidos, los mayores rendimientos de absorción de la *Hydrocotyle Vulgaris* se obtuvieron sobre el cobre y el zinc

## **RECOMENDACIONES**

- Realizar pruebas para otros metales pesados con la misma planta acuática, la *Hydrocotyle Vulgaris* o redondito acuático.
- Siguiendo la misma metodología se recomienda realizar pruebas con otras plantas acuáticas.
- La universidad debe contar con equipos de análisis requeridos para este tipo de investigaciones.

## BIBLIOGRAFÍA

- Aplicaciones de la biorremediación (caso del desastre del Prestige en la costa de Galicia)  
[http://www.belt.es/noticias/2003/febrero/24\\_28/28/prestige.htm](http://www.belt.es/noticias/2003/febrero/24_28/28/prestige.htm)
- Aplicación de la biorremediación en el derrame del Prestige en Galicia.  
<http://www.belt.es>
- Breve presentación sobre biorremediación, en castellano:  
<http://universidaddesantiago.cl/ima/bioremed.htm>
- Biorremediación en Mendoza (Universidad de Cuyo)  
<http://www.eco2site.com/informes/biorremediacion.asp>
- Biorremediación: Reportaje al Dr. en Ciencias Bernardo González.  
[http://www.bioplanet.net/magazine/bio\\_julago\\_2001/bio\\_2001\\_julago\\_reportaje.htm](http://www.bioplanet.net/magazine/bio_julago_2001/bio_2001_julago_reportaje.htm)
- Documento de INTI (Instituto Nacional de Tecnología Industrial y UBA):  
<http://www.inti.gov.ar/cequipe/dicaria.pdf>
- Fitorremediación. [http://www.cam\\_mx.com](http://www.cam_mx.com); <http://www.sefv.org>; <http://www.ucm.es>;  
<http://eclipse.red.cinvestav.mx>
- Microbiología y metales pesados. Revista Química viva. Vol. 2, número 3,  
2003. <http://www.quimicaviva.qb.fcen.uba.ar>
- Plantas acuáticas. [http://es.wikipedia.org/wiki/Planta\\_acu%C3%A1tica](http://es.wikipedia.org/wiki/Planta_acu%C3%A1tica)
- Utilización de la biorremediación en minería.  
[http://www.yloenvias.com/usuarios/ecopest\\_sl/bsr.htm](http://www.yloenvias.com/usuarios/ecopest_sl/bsr.htm)
- <http://fichas.infojardin.com/condimentos/nasturtium-officinale-berro-mastuerzo-agua-acuatico.htm>
- <http://plantas.florpedia.com/-plantas-acuaticas-anfibias.html>



- [http://www.sectorproductivo.com/index.php?option=com\\_content&view=article&id=4712:berro-cultivo-acuatico&catid=11:horticultura&Itemid=33](http://www.sectorproductivo.com/index.php?option=com_content&view=article&id=4712:berro-cultivo-acuatico&catid=11:horticultura&Itemid=33)
- <http://yerbasana.cl/?a=966>
- <http://www.worldlingo.com/ma/enwiki/es/Watercress>
- [http://es.wikipedia.org/wiki/Planta\\_acu%C3%A1tica](http://es.wikipedia.org/wiki/Planta_acu%C3%A1tica)
- [http://www.ilo.org/dyn/icsc/showcard.display?p\\_card\\_id=1194&p\\_version=1&p\\_lang=es](http://www.ilo.org/dyn/icsc/showcard.display?p_card_id=1194&p_version=1&p_lang=es)
- Aplicaciones de la biorremediación  
[http://www.belt.es/noticias/2003/febrero/24\\_28/28/prestige.htm](http://www.belt.es/noticias/2003/febrero/24_28/28/prestige.htm)
- Breve presentación sobre biorremediación, en castellano:  
<http://universidaddesantiago.cl/ima/bioremed.htm>
- Biorremediación en Mendoza (Universidad de Cuyo argentina)  
<http://www.eco2site.com/informes/biorremediacion.asp>
- Biorremediación: Reportaje al Dr. en Ciencias Bernardo González.  
[http://www.bioplanet.net/magazine/bio\\_julago\\_2001/bio\\_2001\\_julago\\_reportaje.htm](http://www.bioplanet.net/magazine/bio_julago_2001/bio_2001_julago_reportaje.htm)
- Documento de INTI (Instituto Nacional de Tecnología Industrial y UBA:  
<http://www.inti.gov.ar/cequipe/dicaria.pdf>
- Microbiología y metales pesados. Revista Química viva. Vol. 2,  
<http://www.quimicaviva.qb.fcen.uba.ar>

# **ANEXOS**

**CATEGORIA 4**

		CATEGORÍA 4				
PARÁMETRO	UNIDAD	E1: LAGUNAS Y LAGOS	E2: RÍOS		E3: ECOSISTEMAS MARINO COSTERAS	
			COSTA Y SIERRA	SELVA	ESTUARIOS	MARINOS
<b>FÍSICOS - QUÍMICOS</b>						
Aceites y grasa (MEH)	mg/L	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Cianuro Total	mg/L	0,0052	0,0052	0,0052	0,001	0,001
Color (b)	Color verdadero escala Pt/Co	20 (a)	20 (a)	20 (a)	**	**
Clorofila A	mg/L	0,008	**	**	**	**
Conductividad	(uS/cm)	1 000	1 000	1 000	**	**
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg/L	5	10	10	15	10
Fenoles	mg/L	2,56	2,56	2,56	5,8	5,8
Fósforo Total	mg/L	0,035	0,05	0,05	0,124	0,062
Nitratos (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	mg/L	13	13	13	200	200
Amoniaco	mg/L	1,9	1,9	1,9	0,4	0,55
Nitrógeno Total	mg/L	0,315	**	**	**	**
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥5	≥5	≥5	≥4	≥4
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 a 9,0	6,5 a 9,0	6,5 a 9,0	6,8 – 8,5	6,8 – 8,5
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	≤ 25	≤ 100	≤ 400	≤ 100	30

.... Continuación

PARÁMETRO	UNIDAD	E1: LAGUNAS Y LAGOS	E2: RÍOS		E3: ECOSISTEMAS MARINO COSTERAS	
			COSTA Y SIERRA	SELVA	ESTUARIOS	MARINOS
Sulfuros	mg/L	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
Temperatura	°C	Δ 3	Δ 3	Δ 3	Δ 2	Δ 2
<b>INORGÁNICOS</b>						
Antimonio	mg/L	0,61	1,6	0,61	**	**
Arsénico	mg/L	0,15	0,15	0,15	0,036	0,036
Bario	mg/L	0,7	0,7	1	1	**
Cadmio	mg/L	0,00025	0,00025	0,00025	0,0088	0,0088
Cobre	mg/L	0,1	0,1	0,1	0,05	0,05
Cromo VI	mg/L	0,011	0,011	0,011	0,05	0,05
Mercurio	mg/L	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Níquel	mg/L	0,052	0,052	0,052	0,0082	0,0082
Plomo	mg/L	0,0025	0,0025	0,0025	0,0081	0,0081
Selenio	mg/L	0,005	0,005	0,005	0,071	0,071
Talio	mg/L	0,0008	0,0008	0,0008	**	**
Zinc	mg/L	0,12	0,12	0,12	0,081	0,081

# REPORTE DE ANÁLISIS



## UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

Tingo María  
Facultad de Agronomía – Laboratorio de Análisis de Suelos  
Av. Universitaria s/n Teléf. 562342 – Fax 561156 Aptdo. 156  
Analisisdesuelosunas@hotmail.com



### ANÁLISIS ESPECIAL

SOLICITANTE: ROSALES SALZAR, Katherine			Procedencia: Tomayquichua, Huánuco						
Datos de la muestra			RESULTADOS DE ANÁLISIS VÍA A.A, ppm						
Código	Tipo	Puntos Monit.	.....	Pb	Cu	Fe	Zn	Cr	.....
M3070	Agua	.....		0.00246	0.0091	4.7	0.0115	0.01070	

Fecha de análisis: 1 abril 2019

Muestreado: Por interesado.



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA  
LAB. ANALISIS DE SUELOS  
*M. Sc. Miguel Huaya Rojas*  
M. Sc. Miguel Huaya Rojas  
J E F E



## UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

Tingo María  
Facultad de Agronomía – Laboratorio de Análisis de Suelos  
Av. Universitaria s/n Teléf. 562342 – Fax 561156 Aptdo. 156  
Analisisdesuelosunas@hotmail.com



### ANÁLISIS ESPECIAL

SOLICITANTE: ROSALES SALZAR, Katherine			Procedencia: Tomayquichua, Huánuco						
Datos de la muestra			RESULTADOS DE ANÁLISIS VÍA A.A, ppm						
Código	Tipo	Puntos Monit.	.....	Pb	Cu	Fe	Zn	Cr	.....
M4100	Agua	.....		0.00221	0.0086	4.3	0.0100	0.01050	

Fecha de análisis: 8 abril 2019

Muestreado: Por interesado.



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA  
LAB. ANALISIS DE SUELOS  
*M. Sc. Miguel Huaya Rojas*  
M. Sc. Miguel Huaya Rojas  
J E F E

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA**Tingo María  
Facultad de Agronomía – Laboratorio de Análisis de SuelosAv. Universitaria s/n Teléf. 562342 – Fax 561156 Aptdo. 156  
Analisisdesuelosunas@hotmail.com**ANÁLISIS ESPECIAL**

SOLICITANTE: ROSALES SALZAR, Katherine			Procedencia: Tomayquichua, Huánuco						
Datos de la muestra			RESULTADOS DE ANÁLISIS VÍA A.A, ppm						
Código	Tipo	Puntos Monit.	.....	Pb	Cu	Fe	Zn	Cr	.....
M4166	Agua	.....		0.00200	0.0078	4.1	0.0093	0.01035	

Fecha de análisis: 15 abril 2019

Muestreado: Por interesado.


  
 UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA  
 LABORATORIO DE SUELOS  
 M.Sc. Dgo. Miguel Huaya Rojas  
 J E F E
**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA**Tingo María  
Facultad de Agronomía – Laboratorio de Análisis de SuelosAv. Universitaria s/n Teléf. 562342 – Fax 561156 Aptdo. 156  
Analisisdesuelosunas@hotmail.com**ANÁLISIS ESPECIAL**

SOLICITANTE: ROSALES SALZAR, Katherine			Procedencia: Tomayquichua, Huánuco						
Datos de la muestra			RESULTADOS DE ANÁLISIS VÍA A.A, ppm						
Código	Tipo	Puntos Monit.	.....	Pb	Cu	Fe	Zn	Cr	.....
M4212	Agua	.....		0.00192	0.0066	3.8	0.0080	0.01010	

Fecha de análisis: 22 abril 2019

Muestreado: Por interesado.


  
 UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA  
 LABORATORIO DE SUELOS  
 M.Sc. Dgo. Miguel Huaya Rojas  
 J E F E



# UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

Tingo María

Facultad de Agronomía – Laboratorio de Análisis de Suelos

Av. Universitaria s/n Telef. 562342 – Fax 561156 Aptdo. 156  
Analisdosuelosunas@hotmail.com

## ANÁLISIS ESPECIAL



SOLICITANTE: ROSALES SALZAR, Katherine			Procedencia: Tomayquichua, Huánuco				
Datos de la muestra			RESULTADOS DE ANÁLISIS VÍA A.A, ppm				
Código	Tipo	Puntos Monit.	Pb	Cu	Fe	Zn	Cr
M4288	Agua	.....	0.00186	0.0058	3.7	0.0075	0.01006

Fecha de análisis: 29 abril 2019

Muestreado: Por interesado.



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA  
LAB. ANÁLISIS DE SUELOS  
M.Sc. Mgto. Miguel Huaya Rojas  
JEFE



# UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

Tingo María

Facultad de Agronomía – Laboratorio de Análisis de Suelos

Av. Universitaria s/n Telef. 562342 – Fax 561156 Aptdo. 156  
Analisdosuelosunas@hotmail.com

## ANÁLISIS ESPECIAL



SOLICITANTE: ROSALES SALZAR, Katherine			Procedencia: Tomayquichua, Huánuco				
Datos de la muestra			RESULTADOS DE ANÁLISIS VÍA A.A, ppm				
Código	Tipo	Puntos Monit.	Pb	Cu	Fe	Zn	Cr
M4298	Agua	.....	0.00178	0.0048	3.6	0.0065	0.01002

Fecha de análisis: 6 mayo 2019

Muestreado: Por interesado.



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA  
LAB. ANÁLISIS DE SUELOS  
M.Sc. Mgto. Miguel Huaya Rojas  
JEFE



# UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

Tingo María

Facultad de Agronomía – Laboratorio de Análisis de Suelos

Av. Universitaria s/n Teléf. 562342 – Fax 561156 Aptdo. 156  
Analistedesuelosunas@hotmail.com

## ANÁLISIS ESPECIAL



SOLICITANTE: ROSALES SALZAR, Katherine			Procedencia: Tomayquichua, Huánuco						
Datos de la muestra			RESULTADOS DE ANÁLISIS VÍA A.A, ppm						
Código	Tipo	Puntos Monit.	.....	Pb	Cu	Fe	Zn	Cr	.....
M4300	Agua	.....		0.00158	0.0037	3.2	0.0067	0.00970	

Fecha de análisis: 13 mayo 2019

Muestreado: Por interesado.



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA  
LAB. ANALISIS DE SUELOS  
M.Sc. Bgo. Miguel Huaya Rojas  
JEFE



# UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

Tingo María

Facultad de Agronomía – Laboratorio de Análisis de Suelos

Av. Universitaria s/n Teléf. 562342 – Fax 561156 Aptdo. 156  
Analistedesuelosunas@hotmail.com

## ANÁLISIS ESPECIAL



SOLICITANTE: ROSALES SALZAR, Katherine			Procedencia: Tomayquichua, Huánuco						
Datos de la muestra			RESULTADOS DE ANÁLISIS VÍA A.A, ppm						
Código	Tipo	Puntos Monit.	.....	Pb	Cu	Fe	Zn	Cr	.....
M4311	Agua	.....		0.00151	0.0027	3.0	0.0060	0.00967	

Fecha de análisis: 20 mayo 2019

Muestreado: Por interesado.



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA  
LAB. ANALISIS DE SUELOS  
M.Sc. Bgo. Miguel Huaya Rojas  
JEFE





# UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

Tingo María

Facultad de Agronomía – Laboratorio de Análisis de Suelos

Av. Universitaria s/n Teléf. 562342 – Fax 561156 Aptdo. 156  
Analisisdesuelosunas@hotmail.com

## ANÁLISIS ESPECIAL



SOLICITANTE: ROSALES SALZAR, Katherin			Procedencia: Tomayquichua, Huánuco						
Datos de la muestra			RESULTADOS DE ANÁLISIS VÍA A.A, ppm						
Código	Tipo	Puntos Monit.	.....	Pb	Cu	Fe	Zn	Cr	.....
M4355	Agua	.....		0.00146	0.0019	2.9	0.0056	0.00950	

Fecha de análisis: 27 mayo 2019

Muestreado: Por interesado.



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA  
LAB. ANÁLISIS DE SUELOS  
M.Sc. Dgo. Miguel Huaya Rojas  
JEFE



# UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

Tingo María

Facultad de Agronomía – Laboratorio de Análisis de Suelos

Av. Universitaria s/n Teléf. 562342 – Fax 561156 Aptdo. 156  
Analisisdesuelosunas@hotmail.com

## ANÁLISIS ESPECIAL



SOLICITANTE: ROSALES SALZAR, Katherin			Procedencia: Tomayquichua, Huánuco						
Datos de la muestra			RESULTADOS DE ANÁLISIS VÍA A.A, ppm						
Código	Tipo	Puntos Monit.	.....	Pb	Cu	Fe	Zn	Cr	.....
M4398	Agua	.....		0.00135	0.0016	2.7	0.0050	0.00937	

Fecha de análisis: 3 de junio 2019

Muestreado: Por interesado.



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA  
LAB. ANÁLISIS DE SUELOS  
M.Sc. Dgo. Miguel Huaya Rojas  
JEFE



# UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

Tingo María  
Facultad de Agronomía – Laboratorio de Análisis de Suelos  
Av. Universitaria s/n Telef. 562342 – Fax 561156 Aptdo. 156  
Analisisdesuelosunas@hotmail.com



## ANÁLISIS ESPECIAL

SOLICITANTE: ROSALES SALZAR, Katherin			Procedencia: Tomayquichua, Huánuco						
Datos de la muestra			RESULTADOS DE ANÁLISIS VÍA A.A, ppm						
Código	Tipo	Puntos Monit.	.....	Pb	Cu	Fe	Zn	Cr	.....
M4388	Agua	.....		0.00131	0.0010	2.5	0.0040	0.00897	

Fecha de análisis: 10 junio 2019

Muestreado: Por interesado.



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA  
LAB. ANALISIS DE SUELOS  
M.Sc. Dgo. Miguel Huayta Rojas  
JEFE



# UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

Tingo María  
Facultad de Agronomía – Laboratorio de Análisis de Suelos  
Av. Universitaria s/n Telef. 562342 – Fax 561156 Aptdo. 156  
Analisisdesuelosunas@hotmail.com



## ANÁLISIS ESPECIAL

SOLICITANTE: ROSALES SALZAR, Katherin			Procedencia: Tomayquichua, Huánuco						
Datos de la muestra			RESULTADOS DE ANÁLISIS VÍA A.A, ppm						
Código	Tipo	Puntos Monit.	.....	Pb	Cu	Fe	Zn	Cr	.....
M4399	Agua	.....		0.00126	0.0005	2.4	0.0036	0.00820	

Fecha de análisis: 17 junio 2019

Muestreado: Por interesado.



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA  
LAB. ANALISIS DE SUELOS  
M.Sc. Dgo. Miguel Huayta Rojas  
JEFE



**Foto 01 Recogiendo las muestras de redonditos acuáticos**



**Foto 02 Lavando prolijamente cada muestra**



**Foto 03 Preparación de la solución madre metálica en 2 L de agua destilada**



Foto 04 Balanza analítica empleada

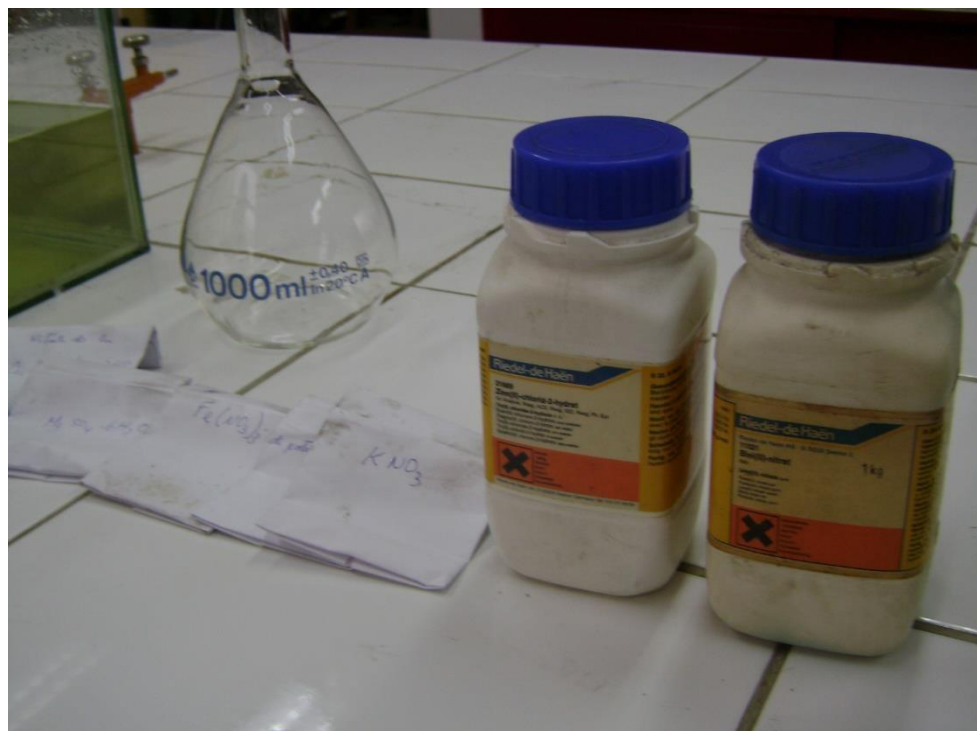


Foto 05 Reactivos químicos para la solución metálica



**Foto 06 Preparando para medir el crecimiento de los redonditos acuáticos**



**Foto 07 Lugar (casa) de Tomayquichua donde se hicieron las pruebas**

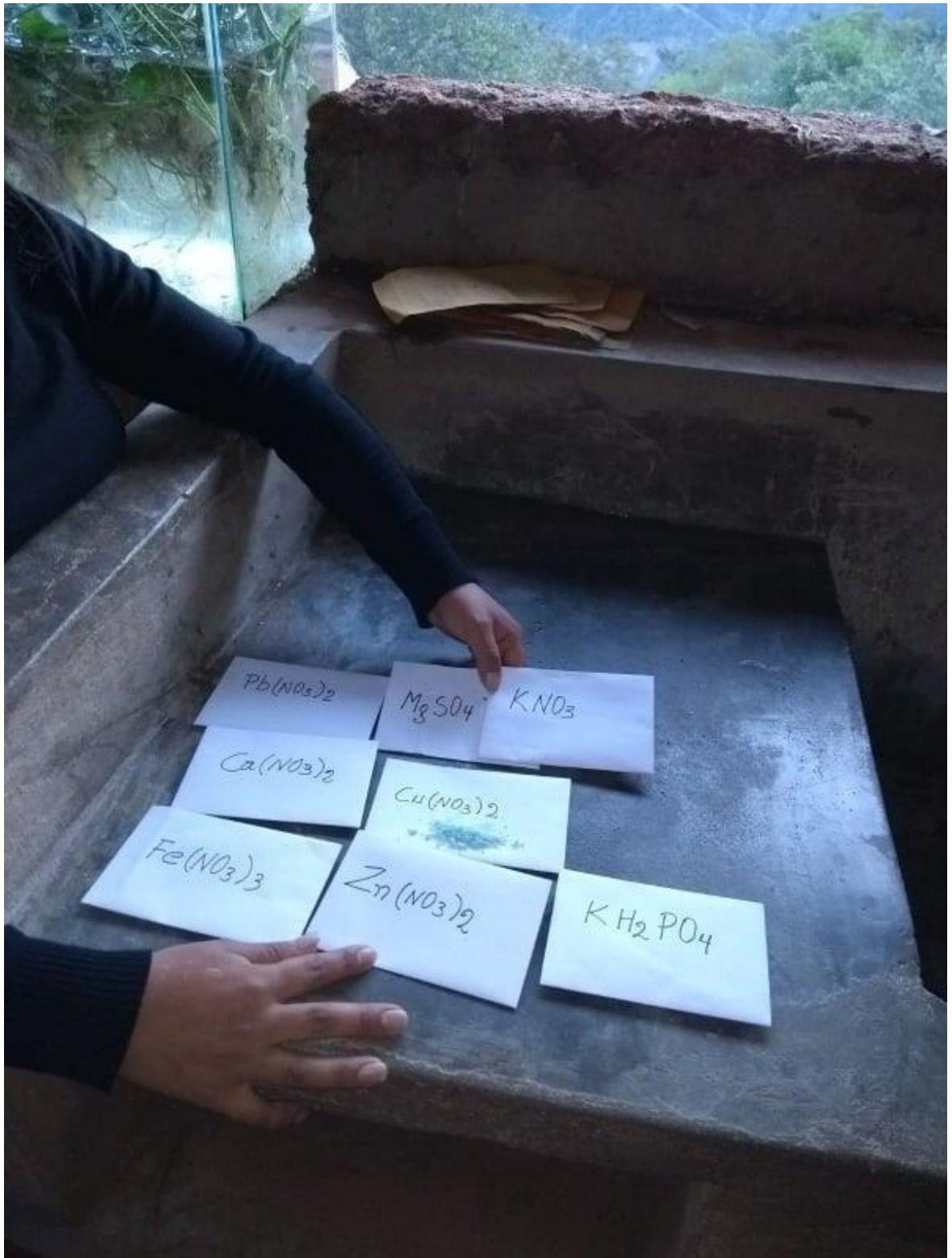


Foto 08 Reactivos químicos para la solución nutriente





**Foto 09 Redonditos acuáticos a las 12va Semana**



**Foto 10 Redonditos acuáticos para ser sumergid**

## MATRIZ DE CONSISTENCIA

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	INDICADORES	INSTRUMENTO
<p>- ¿Cuál es la capacidad de absorción de plomo de la <i>Hydrocotyle vulgaris</i>, "redonditos de agua"?</p> <p>- ¿Cuál es la capacidad de absorción de cobre de la <i>Hydrocotyle vulgaris</i>, "redonditos de agua"?</p> <p>- ¿Cuál es la capacidad de absorción de zinc de la <i>Hydrocotyle vulgaris</i>, "redonditos de agua"?</p> <p>- ¿Cuál es la capacidad de absorción de hierro de la <i>Hydrocotyle vulgaris</i>, "redonditos de agua"?</p>	<p><b><u>General</u></b> Determinar la capacidad de absorción de metales pesados de la <i>Hydrocotyle vulgaris</i>.</p> <p><b><u>Específicos</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Determinar la capacidad de absorción de plomo de la planta acuática <i>Hydrocotyle vulgaris</i>.</li> <li>- Determinar la capacidad de absorción de cobre de la planta acuática <i>Hydrocotyle vulgaris</i>.</li> <li>- Determinar la capacidad de absorción de zinc de la planta acuática <i>Hydrocotyle vulgaris</i>.</li> <li>- Determinar la capacidad de absorción de hierro de la planta acuática <i>Hydrocotyle vulgaris</i>.</li> <li>- Determinar la capacidad de absorción de cromo de la planta acuática <i>Hydrocotyle vulgaris</i>.</li> </ul>	<p><b><u>General</u></b></p> <p>La planta acuática <i>Hydrocotyle vulgaris</i> posee la capacidad biológica de absorción metálica (Pb, Cu, Zn, Fe y Cr).</p> <p><b><u>Específicos</u></b></p> <p>La planta <i>Hydrocotyle vulgaris</i>, "redonditos de agua" posee capacidad de absorción respecto al plomo.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- La planta <i>Hydrocotyle vulgaris</i>, "redonditos de agua" posee capacidad de absorción respecto al cobre.</li> <li>- La planta <i>Hydrocotyle vulgaris</i>, "redonditos de agua" posee capacidad de absorción respecto al Zinc.</li> <li>- La planta <i>Hydrocotyle vulgaris</i>, "redonditos de agua" posee capacidad de absorción respecto al hierro.</li> <li>- La planta <i>Hydrocotyle vulgaris</i>, "redonditos de agua" posee capacidad de absorción respecto al cromo.</li> </ul>	<p><b><u>Dependiente</u></b> La planta acuática <i>Hydrocotyle vulgaris</i> posee la capacidad biológica de absorción metálica (Pb, Cu, Zn, Fe y Cr).</p> <p><b><u>Independientes</u></b> Tiempo de contacto raíces – metálicos</p>	<p>Variación de concentración de especies metálicas</p>	<p>Equipo de Absorción Atómica de la UNAS</p>