



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**SEDE MORONA SANTIAGO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS**  
**CARRERA INGENIERÍA AMBIENTAL**

**ESTUDIO PARA DETERMINAR EL USO DE LA *SIDA***  
***RHOMBIFOLIA* EN LA SEPARACIÓN Y EXTRACCIÓN DEL ORO**  
**ALUVIAL EN LA MINERÍA ARTESANAL**

**Trabajo de Integración Curricular**

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERA AMBIENTAL**

**AUTORA: JANINA ESTEFANÍA TEJEDOR QUEZADA**

**DIRECTOR: ING. JAVIER IGNACIO BRIONES GARCÍA MgS**

Macas – Ecuador

2022

© 2022, Janina Estefanía Tejedor Quezada

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, JANINA ESTEFANÍA TEJEDOR QUEZADA, declaro que el presente Trabajo de Integración Curricular es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autora asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Macas, 7 de junio de 2022



**Janina Estefanía Tejedor Quezada**

**140054772-3**

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS**  
**CARRERA INGENIERÍA AMBIENTAL**

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; Tipo: Proyecto de Investigación, **ESTUDIO PARA DETERMINAR EL USO DE LA SIDA RHOMBIFOLIA EN LA SEPARACIÓN Y EXTRACCIÓN DEL ORO ALUVIAL EN LA MINERÍA ARTESANAL**, realizado por la señorita: **JANINA ESTEFANÍA TEJEDOR QUEZADA**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	<b>FIRMA</b>	<b>FECHA</b>
Ing. Danielita Fernanda Borja Mayorga MsC. <b>PRESIDENTE DEL TRIBUNAL</b>		2022-06-7
Ing. Javier Ignacio Briones García MgS. <b>DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR</b>		2022-06-7
Ing. Karina Gabriela Salazar Llangari MgS. <b>MIEMBRO DEL TRIBUNAL</b>		2022-06-7

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo de investigación lo dedico a mis padres y hermanos que me han ayudado a lograr mis metas, por brindarme su amor y apoyo incondicional, porque que siempre han estado presentes para darme fuerza y mentalidad en los momentos más difíciles.

*Janina*

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a mis padres por enseñarme valores que me han formado como persona. A mis hermanos que me han apoyado durante toda mi carrera universitaria. A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, por permitirme convertirme en una profesional y poder ayudar a la sociedad.

***Janina***

## TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xi
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xii
RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT.....	xiv
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I	
1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL.....	3
1.1. Escubilla ( <i>Sida rhombifolia</i> ).....	3
1.1.1. Caracterización física.....	3
1.1.2. Taxonomía.....	4
1.1.3. Caracterización química de la Escubilla ( <i>Sida rhombifolia</i> ).....	5
1.2. Metabolitos primarios.....	6
1.2.1. Proteínas.....	6
1.2.2. Carbohidratos o azúcares.....	6
1.2.3. Nucleótidos o ácidos nucleicos.....	6
1.2.4. Lípidos.....	7
1.3. Metabolitos secundarios.....	7
1.3.1. Terpenoides o isoprenoides.....	8
1.3.2. Compuestos fenólicos.....	8
1.3.3. Glicósidos.....	8
1.3.4. Alcaloides.....	8
1.4. Mucílago.....	9
1.4.1. Usos del mucílago.....	9
1.4.2. Métodos de extracción.....	9
1.4.2.1. Por precipitación.....	9
1.4.2.2. Por ebullición.....	10
1.5. Método de flotación espumante.....	10
1.5.1. Espumante.....	10
1.5.2. Flotación flash.....	10
1.5.3. Método de obtención de la solución espumante.....	11
1.6. Minería.....	11
1.6.1. Minería Artesanal.....	11

1.6.2.	<i>Actividad minera</i> .....	11
1.6.3.	<i>Técnica de bateo en la minería artesanal</i> .....	12
1.7.	<b>Oro</b> .....	12
1.7.1.	<i>Características del oro</i> .....	13
1.8.	<b>Mercurio</b> .....	14
1.8.1.	<i>Formas químicas del mercurio</i> .....	14
1.8.2.	<i>Uso del mercurio en la minería artesanal</i> .....	15
1.8.3.	<i>El mercurio en la salud del ser humano</i> .....	15
1.9.	<b>Impacto ambiental</b> .....	15
1.10.	<b>Relave</b> .....	15
1.11.	<b>Marco legal</b> .....	16

## CAPÍTULO II

2.	<b>MARCO METODOLÓGICO</b> .....	18
2.1.	<b>Tipo de investigación</b> .....	18
2.2.	<b>Metodología</b> .....	18
2.2.1.	<i>Método</i> .....	18
2.2.2.	<i>Tipo</i> .....	18
2.2.3.	<i>Enfoque</i> .....	18
2.2.4.	<i>Técnicas en función del enfoque</i> .....	18
2.2.4.1.	<i>Enfoque cualitativo</i> .....	19
2.2.4.2.	<i>Enfoque cuantitativo</i> .....	19
2.3.	<b>Identificación de variables</b> .....	19
2.3.1.1.	<i>Variable dependiente</i> .....	19
2.3.1.2.	<i>Variable independiente</i> .....	19
2.4.	<b>Materiales, equipos, reactivos y sustancias</b> .....	19
2.4.1.	<i>Equipos y materiales</i> .....	19
2.4.2.	<i>Reactivos y sustancias</i> .....	20
2.5.	<b>Diseño de la investigación</b> .....	20
2.5.1.1.	<i>Población de estudio</i> .....	20
2.5.1.2.	<i>Selección de la muestra</i> .....	21
2.5.1.3.	<i>Técnica de recolección de datos</i> .....	21
2.5.1.4.	<i>Tratamiento y diseño experimental</i> .....	21
2.6.	<b>Procedimiento experimental</b> .....	22
2.6.1.	<i>Análisis de las propiedades y características físico-químicas de la escubilla</i> .....	23
2.6.1.1.	<i>Porcentaje de humedad</i> .....	23
2.6.1.2.	<i>Densidad aparente</i> .....	23



2.6.1.3.	<i>Capacidad de retención de agua</i> .....	24
2.6.1.4.	<i>Sólidos solubles</i> .....	24
2.6.1.5.	<i>Porcentaje de ceniza</i> .....	24
2.6.1.6.	<i>pH</i> .....	25
2.6.1.7.	<i>Gravedad específica</i> .....	25
2.6.1.8.	<i>Propiedades organolépticas</i> .....	25
2.6.2.	<b><i>Caracterización del oro aluvial</i></b> .....	25
2.6.2.1.	<i>Tamaño</i> .....	25
2.6.2.2.	<i>Tipo de forma</i> .....	26
2.6.2.3.	<i>Magnetismo</i> .....	26
2.6.2.4.	<i>Color</i> .....	26
2.6.3.	<b><i>Obtención del mucílago</i></b> .....	26
2.6.3.1.	<i>Obtención de mucílago mediante el método de precipitación</i> .....	26
2.6.3.2.	<i>Obtención de mucílago mediante el método de ebullición</i> .....	27
2.6.4.	<b><i>Análisis de las características físico-químicas del mucílago de la escubilla</i></b> .....	28
2.6.5.	<b><i>Obtención de la solución espumante a partir del mucílago de la Sida rhombifolia</i></b> .....	28
2.6.6.	<b><i>Recuperación del oro aluvial con el uso de la celda de flotación tipo flash</i></b> .....	29

### **CAPÍTULO III**

3.	<b>MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS</b> .....	31
3.1.	<b>Marco de resultados</b> .....	31
3.1.1.	<b><i>Análisis de las propiedades y características físico-químicas de la escubilla</i></b> .....	31
3.1.1.1.	<i>Propiedades fitoquímicas de la Sida rhombifolia</i> .....	31
3.1.1.2.	<i>Propiedades físico-químicas de la planta de Sida rhombifolia</i> .....	32
3.1.2.	<b><i>Caracterización del oro aluvial</i></b> .....	33
3.1.3.	<b><i>Obtención de mucílago de la Sida rhombifolia</i></b> .....	34
3.1.3.1.	<b><i>Balance de masa en la obtención de mucílago de la Sida rhombifolia</i></b> .....	36
3.1.4.	<b><i>Propiedades físico-químicas del mucílago de la Sida rhombifolia</i></b> .....	36
3.1.5.	<b><i>Solución espumante a partir del mucílago de la Sida rhombifolia</i></b> .....	37
3.1.6.	<b><i>Recuperación de oro aluvial</i></b> .....	39
1.1.1.	<b><i>Recuperación de oro por diferentes métodos</i></b> .....	40
3.2.	<b>Discusión de resultados</b> .....	40

CONCLUSIONES	.....	43
--------------	-------	----

RECOMENDACIONES	.....	45
-----------------	-------	----

### **GLOSARIO**

### **BIBLIOGRAFÍA**

### **ANEXOS**

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1-1:</b>	Análisis fitoquímico proximal de la hoja de la Escubilla ( <i>Sida rhombifolia</i> ) .....	5
<b>Tabla 2-1:</b>	Características fisicoquímicas del oro .....	13
<b>Tabla 1-2:</b>	Resumen del diseño factorial.....	21
<b>Tabla 2-2:</b>	Diseño factorial (aleatorio ordenado) .....	22
<b>Tabla 1-3:</b>	Comparación de la acción antimicrobiana de la <i>Sida rhombifolia</i> .....	32
<b>Tabla 2-3:</b>	Propiedades físico-químicas de la planta de <i>Sida rhombifolia</i> .....	32
<b>Tabla 3-3:</b>	Propiedades físico-químicas del mucílago de <i>Sida rhombifolia</i> .....	36
<b>Tabla 4-3:</b>	Caracterización de oro aluvial .....	33
<b>Tabla 5-3:</b>	Resultados de la obtención de mucílago.....	34
<b>Tabla 6-3:</b>	Estadística descriptiva: Precipitación-ebullición.....	35
<b>Tabla 7-3:</b>	Resultados de la obtención de la solución espumante .....	37
<b>Tabla 8-3:</b>	Estadística descriptiva: solución espumante.....	38
<b>Tabla 9-3:</b>	Tabla de resultados de la recuperación del analito .....	39

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1-1:</b>	Escubilla ( <i>Sida rhombifolia</i> ) .....	3
<b>Figura 2-1:</b>	Escubilla ( <i>Sida rhombifolia</i> ) .....	5
<b>Figura 3-1:</b>	Relación entre metabolismo primario y secundario .....	7
<b>Figura 4-1:</b>	Técnica de bateo en minería artesanal .....	12
<b>Figura 5-1:</b>	Oro aluvial amalgamado .....	13
<b>Figura 6-1:</b>	Granos de oro aluvial puro.....	13
<b>Figura 1-3:</b>	Diferencias del oro aluvial en pepitas .....	34
<b>Figura 2-3:</b>	Balance de masa.....	36

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfica 1-2:</b> Metodología para obtener mucílago por precipitación.....	27
<b>Gráfica 2-2:</b> Metodología para obtener mucílago por ebullición.....	28
<b>Gráfica 3-2:</b> Metodología para obtener la solución espumante .....	29
<b>Gráfica 1-3:</b> Histograma de mucílago obtenido por precipitación y ebullición.....	35
<b>Gráfica 2-3:</b> Histograma de altura de espuma.....	39
<b>Gráfica 3-3:</b> Histograma de cantidad de oro aluvial recuperado .....	40

## ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO A:** CARACTERIZACIÓN-ORO ALUVIAL
- ANEXO B:** DEMOSTRACIÓN DE LA AUSENCIA DE MAGNETISMO EN EL ORO
- ANEXO C:** CARACTERIZACIÓN-ORO ALUVIAL VISTA AL OJO HUMANO
- ANEXO D:** CARACTERIZACIÓN-ORO ALUVIAL VISTA CON ESTEREOSCOPIO
- ANEXO E:** PRESENCIA DE MAGNETISMO EN LA ARENILLA
- ANEXO F:** ARENILLA VISTA AL OJO HUMANO
- ANEXO G:** MATERIAL SECUNDARIO VISTA AL MICROSCOPIO
- ANEXO H:** CARACTERIZACIÓN-MEDICIÓN DE ORO ALUVIAL
- ANEXO I:** BÚSQUEDA DE LA PLANTA
- ANEXO J:** RECOLECCIÓN DE LA PLANTA
- ANEXO K:** EBULLICIÓN DE LA PLANTA
- ANEXO L:** SEPARACIÓN DE MUESTRA PARA MUCÍLAGO
- ANEXO M:** EXPERIMENTACIÓN PARA OBTENCIÓN DE MUCÍLAGO
- ANEXO N:** EXTRACCIÓN DE MUCÍLAGO
- ANEXO O:** ELABORACIÓN DE SOLUCIÓN ESPUMANTE
- ANEXO P:** EQUIPOS Y MATERIALES PARA EL PROCESO DE FLOTACIÓN
- ANEXO Q:** APLICACIÓN ELÉCTRICA DEL PROCESO DE FLOTACIÓN
- ANEXO R:** APLICACIÓN MANUAL DEL PROCESO DE FLOTACIÓN ESPUMANTE
- ANEXO S:** INYECCIÓN DE CORRIENTE AIRE A LA CELDA
- ANEXO T:** RECOLECCIÓN DE LA ESPUMA
- ANEXO U:** SECADO DE LA ESPUMA
- ANEXO V:** RECUPERACIÓN DE ORO ALUVIAL
- ANEXO W:** TOTAL DE ORO ALUVIAL RECUPERADO

## RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo evaluar el uso de la escubilla (*Sida rhombifolia*) en la minería artesanal con batea para la separación y extracción del oro aluvial, mediante el método de flotación espumante en la parroquia Alshi/9 Octubre, perteneciente al cantón Morona. Como primer paso se recolectó la muestra vegetal y de oro aluvial para extraer el mucílago de la escubilla y realizar la caracterización del oro aluvial, posteriormente se analizaron parámetros físico-químicos de la planta y el mucílago mediante ensayos en el laboratorio, luego se elaboró una solución espumante con agua destilada, jabón líquido y el mucílago de la escubilla, consecutivamente se elaboró en una celda tipo *flash* artesanal con un tubo de PVC de 13 centímetros de diámetro y 60 centímetros de altura, la cual estuvo adaptada a una hélice reciclada; seguidamente se colocó la muestra de oro y la solución espumante en la celda agitándola manualmente hasta lograr remover la muestra de oro aluvial a través de la flotación espumante. Con la información recopilada se realizó un análisis estadístico utilizando el software Minitab. Como resultados en los parámetros físico-químicos de la planta se tuvo: porcentaje de humedad 76,25%, densidad aparente 0,48 gramos sobre mililitro, capacidad de retención de agua: pH 4= 0,34; pH 7= 5,29 y pH 10= 6,27 gramos de agua sobre gramos de muestra, porcentaje de sólidos solubles 35%, pH 7,01, gravedad específica 1,010 gramos sobre centímetro cúbico, porcentaje de ceniza 2,95%. Se recuperó el 30% de oro aluvial debido a varios factores entre ellos el tamaño de la partícula de oro. Se concluye que para la implementación de esta metodología en la recuperación de oro aluvial, es necesario que las partículas de oro sean menores a 18 $\mu$ m. Se recomienda implementar esta investigación en las relaveras.

**Palabras clave:** <INGENIERÍA AMBIENTAL <ESCUBILLA (*Sida rhombifolia*)>, <MINERÍA ARTESANAL ECOLÓGICA>, <FLOTACIÓN ESPUMANTE>, <MUCÍLAGO>.



A handwritten signature in blue ink, likely belonging to the author or a representative of the institution.

1429-DBRA-UTP-2022

## ABSTRACT

This study aimed to evaluate the use of arrowleaf sida (*Sida rhombifolia*) in an artisanal mining, where they use a tray to separate and extract the alluvial gold, through the flotation foam method in Alshi/9 Octubre civil parish, belonging to Morona canton. At first, the vegetal sample and alluvial gold were collected to extract the mucilage of the arrowleaf sida and also to create the alluvial gold characterization; afterwards, physicochemical parameters of the plant and the mucilage were analyzed through tests in the laboratory; then a foaming solution was produced from distilled water, liquid soap and the arrowleaf sida mucilage; consecutively, it was elaborated in a cell like artisanal flash made of a PVC pipe 13 centimeters diameter and 60 centimeters high, which was adapted to a recycled screw; immediately, it was located a gold sample and the foaming solution in the cell by manually shaking it until manage to remove the alluvial golden sample through the flotation foam. Starting from the information gathered, it was conducted a statistical analysis using the software Minitab. As a result, in the physical chemical parameters of the plant, it was obtained: humidity percentage 76.25%, bulk density 0,48 grams per milliliter, a water retention volume: pH 4= 0,34; pH 7=5,29 and pH 10= 6,27 water grams per sample grams, soluble solid percentage 25%, pH 7,01, specific gravity 1,010 grams per cubic centimeters, ash percentage 2,95%. 30% of the alluvial gold was recovered as per several factors among which the size of the golden particle. In conclusion, to implement this strategy based on this specific methodology in order to recover the alluvial gold, it is necessary that the golden particles would be less than 18 cm. It is recommended to implement this investigation in tailings.

**Keywords:** <ENVIRONMENTAL ENGINEERING <ARROWLEAF (*Sida rhombifolia*)>, <ECOLOGICAL ARTISANAL MINING>, <FLOTATION FOAM>, <MUCILAGE>.



Firmado electrónicamente por  
**JESSICA  
VALENTINA  
GALIMBERTI .**

## INTRODUCCIÓN

El mercurio (Hg) es un contaminante de relevancia mundial, debido a que este metal es un tóxico ambiental con gran impacto sobre la salud humana como es el hidrargirismo o daños neurológicos y al medio ambiente como la bioacumulación tanto en plantas como en animales. El oro que es recogido de los ríos a través de la minería artesanal es llevado a un proceso de recolección del material, separación, extracción y finalmente su venta (MAE, 2020, p. 8). El problema es la utilización del mercurio para formar una amalgama con el oro, puesto que a continuación es quemada para evaporar el mercurio y obtener el oro en forma de esferas. Este procedimiento no es solo nocivo para el minero que es quien aspira parte de los vapores del mercurio que se elimina durante el calentamiento, sino también para las zonas cercanas, puesto que el mercurio evaporado se condensa y contamina el agua y la tierra (Telmer y Stappe, 2008, p. 2). Los lugares con altas concentraciones de mercurio, son fuentes de dispersión de dicho metal en los sistemas acuáticos y contribuyen a la contaminación por metilmercurio  $[\text{CH}_3\text{Hg}]^+$  que es un compuesto que se halla en la forma más común del mercurio orgánico que existe en la naturaleza y que además es mucho más tóxico que el mercurio elemental y sus sales inorgánicas. La contaminación alcanza a la fauna y la flora silvestres con los efectos consiguientes en la vida de muchas personas, tanto de las que participan directamente en las actividades mineras como de las que viven en las cercanías. La minería informal e ilegal es un problema de gran magnitud, que contraviene los derechos de poblaciones causando protestas por los impactos negativos ambientales y sociales; sin embargo, es una actividad que sustenta la economía de una localidad, es por eso que esta investigación se encaminará en buscar una opción menos contaminante al momento de realizar la extracción y separación del oro por medio de la utilización del método de flotación espumante en el cual se usará el mucílago de una planta de la zona denominada escubilla (*Sida rhombifolia*) en lugar de usar el mercurio en la minería artesanal (Español, 2017, p. 309).

El Ministerio del Ambiente realiza continuamente el control y seguimiento de la actividad minera que se desarrollan en los alrededores del Río Upano, ubicado en la ciudad de Macas, provincia de Morona Santiago (MAATE, 2021, párr. 2). En la zona del Río Upano y sus alrededores se ejecutan actividades que van desde la minería artesanal hasta la extracción de materiales pétreos lo que conlleva a la destrucción de la flora y fauna en los alrededores y en el mismo Río Upano. La minería Artesanal con la utilización del mercurio contamina dicho Río, además que trae consigo consecuencias a nivel ambiental y económico, que es conocido a nivel nacional e internacional por sus cualidades para practicar deportes como el rafting. Por ende, es de suma importancia realizar actividades que promuevan a su cuidado (El Telégrafo, 2017, párr. 3).

Es importante concientizar a las personas dedicadas a la minería artesanal en temas de cuidado del medio ambiente y a su vez proponer alternativas que contribuyan a su bienestar. Este proyecto permitirá fomentar el cuidado de la salud del minero, la protección de la flora y fauna que está en



contacto directo e indirecto con la minería artesanal, dando a conocer ideas, maneras y medios para sacar provecho de una planta que es considerada una maleza como es la escubilla (*Sida rhombifolia*). En la parroquia Alshi/9 de Octubre, lugar donde se realizará este proyecto de investigación, actualmente no se practica ningún procedimiento de extracción y separación del oro aluvial de una manera ecológica, por esta razón se manifestó la necesidad de realizar una “EVALUACIÓN PARA DETERMINAR EL USO DE LA *SIDA RHOMBIFOLIA* EN LA SEPARACIÓN Y EXTRACCIÓN DEL ORO ALUVIAL EN LA MINERÍA ARTESANAL“, como una propuesta de investigación para reducir los impactos ambientales negativos por la actividad minera artesanal y dar una solución específica a los problemas que se originan. Todo esto con la finalidad de desarrollar acciones encaminadas a disminuir el uso del azogue y fomentar la minería artesanal de una manera ecológica y amigable con el medio ambiente. El estudio de este proyecto contribuirá de conocimientos científicos a las personas que tienen como sustento económico a la minería artesanal, pues la misma ayudará al cuidado de su salud como al del medio ambiente, esto a través de la utilización del mucílago de la escubilla (*Sida rhombifolia*) para la extracción y separación del oro aluvial en la minería artesanal con batea aplicando el método de flotación espumante, en la parroquia Alshi/9 de Octubre, perteneciente al cantón Morona, provincia de Morona Santiago, el lugar de usar el mercurio.

## CAPÍTULO I

### 1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

#### 1.1. Escubilla (*Sida rhombifolia*)

La escubilla es una especie de planta más comunes en Ecuador, y considerada una maleza perenne a nivel internacional. Pertenece a la familia *Malvaceae* del reino *Plantae*. Sus nombres comunes son escobilla, escubilla, yuquilla, malvavisco, malva de escoba, entre otros. Se desconoce con exactitud su área de origen, aunque se le atribuye al continente africano, es una planta que está ampliamente distribuida en América, especialmente en Ecuador, Perú, Argentina y Uruguay (Fundation Charles Darwin, 2020, párr. 1).



**Figura 1-1:** Escubilla (*Sida rhombifolia*)

**Fuente:** (Fundation Charles Darwin 2020)

**Realizado por:** Tejedor, Janina, 2021.

##### 1.1.1. Caracterización física

Esta especie es nativa de África. Es una planta perenne o anual semiarbustiva, muy ramificada, erecta, con alturas de 150cm. Su tallo tiene forma cilíndrica y muy ramificado. Su raíz es pivotante, puede llegar a medir hasta 50cm de profundidad y es bastante ramificada. Esta especie posee una buena capacidad de rebrote cuando es cortada la parte aérea. Esta planta tolera suelos con ácidos y baja fertilidad, aunque su desarrollo es limitado. Esta especie es común en potreros, bordes de las carreteras y canales, es muy competitiva con otros cultivos debido que su sistema radicular es profundo. Sus hojas pueden llegar a ser tóxicas cuando éstas son tiernas (Córdoba y Casas, 2003, p. 30).

### 1.1.2. Taxonomía

Nombre científico: *Sida rhombifolia*

Dominio: *Eukaryota*

Reino: *Plantae*

Filo: *Magnoliophyta*

Clase: *Magnoliopsida (Dicotyledoneae)*

Orden: *Malvales*

Familia: *Malaceae*

Género: *Sida*

Especie: *Rhombifolia*

Nombre vulgar: “Escobilla”

Esta planta se caracteriza por no tener cálculo, es decir, que no tienen hojas externas que van al cáliz, que poseen muchas de la familia Malvaceae. Son arbustos o hierbas con flores amarillas, en ocasiones blancas y con un cáliz que tiene 10 costillas en su base. Esta especie posee hojas aserradas solo en la parte superior, alargadas en forma de espiral, pero también elípticas o lanceoladas. Posee estípulas delgadas, son plantas erectas con flores en sus axilas, puede tener de 10-14 frutos parciales que pueden tener un pico pequeño. Su hábitat principalmente es como maleza en las orillas de los caminos, en lugares urbanos, en pastizales, cabe recalcar que este tipo de plantas no pueden vivir en los bosques. Se propaga por semillas y su vida es alrededor de 3 años. A la escubilla (*Sida rhombifolia*) se la conoce también por poseer propiedades medicinales tanto en África, Asia como en América. Existe bibliografía en la cual mencionan que se usa para tratar enfermedades del estómago, anticrotálica, analgésico, además, para la elaboración de escobas de costales y lazos. Existen casos en los cuales esta planta ha sido utilizada como un alcaloide por lo tanto puede llegar a ser venenosa (Rojas y Vibrans, 2010, párr. 11).

El análisis de toxicidad, genotoxicidad y actividad antimicrobiana de la *Sida rhombifolia* muestra que es la planta es usada por comunidades indígenas ubicadas en la Sierra de Nevada de Santa Marta como medicina natural. Además, se constata su acción antimicrobiana al realizar pruebas con *Staphylococcus aureus* y *Pseudomonas aeruginosa* se verificó su actividad antimicrobiana atribuida a los metabolitos secundarios como los flavonoides y terpenoides presentes en la planta (Brugés y Reguero, 2007, p. 5).

En 2016 en la ciudad de Cali una asociación de mujeres usó métodos ancestrales y amigables con el medio ambiente usando esta planta y logrando la misma función que el mercurio en la minería artesanal, pero con la diferencia de que no existe contaminación por dicho metal. El proceso de separación es través del agua macerada con la Sida y utilizada para apartar el oro de la arena tal y como se hace con el mercurio (CVC 2016).



**Figura 2-1:** Escubilla (*Sida rhombifolia*)

Realizado por: Tejedor, Janina, 2021.

### **1.1.3. Caracterización química de la Escubilla (*Sida rhombifolia*)**

Estudios realizados muestran en la planta la presencia de metabolitos secundarios y otros compuestos como: la efedrina, saponinas, alcaloides, hidroxiesteroides y alcanos, calorías, agua, proteína, grasa, carbohidratos, fibra, cenizas, calcio, fósforo, hierro, caroteno, tiamina, rivo flavina, niacina y ácido ascórbico (Brugés y Reguero, 2007, p. 12).

Las partes aéreas de la planta y la raíz contienen efedrina. Las hojas son ricas en saponinas, alcaloides, hidroxiesteroides y alcanos. El análisis fitoquímico proximal de la hoja mostró los siguientes datos por cada 100g de hoja fresca:

**Tabla 1-1:** Análisis fitoquímico proximal de la hoja de la Escubilla

<b>Nombre</b>	<b>Cantidad</b>
Calorías	63
Agua	80,2%
Proteína	7,4%
Grasa	1,4%
Carbohidratos	9,4%
Fibra	3,3%
Cenizas	1,6%
Calcio	466mg
Fósforo	58mg
Hierro	5.0mg
Caroteno	6050 g

Tiamina	0,22mg
Riboflavina	0,47%
Niacina	2,10mg
Ácido ascórbico	90mg

**Fuente:** (Piastrri et al., 2007, párr. 1-2)

**Realizado por:** Tejedor, Janina, 2021.

## **1.2. Metabolitos primarios**

Todas las reacciones químicas que ocurren en un organismo constituyen el proceso del metabolismo. La mayor parte del nitrógeno, del carbono y la energía terminan en moléculas comunes que se distribuyen a todas las células, puesto que son necesarias para su adecuado funcionamiento y el de los organismos vivos. Son proteínas (aminoácidos), azúcares, nucleótidos y lípidos que se encuentran en todas las plantas y realizan las mismas funciones. Estos se denominan metabolitos primarios (Ávalos y García, 1998, p. 119).

### ***1.2.1. Proteínas***

Son aquellos compuestos orgánicos que forman parte de un porcentaje que está entre el 50 al 70% de los seres vivos. Aporta 4 calorías por cada gramo. Son grandes moléculas formadas por aminoácidos. Se clasifican en tres grandes grupos por su forma, por su forma y por su función. Por su forma son fibrosas y globulares; por su forma son primarias, secundarias, terciarias y cuaternarias; por su función son estructurales, contráctiles, hormonales, de transporte, de defensa y enzimáticas (Hernández, 2019, p. 13).

### ***1.2.2. Carbohidratos o azúcares***

Son compuestos orgánicos muy esenciales para los organismos vivos. Aporta energía que se metaboliza a nivel celular. También se les llama polisacáridos porque son moléculas de azúcar. Se clasifican en tres grupos monosacáridos, oligosacáridos y polisacáridos. Los carbohidratos monosacáridos son la ribosa, desoxirribosa, galactosa, fructosa y sacarosa; los hidratos de carbono de tipo oligosacáridos son la maltosa, lactosa y sacarosa; los azúcares de tipo polisacáridos son estructurales y de almacenamiento (Hernández, 2019, p. 13).

### ***1.2.3. Nucleótidos o ácidos nucleicos***

Estos son compuestos orgánicos que se encuentran en el núcleo celular y que consisten en nucleótidos. Poseen la información genética, esta información es la responsable de controlar

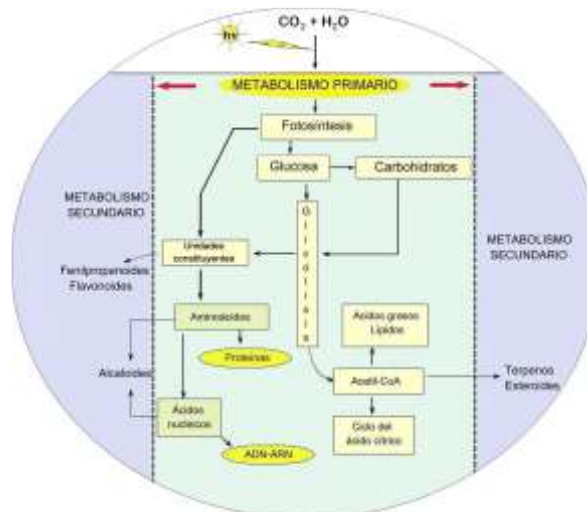
y dirigir la síntesis de las proteínas en un ser vivo. Los nucleótidos con el ácido desoxirribonucleico (ADN) y el ácido ribonucleico (ARN) (Hernández, 2019, p. 13).

#### 1.2.4. Lípidos

Son aquellos compuestos orgánicos de los seres vivos, su principal característica es su insolubilidad en el agua. Son considerados como altos en energía y son almacenados en el tejido adiposo. Se clasifican en cuatro tipos los lípidos simples, compuestos, asociados y las ceras. Los lípidos simples son los triglicéridos; los lípidos compuestos es el glicerol más un azúcar o un fosfato; los lípidos asociados son el colesterol, progesterona, enzimas, testosterona y esteroides (Hernández, 2019, p. 13).

### 1.3. Metabolitos secundarios

Durante el metabolismo secundario la planta es capaz de elaborar y almacenar compuestos de naturaleza química, a estos compuestos se les denomina metabolitos secundarios o comúnmente llamados productos naturales. A diferencia de los metabolitos primarios, que surgen del metabolismo primario, éstos no cumplen funciones vitales, pero si intervienen en las interacciones con el ambiente, además no tienen una función específica en el metabolismo de un organismo (Ávalos y García, 1998, p. 121).



**Figura 3-1:** Relación entre metabolismo primario y secundario

**Fuente:** Ávalos y García, 1998, p. 121.

Los metabolitos secundarios se clasifican en cuatro grupos principales alcaloide, compuestos fenólicos, glicósidos y terpenoides. Estos son muy importantes porque intervienen en la defensa de las plantas de manera indirecta o directa contra fitopatógenos (Troncoso et al., 2012, p. 594).

### ***1.3.1. Terpenoides o isoprenoides***

Grupo más numerosos de metabolitos secundarios, proceden de la fusión de unidades de 5 carbonos llamada isopreno (C5) y se catalogan en función al número de unidades de isopreno que los establecen. En las plantas, los isoprenos primordiales para la síntesis de terpenos son el isopentenil pirofosfato o a su vez su isómero dimetilalil pirofosfato. Su síntesis o elaboración se lleva a cabo en el citoplasma, citosol, retículo endoplasmático o en los plastos dependiendo del tipo de terpenoide. Dentro de los terpenoides también existen los esteroles cuya función principal aparte de estar en las membranas es determinar su estabilidad y su viscosidad (Ávalos y García 1998). Además, en este tipo de metabolitos están las hormonas, como el ácido abscísico, giberelinas y citoquininas; los pigmentos, como xantofilas y carotenos; o aceites esenciales. Normalmente son insolubles en agua (Sepúlveda et al., 2003, p. 358).

### ***1.3.2. Compuestos fenólicos***

Son sustancias que tienen en su estructura un grupo fenol, es decir son sustancias cíclicas. Químicamente son un grupo muy variado y posee moléculas sencillas, tal es el caso del ácido fenólico, y polímeros complejos como la lignina y los taninos. Adicional a ellos también se encuentran los pigmentos flavonoides. Existen 2 rutas para la biosíntesis de este tipo de compuestos la ruta del ácido malónico, poco empleada en vegetales superiores y la ruta del ácido siquímico, que da lugar a aminoácidos aromáticos como la tirosina, el triptófano y la fenilalanina. La enzima fenilalanina da origen a la mayor parte de los compuestos fenólicos dando como resultado la síntesis de otras sustancias más complejas como la lignina, los taninos, las cumarinas y los flavonoides (Ávalos y García, 1998, p. 129).

### ***1.3.3. Glicósidos***

Sustancia que posee un enlace glucosídico al unirse a una molécula de azúcar y se condensa con otra que posee un grupo oxhidrilo. Se puede destacar 3 grupos de glucósidos importantes los glucósidos cianogénicos, glucósidos cardíacos y las saponinas. Estas saponinas están definidas como glicósidos esteroideos que tienen una o más moléculas de azúcar dentro de su estructura. Los glicósidos cianogénicos son sustancias nitrogenadas no tóxicas en su estado natural (Ávalos y García, 1998, p. 137).

### ***1.3.4. Alcaloides***

Compuestos heterocíclicos que se sintetizan a partir de aminoácidos como el triptófano, la

lisina, la fenilalanina, la tirosina, la arginina y la ornitina, pueden encontrarse solos o también combinados con terpenoides. Además, pueden provenir del acetato de los policétidos o de purinas. Se acumulan en las hojas y son solubles en el agua (Sepúlveda et al., 2003, p. 359).

#### **1.4. Mucílago**

Es una molécula orgánica natural denominada polisacárido. Es un polisacárido mixto porque está compuesto por cadenas largas de carbonos y que constan de una parte neutra y otra parte ácida que la planta emplea para su crecimiento y reproducción, localizándose principalmente en las especies marinas. Además, un polisacárido es un hidrato de carbono que contiene pequeñas moléculas de azúcar en su estructura, formando grupos hidrofóbicos e hidrofílicos (Castañeda et al., 2019, p. 20).

##### ***1.4.1. Usos del mucílago***

El mucílago tiene amplias e importantes aplicaciones en las industrias tales como la farmacéutica (desinflamante, antimicrobiano, entre otras), la cosmética (acondicionador o geles), alimentaria (alimentos dietéticos o fibra soluble), entre otras. Las principales características de estos compuestos moleculares es que son económicos, biocompatibles y de fácil accesibilidad (Castañeda et al., 2019, p. 20).

##### ***1.4.2. Métodos de extracción***

###### ***1.4.2.1. Por precipitación***

Metodología: se utilizará hojas, tallo, raíz y flores de escobilla, las cuales se recogerán directamente de la planta, se lavará y secará bajo la sombra durante 24 horas, adicionalmente, se secará en un horno durante 30 min a 30 y 40°C de temperatura, y finalmente se triturará. Seguidamente, la obtención del mucílago se realizará ubicando las hojas en polvo en un vaso de precipitación de 1000ml con 500ml de agua destilada de 3 a 4 horas con agitación continua a 60°C. Luego, la solución concentrada se filtrará por medio de tela de muselina, el cual se refrigerará entre 3 y 4°C, para el aislamiento del mucílago se debe añadir alcohol absoluto, tres veces el volumen de filtrado para que se produzca la precipitación del mucílago, mismo que se recogerá por medio de filtración por tela de muselina (Villa et al., 2020, p. 6).



#### *1.4.2.2. Por ebullición*

Metodología: se humedecen las muestras con el solvente de extracción, agua desionizada, guardando una relación entre masa del material vegetal y el volumen de agua 1:10. Dejar en reposo durante 1h. Seguidamente colocamos el material en un vaso de precipitación con agitación magnética, llevar a ebullición durante 2h, manteniendo una temperatura constante de  $95\pm 2^{\circ}\text{C}$ , retirar del fuego la mezcla y dejar reposar 1h. Finalmente se debe filtrar (Mejía et al., 2020, p. 94).

### **1.5. Método de flotación espumante**

La flotación es el método más utilizado en el procesamiento de minerales. Originalmente patentado en 1906, se aplicó a la mayoría de las menas de metales valiosos, como el oro, o metales básicos como el plomo. La flotación de los minerales es un procedimiento para separar partículas de forma selectiva debido a su hidrofobicidad. Utiliza una amplia gama de reactivos como los surfactantes, tensoactivos y agentes viscosantes, entre los surfactantes o tensoactivos se encuentran presente los espumantes, su función primordial es contribuir a la formación de pequeñas burbujas y una etapa donde da lugar a una espuma estable. Su funcionamiento es a través de la adhesión de diversos sólidos, éstos tienen la principal característica de ser hidrofóbicos ante burbujas de gas originadas por algún tipo de agente externo, en la celda de flotación. Estas burbujas llevan los sólidos al exterior donde se recolecta y se recupera como concentrado (Orozco, 2012, p. 8).

#### *1.5.1. Espumante*

La espuma es una sustancia coloidal en la que un gas, generalmente aire, queda atrapado en un sistema líquido. Las espumas en general contienen muy poco líquido que se forma en las paredes de las burbujas denominadas como "lamelas" y, como sistema coloidal, son muy viscosas. Para crear una composición espumosa, se requieren al menos dos componentes principales: un surfactante o tensoactivo que tiene la capacidad de formar las lamelas y un agente viscoso como un mucílago, que ayuda a evitar que la lamela se desvanezca (Mejía et al., 2020, p. 97).

#### *1.5.2. Flotación flash*

Es un proceso en el cual se utiliza una celda de flotación instantánea como parte del ciclo de trituración de una muestra que contiene algún tipo de mineral precioso. La mayor parte de los minerales de interés como el oro, generalmente se libera en tamaño grueso que son fáciles de flotar, las cuales son removidas. Usa una celda de flotación especial que está instalada dentro

del circuito de molienda el cual utiliza ciertos compuestos como espumante para la flotación instantánea (Gorvenia 2006, p. 9).

### ***1.5.3. Método de obtención de la solución espumante***

Se utiliza 500ml de una solución base de agua ionizada, se añade 0,5 g de detergente tradicional. Añadir 10 ml de mucílago, incorporar aire para la generación de espuma. Medir la altura de la espuma que se genera (Mejía et al., 2020, p. 97).

## **1.6. Minería**

Se entiende por minería a las actividades relacionadas con el encuentro, descubrimiento y la explotación de los yacimientos minerales, las cuales se desarrollan a través de diversas etapas que son: el cateo y prospección, la exploración, explotación, etapa de beneficio y la comercialización (Gómez et al., 2017, p. 17).

La minería es el conjunto de acciones que se llevan a cabo para la producción de consumo extensivo de los recursos naturales de tipo no renovables en un, a través de la explotación o extracción de los minerales acumulados en el suelo y subsuelo (Moscheni, 2019, p. 121).

### ***1.6.1. Minería Artesanal***

La minería artesanal se refiere a los pequeños mineros formales o informales, además el término de minería en pequeña escala es sinónimo de este concepto usada por el Banco Mundial. Dentro de las características principales del MAPE (Minería en pequeña escala) se encuentran el bajo capital para esta actividad, las explotaciones de la minería son de depósitos relativamente pequeños, el trabajo es agotador con un índice bajo de recuperación, los estándares son bajos en seguridad y salud, existe un impacto significativo para el ambiente. La mayor parte de los mineros artesanales y en la pequeña escala son mujeres, hombre o niños de bajos recursos económicos, gente muy pobre (Calderón, 2020, p. 14).

### ***1.6.2. Actividad minera***

Esta actividad es una de las fuentes de ingresos más importantes para el país, en especial para las zonas rurales. Haciendo referencia al impacto económico de la República del Ecuador, la minería es de gran importancia puesto que se tiene previsto inversiones por alrededor de USD 3.800 millones hasta el 2021. Al poseer una economía que gira alrededor del dólar, el país ecuatoriano requiere de la entrada de divisas. Así mismo la minería tiene consecuencias positivas en las balanzas de pagos y comercial, a través de mayores volúmenes de exportación, reservas

internacionales y liquidez en general. Por estos motivos, el Gobierno ecuatoriano promueve una minería subsidiaria, ambiental, económica y socialmente, afrontando las actividades ilícitas que ocasionan pérdidas. De esta manera se tratará de consolidar, así como una de las exportaciones no petroleras más importantes del país, puesto que el objetivo principal sería que, el sector minero crecería del 1,6 % del PIB, que representó en el 2017, al 4 % en el año 2021 (Ministerio de Economía y Finanzas, 2019, párr. 1).

### **1.6.3. Técnica de bateo en la minería artesanal**

Batear es usar un recipiente plano de metal, plástico o madera, en forma de plato hondo, para lavar las arenas que contienen minerales de interés separando la arena y la grava y quedando al fondo los materiales más pesados, como el oro (Santander, 2022, p. 1).



**Figura 4-1:** Técnica de bateo en minería artesanal

Realizado por: Tejedor, Janina, 2021.

## **1.7. Oro**

Oro, su símbolo es Au, deriva del latín *Aurum*, es el primer metal noble que el hombre conoció, y desde entonces ha generado interés, por su uso en monedas y usos decorativos; su número atómico es 79, es de color amarillo brillante, es el metal más dúctil y maleable, es un buen conductor de calor y electricidad, es escaso en la corteza terrestre donde se halla nativo y disperso. Además, está presente de manera natural en las rocas de cuarzo y en los depósitos de aluviones en forma libre o a su vez en estado combinado. El que se extrae de los ríos es denominado oro aluvial (Real Academia Española, 2020, párr. 1).



**Figura 5-1:** Oro aluvial amalgamado

**Realizado por:** Tejedor, Janina, 2021.



**Figura 6-1:** Granos de oro aluvial puro

**Realizado por:** Tejedor, Janina, 2021.

### 1.7.1. Características del oro

**Tabla 1-2:** Características fisicoquímicas del oro

Variable	Característica
<b>Símbolo químico</b>	Au
<b>Granulometría</b>	Oro grueso: en fuentes hídricas con tamaño mayor a 0,2 mm. Oro fino: libre o encapsulado con tamaño de entre 10 a 20 $\mu\text{m}$ . Oro ultra fino: libre o encapsulada con tamaño menor a 10 $\mu\text{m}$ .
<b>Tipo de forma</b>	Láminas, hilos o esferas irregulares
<b>Magnetismo</b>	Nulo

<b>Temperatura de fundición</b>	1065 °C
<b>Temperatura de ebullición</b>	2970 °C
<b>Densidad</b>	A 273 K: 19,32 g/ml
<b>Color</b>	Amarillo brillante
<b>Masa atómica</b>	96,96657 g/mol
<b>Estado de oxidación</b>	1 <sup>+</sup> y 3 <sup>+</sup>

Fuente: Ichau, 2019, pp. 5-6

Realizado por: Tejedor, Janina, 2021.

## 1.8. Mercurio

Es un elemento químico cuyo símbolo es Hg, posee un número atómico de 80 y un peso atómico de 200, su punto de fusión es de 38,4 grados centígrados y su ebullición es a 357 grados centígrados a presión atmosférica, además, el mercurio es considerado como un material muy peligroso y un elemento tóxico al ser liberado en el ambiente, es relacionado con el impacto ambiental debido a su alta toxicidad, porque a pesar que su concentración en la naturaleza se encuentren en estados estables, no sucede lo mismo con las emisiones procedentes por la actividad minera, está asignando un crecimiento constante de la acumulación ambiental de metales pesados que excede a las concentraciones naturales (León, 2017, p. 31).

### 1.8.1. Formas químicas del mercurio

- Mercurio elemental o metálico: se encuentra en su forma pura Hg<sup>0</sup>, es un metal líquido blanco plateado, volátil a temperatura ambiente debido a su alta presión de vapor, formando vapores incoloros e inodoros de Hg, siendo considerado un contaminante perfecto por su capacidad para producir reacciones químicas en las que pueden participar microorganismos que lo utilizan en sus procesos energéticos, integrándolas al medio ambiente en una transformación de compuestos inorgánicos a orgánicos.
- Compuestos orgánicos e inorgánicos: se encuentran en forma de Hg y Hg<sup>2+</sup>, forma compuestos inorgánicos, como sulfuro mercuríco (HgS), sales como el cloruro mercurioso (Hg<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>) o el cloruro mercuríco (HgCl<sub>2</sub>) y ácidos fuertes, además, los compuestos orgánicos como el dimetilmercurio, etilmercurio, fenilmercurio y metilmercurio, son sumamente tóxicos y por lo tanto hacen daño a la salud humana y el medio ambiente (León, 2017, p. 32).

### ***1.8.2. Uso del mercurio en la minería artesanal***

El Hg es un elemento ampliamente usado en la minería para extraer oro, el Hg forma una amalgama con el oro granulado que se halla disgregado en el depósito del lecho de los ríos, posteriormente se lleva a cabo el proceso de calentamiento para poder eliminar todo el mercurio, en consecuencia, es eliminado al ambiente a través de gases durante el proceso de la quema de la amalgama y en estado líquido a través del esparcimiento a los cuerpos de agua cercano o que se dejan a campo abierto sin tratamiento alguno (Español, 2017, p. 310).

### ***1.8.3. El mercurio en la salud del ser humano***

De acuerdo a la Organización Mundial de la Salud (OMS), la incidencia del Mercurio en las personas es muy peligrosa, puesto que dependerá de cuanta cantidad de vapor se respire y por cuánto tiempo se respire dicho metal derramado, puesto que una vez disperso el metal produce un vapor invisible e inodoro, afectando así a los sistemas nervioso e inmunitario, el aparato digestivo, la piel y los pulmones riñones y ojos. Según la OMS las etapas más peligrosas son en el desarrollo intrauterino y primeras fases de vida. Así mismo recalcan que el Mercurio es uno de los 10 productos que presentan considerables problemas de salud pública, haciendo referencia como principal conducto de exposición humana a través del consumo de pescado y mariscos contaminados con metilmercurio, que es un compuesto orgánico presente en dichos alimentos (OMS, 2017, párr. 1).

## **1.9. Impacto ambiental**

Un impacto ambiental involucra los efectos desfavorables sobre los ecosistemas, clima y en la sociedad producto de las actividades, como por ejemplo la extracción descomunal de recursos naturales, la disposición impropia de residuos, la emisión de diferentes contaminantes, el cambio de uso del suelo, entre otros (Perevochtchikova, 2013, p. 287).

Los impactos más notables de la minería con mercurio son la contaminación de los ecosistemas acuáticos, contaminación del aire, contaminación y alteración del suelo, pérdida del hábitat de flora y fauna.

### **1.10. Relave**

Los relaves o relaveras son el producto (desecho) final de un proceso minero, rocas o arenas que no tienen valor comercial, de las cuales se han extraído algún tipo de mineral precioso como cobre u oro. En la minería relave significa un segundo lavado, acción u operación de relavar (Real Academia Española, 2021, párr. 1).

### **1.11. Marco legal**

Con este proyecto se da el cumplimiento a la normativa vigente del TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACIÓN SECUNDARIA DE MEDIO AMBIENTE, el cual hace referencia que “el desarrollo sustentable sólo puede alcanzarse cuando sus tres elementos lo social, lo económico y lo ambiental son tratados armónica y equilibradamente en cada instante y para cada acción (MAATE, 2003, p. 2).

La constitución de La República del Ecuador del año 2008 menciona los siguientes artículos en el marco legal de la minería:

#### **Artículo 313**

“El Estado se reserva el derecho de administrar, regular, controlar y gestionar los sectores estratégicos, de conformidad con los principios de sostenibilidad ambiental, precaución, prevención y eficiencia” (Constitución de la República del Ecuador, 2008, p. 132).

#### **Artículo 315**

“El Estado constituirá empresas públicas para la gestión de sectores estratégicos. La Ley define la participación de las empresas públicas en empresas mixtas en las que el Estado siempre tendrá la mayoría accionaria, para la participación en la gestión de los sectores estratégicos”.

#### **Artículo 317**

“Los recursos naturales no renovables pertenecen al patrimonio inalienable, imprescriptible e inembargable del Estado”.

#### **Artículo 408**

*Son de propiedad inalienable, imprescriptible e inembargable del Estado los recursos naturales no renovables; y, en general, los productos del subsuelo, yacimientos minerales. El Estado participará en los beneficios del aprovechamiento de estos recursos, en un monto que no será inferior a los de la empresa que los explota.*

De acuerdo a (Ley de Minería, 2016, pp. 7-9) menciona los siguientes artículos de interés:

#### **Artículo 16**

“La exploración y explotación racional se desarrollará en función de los intereses nacionales por personas naturales o jurídicas, públicas, mixtas o privadas, nacionales o extranjeras, otorgándoles derechos mineros de conformidad con ésta Ley”.

#### **Artículo 20**

Reglamento General a la Ley de Minería

*La Empresa Nacional Minera, tendrá derecho preferente para solicitar al Ministerio Sectorial la concesión de cualquier área minera libre, igualmente tendrá derecho de primera opción para solicitar la concesión de áreas cuyos derechos se hubieren extinguido por caducidad, extinción, nulidad o hayan sido restituidas al Estado.*

De acuerdo a la Ley orgánica reformativa de la ley de minería, a la ley reformativa para la equidad tributaria en el Ecuador y a la ley orgánica de régimen tributario interno en el 2013 en función a la utilización de sustancias o reactivos químicos menciona que:

**Artículo 17**

A continuación del Art. 86 de la Ley de Minería, añadir el siguiente artículo:

*Prohibición del uso del mercurio en operaciones mineras. “Sin perjuicio de la aplicación de la normativa minero ambiental, se prohíbe el uso del mercurio en el país en actividades mineras, de acuerdo con los mecanismos que la autoridad ambiental nacional establezca para el efecto, en conjunto con las instituciones con potestad legal sobre la materia. La inobservancia a esta prohibición será sancionada con la revocatoria del derecho minero, sin perjuicio de las sanciones de orden penal a las que hubiere lugar” (Asamblea Nacional, 2013, p. 3).*



## CAPÍTULO II

### 2. MARCO METODOLÓGICO

#### 2.1. Tipo de investigación

Esta investigación es pura porque se pretendió dar un aporte a la ciencia en la minería artesanal ecológica, aplicando teorías sobre la recuperación de oro aluvial mediante la técnica de flotación espumante utilizando el mucílago obtenido de la escubilla (*Sida rhombifolia*), además, porque se realiza experimentaciones.

#### 2.2. Metodología

##### 2.2.1. Método

El presente proyecto de investigación se basó principalmente en una investigación de tipo cuali-cuantitativa, dado que se midió y observó parámetros como concentraciones, temperatura, pH, tiempo, cantidad de analito recuperado, tamaño, color, aspecto, entre otros factores.

##### 2.2.2. Tipo

Por la forma de levantar datos corresponde a una investigación documental, debido que para ejecutar la investigación se revisó tesis, artículos científicos, leyes y otros documentos; de campo porque se trasladó al área de estudio, en la parroquia Alshi/9 de Octubre, perteneciente al cantón Morona; y de laboratorio dado que se realizó experimentaciones.

##### 2.2.3. Enfoque

Para desarrollar el proyecto de investigación se utilizó un enfoque cualitativo, debido que se describió y caracterizó a la planta en estudio la escubilla (*Sida rhombifolia*) y al oro aluvial, además, se conceptualizó una serie de definiciones referentes a la minería artesanal por flotación espumante. También, se usó un enfoque cuantitativo dado que se usó la recolección y análisis de datos. Todo esto mediante un método experimental.

##### 2.2.4. Técnicas en función del enfoque

- Enfoque cualitativo
- Enfoque cuantitativo

#### *2.2.4.1. Enfoque cualitativo*

En el desarrollo de la investigación se utilizó la observación directa mediante el instrumento de una ficha de observación y fotografías; y una revisión documental a través del instrumento de un registro documental (documentos digitales).

#### *2.2.4.2. Enfoque cuantitativo*

Dentro del enfoque cuantitativo se utilizó la técnica de la observación directa mediante el instrumento de una ficha técnica donde se registró los datos para su posterior análisis.

### **2.3. Identificación de variables**

#### *2.3.1.1. Variable dependiente*

- Tiempo de flotación
- Inyección de aire

#### *2.3.1.2. Variable independiente*

- Cantidad de oro recuperado

### **2.4. Materiales, equipos, reactivos y sustancias**

#### *2.4.1. Equipos y materiales*

- Vasos de precipitación
- Tubos de ensayo
- Matraz de Erlenmeyer
- Varilla de agitación
- Probetas
- Pipeta
- Gradilla
- Piseta
- Espátula
- Cucharilla
- Termómetro
- Embudo de decantación
- Soporte universal

- Mortero con pilón
- Cristalizador
- Vidrio reloj
- Caja Petri
- Portaobjetos y cubreobjetos
- Centrífuga
- Cernidera
- Agitador magnético con calentamiento
- Estufa
- Cronómetro
- Refrigerador
- Microscopio
- Estereoscopio
- Micrómetro
- Imán
- Balanza analítica
- Peachímetro
- Computadora

#### **2.4.2. *Reactivos y sustancias***

- Alcohol absoluto o anhidro
- Agua destilada
- Oro aluvial
- Planta de escubilla
- Jabón líquido

### **2.5. Diseño de la investigación**

#### *2.5.1.1. Población de estudio*

La población de estudio fue finita y estuvo formada por muestras de escubilla (*Sida rhombifolia*), empleada para la formulación del espumante, recolectadas en la vía Macas-Riobamba, y el oro aluvial fue recuperado en el río Upano, en el sector de la parroquia Alshi/9 de Octubre, perteneciente al cantón Morona, provincia de Morona Santiago las cuales permitieron desarrollar la experimentación.

### 2.5.1.2. Selección de la muestra

Para la selección de la muestra vegetal (*Sida rhombifolia*) se recolectó 2kg de la planta (raíces, tallos, hojas y flores) en los bordes de la vía Macas-Riobamba desde el km 29 hasta el km 30 en la parroquia Alshi/9 de Octubre.

La muestra de oro aluvial utilizada se obtuvo de la recuperación a través del uso de bateas en las orillas del Río Upano en el sector Tigrillo, dentro de la parroquia ya mencionada por medio de un muestreo que utilizan los mineros artesanos de la localidad, la cual es de forma aleatoria y sistemática.

### 2.5.1.3. Técnica de recolección de datos

La recolección de información base se obtuvo mediante una revisión bibliográfica como artículos, tesis, libros, entre otras fuentes confiables, mientras que para los ensayos experimentales se siguieron metodologías analizadas previamente que permitieron recoger datos y cifras de cada experimentación las cuales fueron registradas en un software estadístico para su respectivo análisis.

### 2.5.1.4. Tratamiento y diseño experimental

La investigación fue completamente experimental. Se usó un diseño multifactorial con la ayuda de un software estadístico, teniendo en consideración que el programa emplea una técnica multivariante que tiene como fin de hacer variaciones aleatorias con los diferentes factores; en la cual las variables utilizadas como independientes fueron: el pH, concentración de mucílago, tiempo de flotación, concentración de tensoactivo y porcentaje de recuperación del oro aluvial. La variable dependiente dentro de la investigación fue la recuperación de oro aluvial con el software estadístico tal y como se muestra en la tabla 1-2:

## Diseño factorial

**Tabla 1-2:** Resumen del diseño factorial

Resumen del diseño	
Factores: 2	Réplicas: 1
Corridas base: 8	Total de corridas: 8
Bloques base: 1	Total de bloques: 1
Número de niveles: 4;4	

Realizado por: Tejedor, Janina, 2021.

Como se observa en el diseño del resumen del diseño factorial se tiene 1 réplica (múltiples corridas experimentales con igual configuración o distribución de factores, es decir, se realizó una combinación de cada nivel de factor), con 2 factores (tiempo de flotación y la cantidad de oro recuperado) y 4 niveles (el número de valores de cada variable que está contenido en el diseño). Todo esto con la finalidad de manipular dos variables independientes es el mismo experimento. El diseño factorial de múltiples niveles muestra las condiciones experimentales para cada factor de los puntos de diseño usando niveles y nombres de factores en forma de codificaciones o factores codificados.

La tabla 2-2 de diseño muestra la configuración de los factores para cada corrida experimental (combinación de condiciones con la que se miden respuestas), en la primera corrida, los factores A (tiempo de flotación) y B (cantidad de oro recuperado) se establecieron en el nivel 1, en la segunda corrida el factor A se estableció en el nivel 1 y el factor B se estableció en el nivel 2, cada número de niveles muestra el número de datos que está dentro del diseño experimental.

**Tabla 2-2:** Diseño factorial (aleatorio ordenado)

<b>Corrida</b>	<b>Blq</b>	<b>A</b>	<b>B</b>
1	1	1	1
2	1	1	2
3	1	1	3
4	1	1	4
5	1	2	1
6	1	2	2
7	1	2	3
8	1	2	4

**Realizado por:** Tejedor, Janina, 2021.

## **2.6. Procedimiento experimental**

Para la obtención de mucílago se utilizó 2000g de muestra vegetal, la cual se sometió a dos técnicas (ebullición y precipitación) para su obtención. La solución espumante se obtuvo siguiendo la metodología de (Mejía et al., 2020, p. 97). Posteriormente se construyó una celda tipo *flash* artesanal para la recuperación del oro aluvial, donde se empleó alrededor de 1g del material a recuperar bajo el diseño experimental empleado para cada de los ensayos.

### **2.6.1. Análisis de las propiedades y características físico-químicas de la escubilla**

El análisis se realizó por medio de revisiones bibliográficas de fuentes confiables como: tesis, artículos, libros, entre otros; para determinar las propiedades de la escubilla (*Sida rhombifolia*). Se evaluó propiedades organolépticas como: color, sabor, textura y aroma.

Las características físico-químicas determinadas son: la humedad, densidad aparente, capacidad de retención de agua, sólidos solubles, porcentaje de cenizas, pH, gravedad específica como se describen a continuación.

#### **2.6.1.1. Porcentaje de humedad**

Para determinar el porcentaje de humedad de la muestra se empleó la técnica descrita por (Hooker y Alvarado, 2010, p. 26) siguiendo el método de Karl Fisher el cual consiste en un proceso de pesado de 1g de muestra y secado durante 24 horas a 105 grados centígrados en la estufa.

El porcentaje de humedad se obtuvo con la siguiente fórmula:

$$\%H = \frac{(P1 - P2)}{P} \times 100$$

Donde:

P1= Peso del recipiente más la muestra húmeda

P2= Peso del recipiente más la muestra seca

P= Peso de la muestra húmeda

#### **2.6.1.2. Densidad aparente**

La densidad se obtuvo bajo la experimentación del principio de Arquímedes descrito por (Alcocer et. al., 2004, pp. 105-106) con modificaciones, en cual consiste en la relación entre la masa y el volumen, se usó una masa constante de 3g y empleó un volumen del recipiente conocido (100ml).

La densidad aparente se obtuvo con la siguiente fórmula:

$$Da = \frac{M}{V}$$

Donde:

Da= Densidad aparente

M= Masa de la muestra

V=Volumen alcanzado

### 2.6.1.3. Capacidad de retención de agua

Se tomó el método de (Bayar et. al., 2016, p. 30) en el cual se trabajó con 3 muestras secas de 0,1g, las cuales fueron hidratadas en 10ml de soluciones buffer de pH 4, 7 y 10 respectivamente durante 30 minutos con agitación continua, posteriormente se centrifugó por 20 minutos, finalmente se drenó la muestra y se pesó.

La capacidad de retención de agua se obtuvo con la siguiente fórmula:

$$CRA = \frac{Pd}{Ps}$$

Donde:

CRA= Capacidad de retención de agua

Pd= Peso de la muestra después de drenar

Ps= Peso de la muestra seca

### 2.6.1.4. Sólidos solubles

Los sólidos solubles de la muestra de materia vegetal (*Sida rhombifolia*) se obtuvo bajo la (Norma INEN, 1985, pp. 2-3) de determinación de sólidos solubles mediante el uso del refractómetro, con sus respectivas adaptaciones, utilizando 15g de la planta triturada en 75ml de agua destilada, se hirvió durante 30 minutos y se filtró. La muestra fue analizada en el refractómetro a 20 grados centígrados.

El porcentaje de sólidos solubles se obtuvo con la siguiente fórmula:

$$SS = \frac{mo \times s}{m} \times 100$$

Donde:

SS: Porcentaje de sólidos solubles

Mo: masa de la muestra inicial

M: masa de la muestra después de la dilución

S: índice de refracción

### 2.6.1.5. Porcentaje de ceniza

Para la obtención del porcentaje de ceniza se empleó la metodología de (Bolívar, 2020, párr. 6), pesando 3g de muestra y su recipiente, luego se colocó en la mufla durante 24 horas a una temperatura de 550 °C. Seguidamente se dejó enfriar el crisol en un desecador por 30 minutos, finalmente se pesa el crisol con la muestra para sus respectivos cálculos. Se realizó el procedimiento tres veces para obtener un valor promedio

El porcentaje de sólidos solubles se obtuvo con la siguiente fórmula:

$$\%Ceniza = \frac{Mc}{Ms} X 100$$

Donde:

Mc= Masa de ceniza

Ms= Masa de muestra vegetal seca

#### *2.6.1.6. pH*

El valor del pH se tomó mediante un peachímetro digital a través de la metodología descrita por (Delgado et. al., 2007, pp. 15-16), en la cual utiliza una solución de 25ml, la cual contenía 15ml de agua destilada con 10g de la planta (sometido a ebullición durante 3 minutos).

#### *2.6.1.7. Gravedad específica*

La gravedad específica de la *Sida rhombifolia* se obtuvo bajo la (Norma INEN, 1985, pp. 2-3) a través de la determinación de sólidos solubles mediante el uso del refractómetro, con sus respectivas adaptaciones, utilizando 15g de la planta triturada en 75ml de agua destilada, se hirvió durante 30 minutos y se filtró. La muestra fue analizada en el refractómetro a 20 grados centígrados.

#### *2.6.1.8. Propiedades organolépticas*

Las propiedades organolépticas se determinaron a través de un análisis sensorial con la técnica descrita por (García, 2014, p. 5), en la cual se realizó una evaluación del aroma, apariencia, textura, olor y sabor de la muestra de materia vegetal.

### **2.6.2. Caracterización del oro aluvial**

La caracterización del oro aluvial se realizó mediante la metodología de (Yáñez et. al., 2005, pp. 25-27), donde se evaluó el tamaño, tipo de forma y magnetismo según las siguientes técnicas.

#### *2.6.2.1. Tamaño*

Se aisló el oro aluvial en partículas grandes y pequeñas, posteriormente se utilizó un micrómetro y se midió la partícula más grande, una de tamaño promedio y la partícula más pequeña.



#### *2.6.2.2. Tipo de forma*

Se tomó una muestra representativa de oro, seguidamente se colocó en un vidrio reloj y se observó a través del estereoscopio. El oro aluvial puede presentar las siguientes formas: láminas, esferas irregulares o hilos.

#### *2.6.2.3. Magnetismo*

Para comprobar la presencia o ausencia de magnetismo en el oro aluvial se utilizó un imán de hierro, el cual se colocó junto a la muestra de oro para verificar si existe o no algún tipo de fuerzas, ya sea de atracción o repulsión.

#### *2.6.2.4. Color*

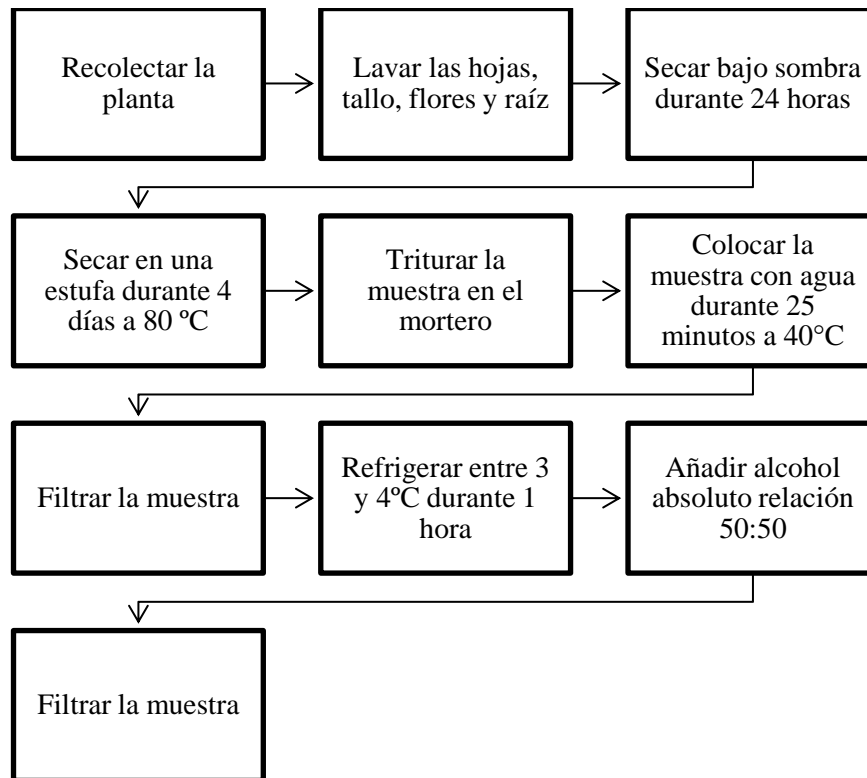
Para determinar el color del oro aluvial se tomó aproximadamente 10 granos de oro de diferente tamaño y forma, se colocó en un vidrio reloj para ser observado por medio del microscopio y estereoscopio. Se clasificó mediante la escala de color descrito por (Plaor, 2016, párr. 9).

### **2.6.3. Obtención del mucílago**

Para la obtención de mucílago de la escubilla (*Sida rhombifolia*) se emplearon las técnicas utilizadas por (Villa et al., 2020, p. 6) mediante precipitación y (Mejía et al., 2020, p. 94) sometiendo a ebullición la muestra, con adaptaciones.

#### *2.6.3.1. Obtención de mucílago mediante el método de precipitación*

Se evaluó la obtención de mucílago de la metodología sugerida por (Villa et al., 2020, p. 6) realizando variaciones en temperatura y tiempo de secado y cocción, la cual se describe a continuación en el gráfico 1-2.



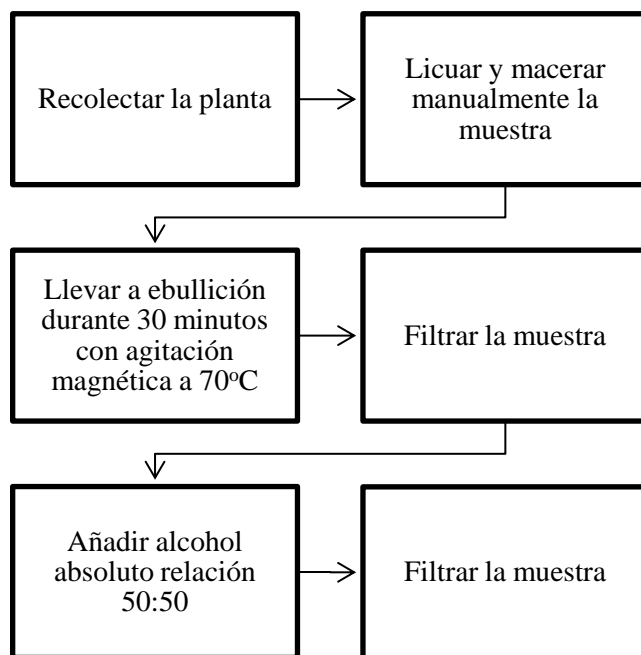
**Gráfica 1-2:** Metodología para obtener mucílago por precipitación

Realizado por: Tejedor, Janina, 2021.

#### 2.6.3.2. Obtención de mucílago mediante el método de ebullición

Se siguió el método descrito por (Mejía et al., 2020, p. 94) con la finalidad de obtener resultados similares al mucílago de la malva, variando la temperatura y el tiempo de ebullición. Además, se realizó un pretratamiento de la muestra vegetal antes de su separación final.

La técnica de obtención se describe en el gráfico 2-2.



**Gráfica 2-2:** Metodología para obtener mucílago por ebullición

Realizado por: Tejedor, Janina, 2021.

#### **2.6.4. Análisis de las características físico-químicas del mucílago de la escubilla**

Las características físico-químicas del mucílago obtenido a partir de la escubilla (*Sida rhombifolia*) fueron las siguientes: la humedad, densidad aparente, capacidad de retención de agua, sólidos solubles, porcentaje de cenizas, pH, gravedad específica. Los métodos utilizados fueron similares a los empleados en la caracterización de la materia vegetal que se detalla en el punto 2.6.1.

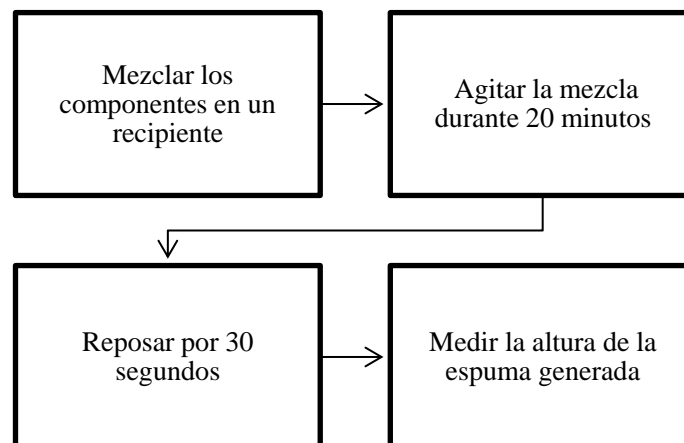
#### **2.6.5. Obtención de la solución espumante a partir del mucílago de la *Sida rhombifolia***

El mucílago recubre a la burbuja haciéndola más resistente y evitando que se escurra en menos tiempo. Se realizó pruebas para determinar la óptima concentración de jabón líquido y mucílago que permita estabilidad de la espuma siguiendo el método descrito por (Mejía et al., 2020, p. 97) en el cual utiliza agua destilada, detergente común y la adición de alícuotas de mucílago, posteriormente se mezcla durante un tiempo determinado, se realizaron 4 ensayos con 3 repeticiones de cada una, con variaciones en las concentraciones de detergente y mucílago tal y como se muestra en la siguiente tabla:

**Tabla 3-2:** Ensayos para la obtención de la solución espumante

Tratamiento	Agua destilada (ml)	Detergente (ml)	Mucílago de <i>Sida rhombifolia</i> (ml)
1	10	5	5
2	10	5	5
3	10	10	10
4	10	10	15

Realizado por: Tejedor, Janina, 2021.

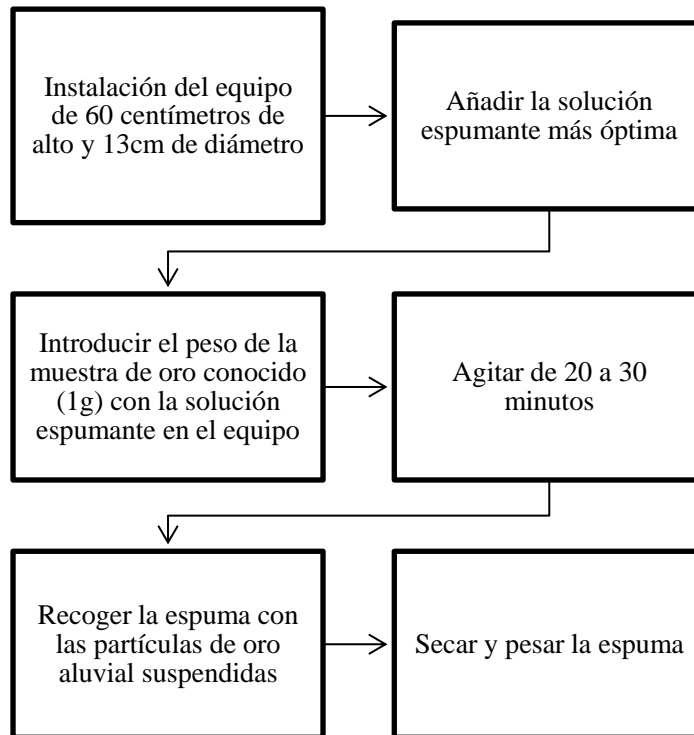


**Gráfica 3-2:** Metodología para obtener la solución espumante

Realizado por: Tejedor, Janina, 2021.

#### 2.6.6. Recuperación del oro aluvial con el uso de la celda de flotación tipo flash

La celda tipo flash se construyó mediante un prototipo con un tubo de PVC de 60cm de altura y 13cm de diámetro. La metodología empleada por (Mejía et al., 2020, p. 99) fue la utilizada para la recuperación del oro aluvial con algunas ligeras modificaciones, tal como se describe en el siguiente gráfico:



**Gráfica 4-2:** Metodología para la recuperación de oro aluvial

**Realizado por:** Tejedor, Janina, 2021.

## CAPÍTULO III

### 3. MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

#### 3.1. Marco de resultados

##### 3.1.1. *Análisis de las propiedades y características físico-químicas de la escubilla*

###### 3.1.1.1. *Propiedades fitoquímicas de la Sida rhombifolia*

Los estudios realizados bibliográficamente sobre las propiedades fitoquímicas de la planta muestran la presencia de metabolitos secundarios y otros compuestos como: la efedrina, saponinas, alcaloides, hidroxiesteroides, agua, proteína, grasa, carbohidratos, fibra, ceniza, calcio, fósforo, hierro, caroteno, tiamina, rivo flavina, niacina y ácido ascórbico.

Según los análisis fitoquímicos realizados por (Brugés y Reguero, 2007, p. 5), (Piastrì et al., 2007, párr. 1-2), (Vanderlei, 2013, p. 9) de la planta mostró los siguientes datos promedio por cada 100g de materia vegetal:

- Calorías: 63
- Agua: 80,2%
- Proteína: 7,4%
- Grasa: 1,4%
- Carbohidratos: 9,4%
- Fibra: 3,3%
- Ceniza: 1.6%
- Calcio: 466mg
- Fósforo: 58mg
- Hierro: 5,0mg
- Caroteno: 6050
- Tiamina: 0,22mg
- Riboflavina: 0,47%
- Niacina: 2,10mg
- Ácido ascórbico: 90mg

Durante el proceso de extracción del mucílago de la planta en estudio se logró comprobar su propiedad antimicrobiana, es decir, que es una sustancia que inhibe el desarrollo o destruye a microorganismos, dado que luego de llevar a ebullición la planta, filtrarla e intentar separar el mucílago por centrifugación se dio un subproducto líquido el cual fue probado en un estanque de

agua con microorganismos e insectos, y que luego de un tiempo se logró observar la muerte de estos, donde se comprobó lo indicado por (Brugés y Reguero, 2007, p. 12) en la cual menciona que la *Sida rhombifolia* presenta metabolitos secundarios como flavonoides y terpenoides, que están presentes en la actividad antimicrobiana, por lo que este subproducto líquido se consideró como un bioinsecticida.

**Tabla 1-3:** Comparación de la acción antimicrobiana de la *Sida rhombifolia*



Realizado por: Tejedor, Janina, 2022.

### 3.1.1.2. Propiedades físico-químicas de la planta de *Sida rhombifolia*

El diagnóstico de la materia vegetal (*Sida rhombifolia*) se realizó mediante la caracterización de las propiedades físico-químicas donde se analizó: porcentaje de humedad, densidad aparente, capacidad de retención de agua, sólidos solubles, pH, gravedad específica, porcentaje de ceniza y propiedades organolépticas, como se observa en la tabla 2-3 y 2-4.

**Tabla 2-3:** Propiedades físico-químicas de la planta de *Sida rhombifolia*

Parámetro	Valores
% Humedad	76,25%
Densidad aparente	0,48g/ml
Capacidad de retención de agua	pH 4: 0,34g H <sub>2</sub> O/g muestra pH 7: 5,29g H <sub>2</sub> O/g muestra pH 10: 6,27g H <sub>2</sub> O/g muestra
Sólidos solubles	35%
pH	7,01
Gravedad específica	1,010 g/cm <sup>3</sup>

<b>% Ceniza</b>	2,95%
-----------------	-------

Realizado por: Tejedor, Janina, 2022.

Los resultados reportados en la tabla son parcialmente semejantes a los reportados por (Piastrri et al., 2007, párr. 1-2) y (Vanderlei, 2013, p. 9) esto se debe a las diferencias de etapas de crecimiento y estados nutricionales de las plantas utilizadas en las investigaciones que se basó para la comparación con los datos obtenidos.

La presencia de metabolitos secundarios en la materia vegetal ocasiona la sensación picante en el proceso de determinación del sabor, según (Cedrón, 2013, p. 7).

<b>Material vegetal</b>	<b>Color</b>	<b>Sabor</b>	<b>Textura</b>	<b>Aroma</b>
<b>Escubilla</b> <i>(Sida rhombifolia)</i>	Verde claro	Picante	Lisa y rugosa	Resino

Realizado por: Tejedor, Janina, 2022.

### 3.1.2. Caracterización del oro aluvial

En la caracterización del oro aluvial y del material secundario al cual se encontraba unido, se obtuvieron los siguientes resultados:

**Tabla 3-3:** Caracterización de oro aluvial

<b>Unidad</b>	<b>Oro aluvial</b>	<b>Material secundario (Arenilla)</b>
<b>Tamaño</b>	Variable (desde 18um hasta 500um)	Variable (desde 8um hasta 500um)
<b>Tipo de forma</b>	Láminas, esferas irregulares o hilos	Diversas formas geométricas
<b>Magnetismo</b>	Nulo	Presente
<b>Color</b>	Ojo humano: amarillo (sin brillo) Estereoscopio: amarillo (dorado marrón, rojo, verde con brillo)	Color al ojo humano: negro con brillo Color vista al microscopio: blanco, amarillo oscuro y negro.

Realizado por: Tejedor, Janina, 2022.

Para determinar el color del oro aluvial se tomó aproximadamente 10 granos de oro de diferente tamaño y forma, se colocó en un vidrio reloj para ser observado por medio del microscopio y estereoscopio. Se clasificó mediante la escala de color descrito por (Plaor, 2016, párr. 9).



La diferencia más notoria del oro aluvial y el oro que se encuentra en diseminado en las rocas es el tamaño de las partículas, el brillo y el material al que se encuentra unido. El oro aluvial se encuentra libre, no posee brillo, tiene apariencia opaca, su tamaño es muy variable que puede llegar hasta los 500um el tamaño más grande y menos de 18um el más pequeño, el material secundario al que se encuentra unido es la arena negra, arenilla o arena aurífera. La muestra de oro en estudio presenta características semejantes a las indicadas por (Ichau, 2019, pp. 5-6).



**Figura 1-3:** Oro aluvial de la muestra obtenida

Realizado por: Tejedor, Janina, 2022.

### 3.1.3. Obtención de mucílago de la *Sida rhombifolia*

Los resultados de obtención de mucílago de la escubilla (*Sida rhombifolia*) por los métodos de precipitación bajo la metodología de (Villa et al., 2020, p. 6) y ebullición por (Mejía et al., 2020, p. 94) se observan en la tabla 5-3, para ambos métodos se realizaron 5 repeticiones para la obtención de datos promedios.

**Tabla 4-3:** Resultados de la obtención de mucílago

Valores óptimos				Promedio de mucílago obtenido (ml)	Rendimiento del producto final (%)
	Peso planta (g)	Temperatura (°C)	Volumen agua (ml)		
Precipitación	140	40	200	5,52	3,94
Ebullición	140	70	160	14,64	10,45

Realizado por: Tejedor, Janina, 2022.

La tabla 5-3 muestra los valores obtenidos de las metodologías empleadas para la obtención del mucílago, en función al peso inicial de la muestra utilizada se observa que la técnica de ebullición extrae mayor cantidad de mucílago teniendo un rendimiento de 10,45%.

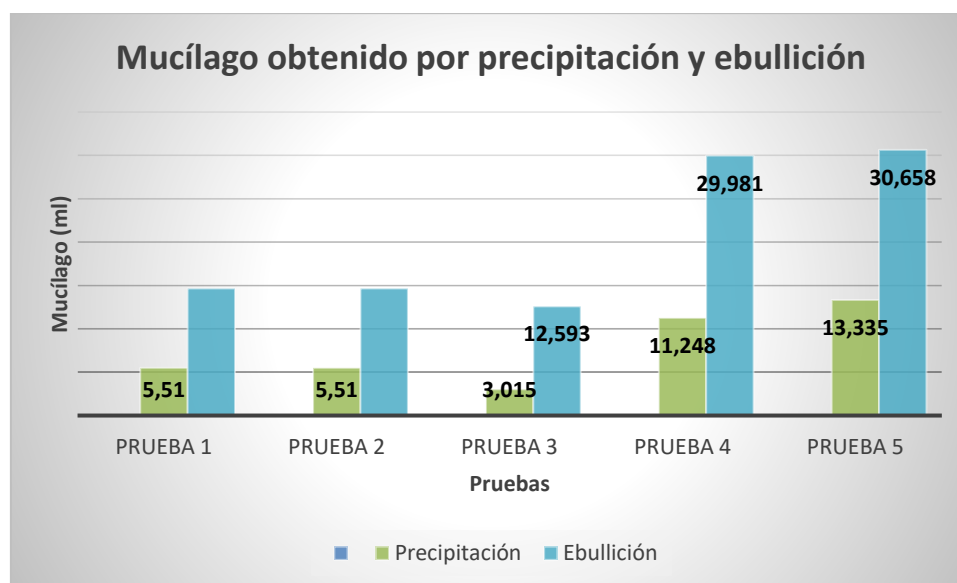
**Tabla 5-3:** Estadística descriptiva: Precipitación-ebullición

Variable	Conteo total	N	N*	Porcentaje	Media	Desv.Est.	Varianza	Suma de cuadrados	Suma de
Precipitación	5	5	0	100	5,52	6,35	40,28	27,60	313,43
Ebullición	5	5	0	100	14,65	15,21	231,19	73,23	1997,36

**Realizado por:** Tejedor, Janina, 2022.

De acuerdo al análisis estadístico la tabla muestra que se realizaron 5 ensayos en cada uno de los métodos. Los resultados por precipitación expresan un promedio 5,52 y por ebullición un promedio de 14,65. La desviación estándar (grado de variabilidad o dispersión) por precipitación fue de 6,35, es decir que los datos obtenidos tienen una menor dispersión de datos (un valor esperado), a comparación de la desviación típica por ebullición que tiene un valor de 15,21, es decir que se obtendrá un rango de valores más altos, determinando así que el método más óptimo para obtener mucílago es el de ebullición estadísticamente.

Una forma visual de lo expresado anteriormente se observa en la gráfica 1-3.

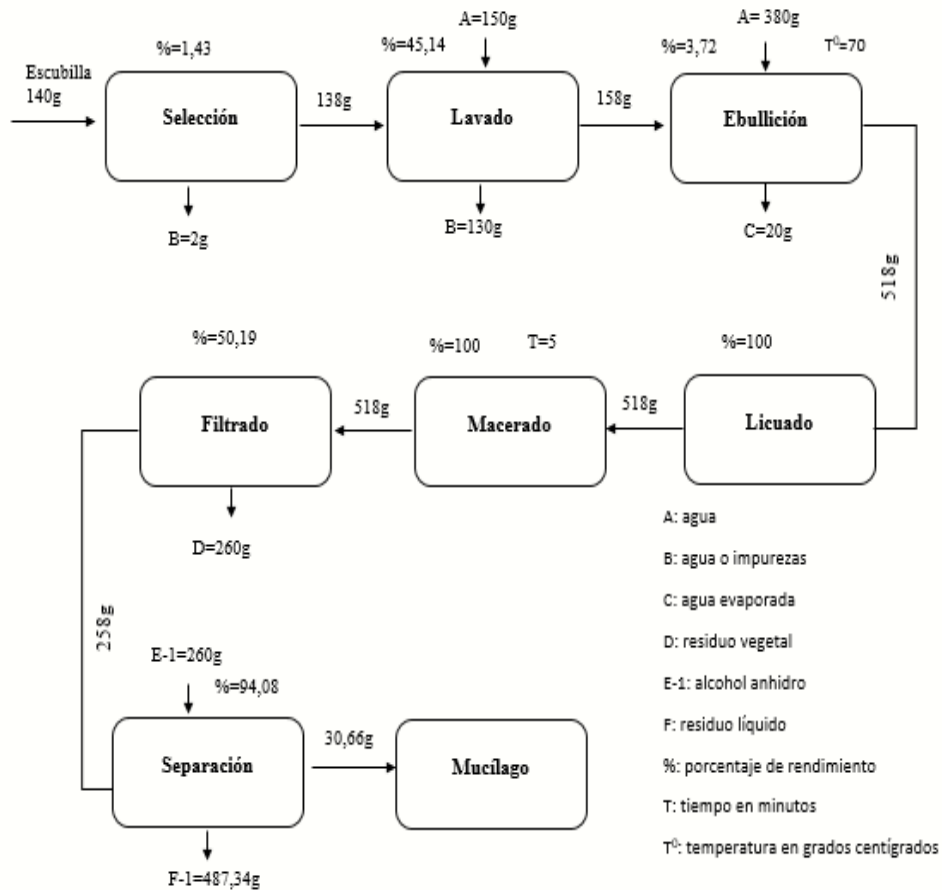


**Gráfica 1-3:** Histograma de mucílago obtenido por precipitación y ebullición

**Realizado por:** Tejedor, Janina, 2022.

### 3.1.3.1. Balance de masa en la obtención de mucílago de la *Sida rhombifolia*

El balance de masa del proceso de obtención de mucílago de la *Sida rhombifolia* que presenta mayor eficacia es por el método de ebullición, en la figura 3-3 se observa cada una de las etapas y su rendimiento tomando como base del cálculo el proceso experimental realizado.



**Figura 2-3:** Balance de masa

Realizado por: Tejedor, Janina, 2022.

### 3.1.4. Propiedades físico-químicas del mucílago de la *Sida rhombifolia*

El mucílago obtenido por el método de ebullición de la *Sida rhombifolia* presenta las siguientes propiedades físico químicas:

**Tabla 6-3:** Propiedades físico-químicas del mucílago de *Sida rhombifolia*

Parámetro	Valores
% Humedad	94,85%
Densidad aparente	0,73g/ml

<b>Capacidad de retención de agua</b>	pH 4: 7,51g H <sub>2</sub> O/g muestra pH 7: 8,82g H <sub>2</sub> O/g muestra pH 10: 11,87g H <sub>2</sub> O/g muestra
<b>Sólidos solubles</b>	87,71%
<b>pH</b>	6,36
<b>Sólidos insolubles</b>	14,29%
<b>Gravedad específica</b>	1,015g/cm <sup>3</sup>
<b>% Ceniza</b>	2,57%

Realizado por: Tejedor, Janina, 2022.

Al comparar los datos obtenidos con el estudio de (Cortina, 2020, pp. 44-47), donde se observa características fisicoquímicas similares a la de la escubilla las cuales fueron utilizadas en la recuperación del oro.

En la tabla 4-3 se observa la evaluación de las propiedades organolépticas del mucílago obtenido.

<b>Material vegetal</b>	<b>Color</b>	<b>Sabor</b>	<b>Textura</b>	<b>Aroma</b>
<b>Mucílago de escubilla (<i>Sida rhombifolia</i>)</b>	Verde oscuro	Dulce-picante	Viscosa	Dulce

Realizado por: Tejedor, Janina, 2022.

### 3.1.5. Solución espumante a partir del mucílago de la *Sida rhombifolia*

La tabla 7-3 muestra los resultados de los diferentes tratamientos utilizados para la elaboración de la solución espumante.

**Tabla 7-3:** Resultados de la obtención de la solución espumante

<b>Tratamiento</b>	<b>Agua destilada (ml)</b>	<b>Detergente (ml)</b>	<b>Mucílago de <i>Sida rhombifolia</i> (ml)</b>	<b>Altura media de la espuma (cm)</b>
1	10	5	5	8
2	10	5	5	17
3	10	10	10	40
4	10	10	15	55

Realizado por: Tejedor, Janina, 2022.

Se observa que el tratamiento 4 presenta mayor capacidad en la formación de espuma, es importante considerar la cantidad de espuma que puede generar la celda tipo *flash*, esta es de gran importancia en la selectividad del proceso de flotación (Mejía et al., 2020, p. 97), la adición de mayor porcentaje de mucílago como agente viscosificante ayuda a evitar que la lamela (pared de la burbuja) drene.

**Tabla 8-3:** Estadística descriptiva: solución espumante

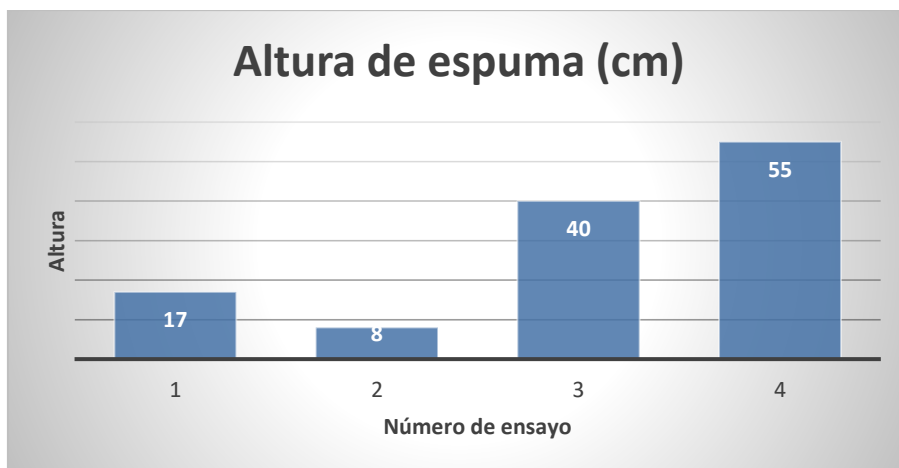
ANÁLISIS DE  
VARIANZA

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	4537,5	1	4537,5	23,990281	6,7467E-05	4,300949
Dentro de los grupos	4161,06	22	189,13909	3		5
Total	8698,56	23				

<b>Variable</b>	<b>Total de tratamientos</b>			<b>Porcentaje</b>	<b>Media</b>	<b>Desv.Est.</b>	<b>Varianza</b>	<b>Suma</b>
	<b>N</b>	<b>N*</b>	<b>N</b>					
Altura de espuma (cm)	4	4	0	100	30	21,42	459,33	120,00

**Realizado por:** Tejedor, Janina, 2022.



**Gráfica 2-3:** Histograma de altura de espuma

Realizado por: Tejedor, Janina, 2022.

### 3.1.6. Recuperación de oro aluvial

La recuperación del oro se realizó en el prototipo de celda tipo *flash* construida con un tubo de PVC de 60cm de altura y 13cm de diámetro, el volumen utilizado en la celda fue de 350ml de solución (100ml de agua destilada, 100ml de detergente líquido y 150ml de mucílago de escubilla) según los resultados de la solución espumante con mejores resultados obtenidos, se introdujo una muestra de oro aluvial de 1g el cual 0,329g (32,9%) era un material particulado con tamaño mayor a 18 micrómetros, y 0,671g (67,1%) tenía un tamaño menor a 18µm, se realizó 4 repeticiones. Los resultados de la recuperación del oro aluvial fueron los siguientes:

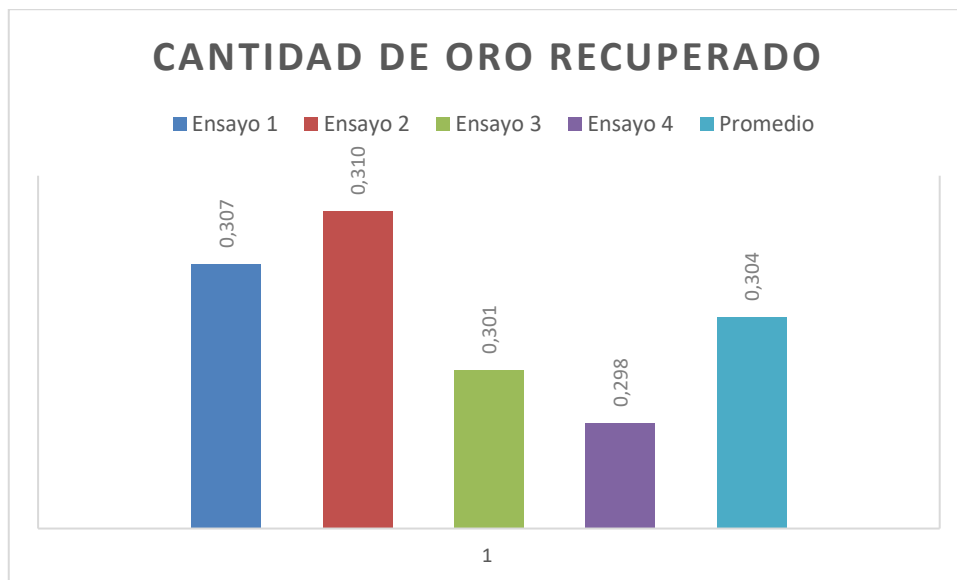
**Tabla 9-3:** Tabla de resultados de la recuperación del oro aluvial

Ensayo	Oro aluvial (g)	Oro recuperado (g)	Rendimiento de oro aluvial recuperado (%)
1	1	0,307	30,7
2	1	0,310	31,0
3	1	0,301	30,1
4	1	0,298	
	<b>Promedio</b>	0,304	30,4

Realizado por: Tejedor, Janina, 2022.

La tabla 9-3 muestra los resultados del oro aluvial recuperado utilizando la técnica de flotación espumante, empleando el mucílago de la escubilla (*Sida rhombifolia*) en la solución como agente viscosante, teniendo como resultado una recuperación del 30,4% de la muestra de oro aluvial.

Al realizar la evaluación de las partículas de oro aluvial recuperado se observó que estas fueron menores a 18 $\mu$ m, esto debido que el mucílago obtenido por la escubilla es menos viscoso a comparación del mucílago de la *Malva Sylvestris*, que es una planta utilizada para formar soluciones viscosas que se disuelven en el agua y aplicarlo como hidrocoloide en la recuperación de oro en un sistema de flotación, tal y como se muestra en los resultados de los estudios de (Mejía et al., 2020, pp. 93-94).



**Gráfica 3-3:** Histograma de cantidad de oro aluvial recuperado

Realizado por: Tejedor, Janina, 2022.

### 1.1.1. Recuperación de oro por diferentes métodos

La minería es una actividad que sustenta la economía de una localidad, la extracción del oro, por su valor mismo, ha sido generadora de procesos tanto económicos, sociales como históricos alrededor del mundo, por ende, ha hechos de esta actividad uno de los motores de desarrollo de varios países buscando así la forma de extraer mayor cantidad de oro sin perjudicar la salud del medio ambiente.

**Método A:** Flotación espumante utilizando mucílago de escubilla (*Sida rhombifolia*)

**Método B:** Flotación espumante utilizando la malva (*Malva Sylvestris*)

**Método C:** Flotación espumante a nivel industrial

**Método D:** Proceso de amalgamación

## 3.2. Discusión de resultados

La escubilla (*Sida rhombifolia*) es una planta denominada maleza que posee pocos estudios, pero como propiedades se ha utilizado como analgésico, anticrotálica contra araña viuda negra y

serpientes cascabel, en general es usado en la medicina alternativa. Un análisis fitoquímico de (Piastrri et al., 2007, párr. 1-2) muestra que la planta posee metabolitos secundarios y otros compuestos como por ejemplo alcaloides, fibra, ceniza, grasa, agua, hierro, entre otros. Posee flores de color amarillo o blanco, sus hojas son similares a un rombo de ahí su nombre *rhombofolia*, es una planta que en la zona de Morona Santiago puede llegar a crecer hasta 2 metros y medio. La planta y el mucílago de la *Sida rhombifolia* poseen propiedades físico-químicas como el porcentaje de humedad, densidad aparente, capacidad de retención de agua, porcentaje de cenizas, sólidos solubles e insolubles, y propiedades organolépticas características de cada muestra, esto debido a varios factores como las diferencias por etapas de crecimiento y estados nutricionales de la planta.

El oro aluvial posee características que le permite diferenciarse al oro que se encuentra en las rocas, debido a la falta de los instrumentos necesarios como es el densímetro de metales preciosos y al tamaño no fue posible la determinación de la densidad del oro aluvial, datos que son similares a los resultados obtenidos por (Ichau, 2019, pp. 5-6).

Se extrajo el mucílago de la escubilla (*Sida rhombifolia*) mediante el proceso de precipitación y ebullición, obteniendo un mejor resultado por ebullición. La Escubilla posee pocos estudios en relación a la extracción de mucílago por lo que se tuvo que realizar experimentaciones con varios parámetros. Dentro de la literatura revisada menciona que a través del método de ebullición se puede separar el mucílago por decantación, centrifugación o refrigeración, pero luego de la experimentación se pudo determinar que solo con la adición de alcohol absoluto, compuesto al alcance de cualquier persona, se la puede aislar. Se constató que mientras más tiempo de lleva a ebullición la muestra vegetal se obtiene menos mucílago. Se determinó que extraer mucílago por precipitación no sería factible puesto que para su implementación en la minería artesanal se necesitaría materiales e instrumentos de laboratorio. El mejor método para extraer el mucílago de la escubilla es llevando a ebullición por 30 minutos las hojas y tallos tiernos, 30% planta y 70% agua, seguidamente licuar y macerar con las manos durante 10 minutos, cernir en una tela, añadir el alcohol en proporción 50:50, mover la mezcla durante 1 minutos, dejar reposar durante 3 minutos y separar. El residuo al contener alcohol se puede usar como desinfectante. El pH del mucílago de la *Sida rhombifolia* oscila entre 6,12 y 6,61. La mezcla de la muestra vegetal y el alcohol es una reacción exotérmica. Se logró obtener mucílago de diferentes colores y consistencias antes y después de la utilización del alcohol. El alcohol deber mayor o igual que 96 °C.

Para la elaboración de la solución espumante se realizó 5 pruebas dando como mejor resultado la combinación de agua destilada, tensoactivo y mucílago en concentraciones iguales. El tensoactivo usado en las pruebas fueron detergente común, sin embargo, al secar la espuma se observó



pequeñas partículas sin disolverse de esta, es por esto que se utilizó jabón líquido con un mejor resultado, obteniendo una altura de 55 cm, el ensayo se realizó en una probeta de 100ml. El tiempo de agitación es un factor relevante dentro de la generación de la espuma.

La recuperación del oro aluvial por el método de flotación espumante es un método que es utilizado a nivel industrial, por ende, se usa maquinaria específica como las celdas tipo “flash”, para la ejecución de esta investigación se logró elaborar un prototipo de celda para uso artesanal dando como resultado una recuperación de oro del 30 %, debido a varios factores entre ellos al factor principal que fue el tamaño de la partícula de oro, luego de haber realizado varios ensayos se pudo determinar que la flotación espumante es apta en partículas menores a 18 $\mu$ m, otro factor es la inyección de aire a la celda debido que al usarla se pudo agilizar el proceso de flotación, la utilización de la hélice correcta en la celda artesanal es otro factor, por último el factor de adsorción es de suma importancia, puesto que gracias a la viscosidad brindada por el mucílago logra que las burbujas sean lo suficientemente fuertes para atrapar las pequeñas partículas de oro.

## CONCLUSIONES

Se estudió las propiedades y características físico-químicas mediante una revisión bibliográfica de la escubilla (*Sida rhombifolia*), la cual muestra que es una planta nativa de la zona, perteneciente a la familia *Malvaceae* considerada una maleza perenne que es usada en la medicina natural como analgésico, antídoto y antimicrobiano, además dentro de la zona de estudio, puede crecer hasta dos metros y medio, posee flores de color blanco y amarillo, el nombre de “*rhombifolia*” es dado a sus hojas que tiene forma de rombo. También se determinaron parámetros como la humedad, densidad aparente, capacidad de retención de agua, cenizas, color, sabor, aroma, textura, sólidos solubles y sólidos insolubles a través de ensayos en el laboratorio. Se logró obtener 30,66g de mucílago a partir de 144g de muestra vegetal. En la planta, las propiedades físico-químicas estuvieron dadas por el porcentaje de humedad que fue de 76,25%, densidad aparente de 0,48g/ml, la capacidad de retención de agua varía dependiendo el pH al cual se trabaje (pH 4= 0,34, pH 7= 5,29 y pH 10=6,27)g H<sub>2</sub>O/g muestra, el porcentaje de sólidos solubles fue de 35%, el pH de la planta es de 7,01, la gravedad específica de 1,010g/cm<sup>3</sup>, el porcentaje de ceniza tuvo un valor de 2,95%, posee un color verde claro con sabor picante, textura lisa y rugosa, tiene un aroma resinoso. Los valores de las propiedades físico-químicas del mucílago en porcentaje de humedad fueron de 94,85%, densidad aparente 0,73g/ml, la capacidad de retención de agua varía según el pH (pH 4= 7,51, pH 7= 8,82 y pH 10=11,87)g H<sub>2</sub>O/g muestra, el porcentaje de sólidos solubles fue del 87,71%, el pH del mucílago tuvo un valor de 6,36, gravedad específica de 1,015g/cm<sup>3</sup>, el porcentaje de ceniza tuvo un valor de 2,57%, el mucílago posee un color verde oscuro, sabor dulce y picante, textura viscosa y aroma dulce.

Se realizó una caracterización del oro aluvial el cual se encuentra de forma libre en ríos, posee un color a simple vista amarillo opaco, pero si se observa desde un estereoscopio se logra ver un color dorado marrón con machas de color rojo, verde y con brillo. Su tamaño es muy variable que va desde láminas, esferas irregulares o hilos que llegan hasta los 500um. No presenta magnetismo. El material secundario al que se encuentra el oro aluvial es la arena negra que a comparación del oro si presenta magnetismo y al ser observada en el microscopio se logra ver de diferentes colores y formas geométricas.

Se evaluó experimentalmente la separación y extracción de del oro aluvial a través del uso del mucílago de la escubilla (*Sida rhombifolia*) por el método de flotación espumante, el cual constó de 3 pasos el primero la extracción del mucílago, segundo la preparación de la solución espumante y finalmente la recuperación del oro aluvial por medio de una celda artesanal dando como resultado una recuperación del 30% , esto debido al tamaño de las partículas y a la hélice adaptada en la celda artesanal, por lo que se concluye que en la investigación es plausible la recuperación de oro aluvial por flotación espumante utilizando el mucílago de la escubilla como agente viscosante, dado que ayuda a la adsorción de las partículas de oro en las lamelas (burbujas).

Además, se determinó que esta investigación se puede implementar en las relaveras y aprovechar al máximo lo que comúnmente se denomina residuo.

## **RECOMENDACIONES**

Se recomienda concientizar a los mineros artesanales el peligro que conlleva usar el mercurio, debido a sus efectos negativos a corto y a largo plazo.

Se sugiere utilizar una inyección de aire constante.

Utilizar la hélice con aspas largas.

Se sugiere implementar el método de flotación espumante con la utilización de especies vegetales o microorganismos en las relaveras

Se invita a la comunidad científica a seguir estudiando y buscando métodos para la minería artesanal ecológica con el fin de suspender el uso del metal contaminante del ambiente y del ser humano, el mercurio.

## GLOSARIO

**pH:** Es una medida del grado de acidez o alcalinidad de una solución o una sustancia. Se mide en una escala de 0 a 14, siendo el pH 7 el valor neutro. Los valores menores a 7 son ácidos y los valores superiores al 7 son alcalinos o básicos (Garay y Martín, 2020, p. 367).

**Densidad:** Es la relación entre el peso de una sustancia y el volumen que ocupa dicha sustancia (RAE, 2021, párr. 1).

**Viscosidad:** Describe la resistencia del líquido al flujo y está relacionada con la fricción interna en el líquido (RAE, 2001, párr. 1).

**Temperatura:** el promedio de la energía de los movimientos de una partícula individual por grado de libertad. Grado térmico de un cuerpo o de la atmósfera (Carrasco y Picquart, 2017, p. 1310).

**Estereoscopio:** Es una herramienta que permite realizar representaciones estereoscópicas libremente de varias imágenes o fotografías convincentes y consecutivas recubiertas, además de permitir el aumento del modelo a escala estereoscópica (Blecua, 2021, p. 1).

**Micrómetro:** Es una herramienta utilizada en la metrología, es decir para medidas de precisión más usada en las industrias. Su correcto uso es fundamental para la persona que interviene en la inspección o fabricación de partes maquinadas (Chele y Vera, 2018, p. 4).

**Magnetismo:** Representado por los imanes puesto que son los encargados de crear una fuerza magnética. La fuerza de los imanes se da gracias a unas partículas muy pequeñas denominados átomos (Bautista et al., 2014, p. 367).

**Refractómetro:** es un aparato destinado a medir el índice de refracción de un medio material. Utiliza la medida del llamado ángulo crítico o en la medida del desplazamiento de una imagen (Gil, 2021, p. 6).

**Índice de refracción:** Se denomina índice de refracción al cociente de la velocidad de la luz en el vacío y la velocidad de la luz en el medio cuyo índice se calcula (Szigety, 2009, p. 4).

## BIBLIOGRAFÍA

**ALCOCER, L., CARRIÓN, R., ALONSO, J. & CAMPANARIO, J.** "Presentaciones aparentemente arbitrarias de algunos contenidos comunes en libros de texto de física y química". *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, vol. 3, no 1 (2004), (España) pp. 98-122

**ASAMBLEA NACIONAL.** *Ley Orgánica Reformatoria a la Ley de Minería, a la Ley Reformatoria para la Equidad Tributaria en el Ecuador y la Ley Orgánica de Régimen Tributario Interno.*

**ÁVALOS, A. & GARCÍA, E.** "Metabolismo secundario de las plantas". *Hidrobiológica*, vol. 8, no. 2 (1998), (Madrid) pp. 125-132

**BAUTISTA, F., CEJUDO, R., AGUILAR, B. & GOGICHAISHVILI, A.** "El potencial del magnetismo en la clasificación de suelos". *SciELO*, vol. 66, no. 2 (2014), (México) pp. 365-376.

**BAYAR, N., KRIAA, M. & KAMMOUN, R.** "Extraction and characterization of three polysaccharides extracted from *Opuntia ficus indica* cladodes". *ScienceDirect*, vol. 92 (2016), (Túnez) pp. 441-450.

**BBC NEWS MUNDO.** *Así son las excepcionales rocas llenas de oro encontradas en Australia que valen casi US\$5 millones* [blog]. Canadá, 2018. [Consulta: 17 febrero 2022]. Disponible en: <https://www.bbc.com/mundo/noticias-45478747>

**BOLIVAR, G.** *Determinación de cenizas.* [Blog]. Carabobo, 2020. [Consulta: 5 marzo 2022]. Disponible en: <https://www.lifeder.com/determinacion-de-cenizas/>

**BLECUA, J.** "El uso del estereoscopio en la Enseñanza Secundaria". *Investigación en la escuela*, no. 92 (2021), (Sevilla) pp. 103-104.

**BRUGÉS, K. & REGUERO, M.** "Evaluación preliminar de toxicidad, genotoxicidad y actividad antimicrobiana de *Sida rhombifolia* L". *Revista Colombiana de Biotecnología*, vol. IX, no. 1 (2007), (Colombia) pp. 5-13.

**CALDERÓN, P.** Estado actual de la minería del oro en Ecuador: gran minería vs minería artesanal. (Trabajo de titulación) (Maestría) Universitat Politècnica de Catalunya

Barcelonatech, Escola Politècnica Superior d'Enginyeria de Manresa. Manresa-España. 2020. pp. 14-58.

**CARRASCO, I. & PICQUART, M.** "De la temperatura y su medición". *Dialnet*, vol. 11, no. 1 (2017), (México) pp. 1300-1312.

**CASTAÑEDA, A.P., ZAVALETA, N. & SICHE, R.** "Optimization of the extraction process of *Linum usitatissimum* mucilage using a sequential design". *Scientia Agropecuaria*, vol. 10, no. 1 (2019), (Perú) pp. 19-28.

**CEDRÓN, J.** "La Capsaicina". *Revista de Química*, vol. 27, no 1-2 (2013), (Perú) pp. 7-8.

**CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR.** *Constitucion de la Republica del Ecuador 2008*.

**CÓRDOBA, O. & CASAS, H.** *Principales arbenses asociadas al cultivo de frijol en la Región Andina* [en línea]. Bogotá-Colombia: Impresos Begón Ltda, 2003. [Consulta: 24 noviembre 2021]. Disponible en: <https://books.google.com.ec/books?id=KadYupt5k5oC&pg=PA30&dq=sida+rhombifolia+caracteristicas&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwikq-vohqP0AhVsmWoFHUpIDTgQ6wF6BAgLEAE#v=onepage&q&f=false>.

**CORTINA, A.** Propiedades fisicoquímicas del mucílago de nopal químicamente modificado [En línea] (Trabajo de titulación). (Maestría) Universidad de Veracruzana, Instituto de Ciencias Básicas, Xalapa, México. 2020. pp. 44-47. [Consulta: 20 noviembre 2021]. Disponible en: <https://cdigital.uv.mx/bitstream/handle/1944/50800/EstebanCortinaAlejandro.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

**CHELE, D., & VERA, M.** "Metodologías activas para el aprendizaje del instrumento de medición-micrómetro". *Universidad Internacional del Ecuador*, vol. 3, no. 10.1 (2018), (Ecuador) pp. 1-16.

**CVC. MINERAS EXTRAEN ORO USANDO PLANTAS EN VEZ DE MERCURIO** | Portal CVC. [Blog]. Cali, 2016. [Consulta: 14 noviembre 2021]. Disponible en: <https://cvc.gov.co/carousel/2368-mineras-mercurio>.

**DELGADO, M., DELGADO, G. & VANEGAS, M.** "Metrología Química I: Calibración de un pHmetro y Control de Calidad". *Universitas*, vol. 1, no. 1 (2007), (Nicaragua) pp. 14-20.

**EL TELÉGRAFO.** *El río Upano está considerado como el cuarto mejor del mundo para el rafting.* [Blog]. Ecuador, 2017. [Consulta: 11 noviembre 2021]. Disponible en: <https://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/regional/1/el-rio-upano-esta-considerado-como-el-cuarto-mejor-del-mundo-para-el-rafting>.

**ESPAÑOL, S.** "Contaminación con mercurio por la actividad minera". *Biomedica*, vol. 32, no. 2 (2017), (Colombia) pp. 309-11.

**FUNDATION CHARLES DARWIN.** *Sida rhombifolia.* [Blog]. [Consulta: 14 noviembre 2021]. Disponible en: <https://www.darwinfoundation.org/es/datazone/checklist?species=592>

**GARAY, F. & MARTÍN, E.** "El modelo químico de potencial de hidrógeno -pH y sus implicaciones en la ciencia escolar. Un análisis desde la modelación científico-didáctica". *Revista Brasileira de Educação em Ciências e Educação Matemática*, vol. 4, no. 3 (2020), (Brasil) pp. 364-379.

**GARCÍA, M.** "Análisis sensorial de alimentos". *Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo*, vol. 2, no. 3 (2014), (México) pp. 5-10.

**GIL J.** "Refractometría y Polarimetría ". *Universidad Central de Venezuela*". vol. 27, no. 2 (2013), (Perú) pp. 1-15.

**GÓMEZ, A., HENAO, Á. & RINCÓN, C.** "La minería en páramos, humedales y reservas forestales". *Universidad del Rosario* (2017), (Bogotá) pp. 1-109.

**GORVENIA, H.** Proyecto del circuito de flotación flash en mejora de la recuperación de oro grueso (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Universidad Nacional de Ingeniería, Facultad de Ingeniería Geológica Minera y metalúrgica. Lima-Perú. 2006. pp. 8-157.

**HERNÁNDEZ, V.** "Macromoléculas". *Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo*, vol. 2, no 2 (2019), (México) pp. 12-14. pp. 41-137.

**HOOKE, K. & ALVARADO, A.** "Validación de la determinación de cloruros y humedad, para la evaluación de combustibles alternos para hornos de cementeras". *Dialnet*, vol. 23,



no. 3 (2010), (Costa Rica) pp. 12-14. pp. 24-32.

**LEÓN, R.** Eficiencia del método ecológico sin mercurio respecto al tradicional con mercurio en la extracción de oro en minería artesanal en Ollachea – Puno. (Trabajo de titulación). (Licenciatura) Universidad Nacional del Antiplano, Facultad de Ciencias Biológicas, Escuela Profesional de Biología. Puno-Perú. 2017

**LEY DE MINERÍA.** *Ley de minería*

**MAATE.** *Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente, TULSMA.*

**MAE.** *Línea de base nacional para la minería artesanal y en pequeña escala de Oro en Ecuador.* [Blog]. Ecuador, 2020. [Consulta: 15 noviembre 2021]. Disponible en: <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2020/06/NAP-Inventario-de-Mercurio-Ecuador.pdf>.

**MEJÍA, T., BRIONES, J. & TOLEDO, N.** "Extracción y caracterización del mucílago de la malva común ( malva sylvestris ) y del guarumbo ( cecropia peltata ) para realizar ensayos en la formulación de espumante para la remoción de oro nativo en la minería artesanal". *Conciencia Digital*, vol. 32, no. 2 (2020), (Ecuador) pp. 92-103.

**MINISTERIO DE ECONOMÍA & FINANZAS.** *USD 3.800 millones de inversión minera hasta 2021 darán Más Prosperidad al Ecuador – Ministerio de Economía y Finanzas.* [Blog]. Ecuador, 2019. [Consulta: 14 noviembre 2021]. Disponible en: <https://www.finanzas.gob.ec/usd-3-800-millones-de-inversion-minera-hasta-2021-daran-mas-prosperidad-al-ecuador/>.

**MAATE.** *MAE controla y regulariza a proyectos mineros en el Río Upano – Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica.* [Blog]. Ecuador, 2021. [Consulta: 11 noviembre 2021]. Disponible en: <https://www.ambiente.gob.ec/mae-controla-y-regulariza-a-proyectos-mineros-en-el-rio-upano/>.

**MOSCHENI, M.** "La minería y el desarrollo insostenible. El estudio de caso en San Juan, Argentina". *Universidad Nacional San Juan*, vol. 50, no. 196 (2019), (Argentina) pp. 1-26.

**NTE NORMA INEN 380.** *Determinación de sólidos solubles. Método refractométrico*

**OMS.** *El mercurio y la salud.* [Blog]. 2017. [ Consulta: 14 noviembre 2021]. Disponible en:  
<https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/mercury-and-health>.

**OROZCO, Y.** Estudio del efecto del tipo y concentración de espumante en la selectividad del proceso de flotación a escala de laboratorio (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Departamento de Ingeniería Química y Biotecnología. Santiago de Chile. 2012. pp. 1-103.

**PEREVOCHTCHIKOVA, M.** "La evaluación del impacto ambiental y la importancia de los indicadores ambientales". *El Colegio de México, A.C.*, vol. 22, no. 2 (2012), (México) pp. 283-312.

**PIASTRI, M., ORFILA, L. & PARDÍAS, P.** *Sida rhombifolia.* [Blog]. 2007. [ Consulta: 44 noviembre 2021]. Disponible en:  
<http://webserv.fq.edu.uy/tematres/index.php?tema=8602&/broomjute-sidaa>

**PLAOR.** *El oro, aleaciones y colores* [blog]. 2016. [Consulta: 17 enero 2022]. Disponible en:  
<https://www.joyeriaplaor.com/blog/el-oro-aleaciones-y-colores/>

**REAL ACADEMIA ESPAÑOLA.** *Densidad.* [Blog]. 2001. [ Consulta: 19 enero 2022]. Disponible en: <https://www.rae.es/drae2001/densidad>

**REAL ACADEMIA ESPAÑOLA.** *Oro.* [Blog]. 2020. [Consulta: 14 noviembre 2021]. Disponible en: <https://dle.rae.es/oro>.

**REAL ACADEMIA ESPAÑOLA.** *Relave.* [Blog]. 2021. [Consulta: 14 enero 2022]. Disponible en: <https://dle.rae.es/relave>.

**REAL ACADEMIA ESPAÑOLA.** *Viscosidad.* [Blog]. 2021. [Consulta: 15 enero 2022]. Disponible en: <https://dle.rae.es/viscosidad>

**ROJAS, S. & VIBRANS, H.** *Sida rhombifolia - ficha informativa.* [Blog]. 2010. [Consulta: 14 noviembre 2021]. Disponible en:  
<http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/malvaceae/sida-rhombifolia/fichas/ficha.htm#1>. Nombres.

**SANTANDER, M.** *Técnica de bateo.* [Blog]. 2022. [Consulta: 6 enero 2022]. Disponible en:

[https://www.academia.edu/36591699/T%C3%A9cnica\\_de\\_bateo](https://www.academia.edu/36591699/T%C3%A9cnica_de_bateo)

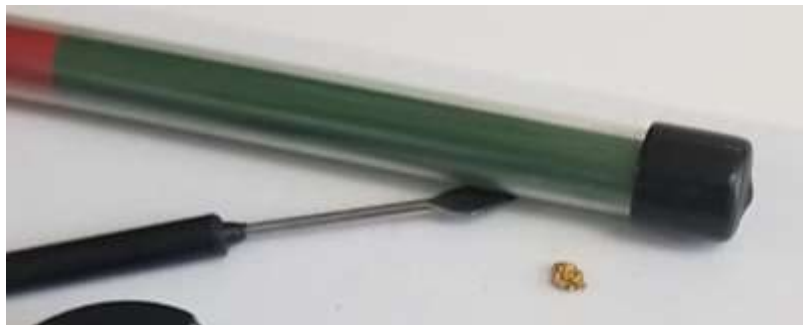
- SEPÚLVEDA, G., PORTA, H. & ROCHA, M.**, 2003. "La Participación de los Metabolitos Secundarios en la Defensa de las Plantas". *Universidad de Cádiz*, vol. 21, no. 3 (2003), (México), pp. 355-363.
- SZIGETY, E., VIAU, J., TINTORY, M. & MORO, L.**, 2009. "Medición del índice de refracción del agua". *Revista Mexicana de Fitopatología*, vol. 6 (2009), (España), pp. 146-150.
- TELMER, K. & STAPPE, D.**, 2008. *El uso del minería del oro artesanal y en pequeña escala. Programa de las Naciones Unidas para el medio ambiente* [en línea]. 2008. [Consulta: 11 noviembre 2021]. Disponible en: [http://www.mesadedialogopermanente.org/Mesa\\_de\\_Dialogo\\_Permanente/Mesa\\_de\\_Dialogo\\_Permanente/documentos\\_files/MERCURIO EN LA MINERIA DEL ORO MODULO 3.pdf?](http://www.mesadedialogopermanente.org/Mesa_de_Dialogo_Permanente/Mesa_de_Dialogo_Permanente/documentos_files/MERCURIO_EN_LA_MINERIA_DEL_ORO_MODULO_3.pdf?)
- TRONCOSO, C., BECERRA, J., PEREZ, C., HERNANDEZ, V., SAN MARTIN, A., SANCHEZ, M. & RIOS, D.** "Induction of Defensive Responses in *Eucalyptus globulus* (Labill) Plants, against *Ctenarytaina eucalypti* (Maskell) (Hemiptera: Psyllidae)". *American Journal of Plant Sciences*, vol. 03, no. 05 (2012), (Santiago de Chile) pp. 589-595.
- VANDERLEI, M.** "Metabolitos secundarios de *Sida rhombifolia* L. (Malvaceae) y la actividad vasorrelajante de la criptolepinona". *Universidad Federal de Paraíba*, vol. 6, no. 2 (2020), (Ecuador) pp. 2770-2777.
- VILLA, D., OSORIO, M. & VILLACIS, N.** "Extracción, propiedades y beneficios de los mucílago". *Dominio de las Ciencias*, vol. 18, no. 3 (2013), (Brasil) pp. 503-524.
- YÁNEZ, J., GARCÍA, I., PEDRAZA, J. & LAVERDE, D.** "CARACTERIZACIÓN DE LOS MINERALES AURÍFEROS DE LA ZONA MINERA DE SAN PEDRO FRÍO /BOLÍVAR-COLOMBIA), PARA LA SELECCIÓN DE LOS PROCESOS DE EXTRACCIÓN". *Scielo*, vol. 7 2, no. 145 (2005), (Colombia) pp. 23-35.

## **ANEXOS**

### **ANEXO A: CARACTERIZACIÓN-ORO ALUVIAL**



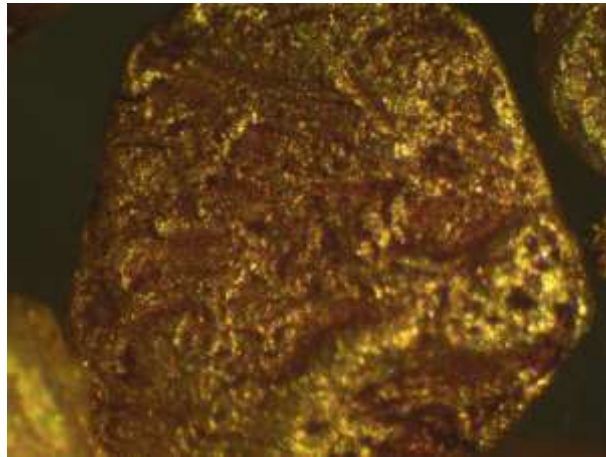
### **ANEXO B: DEMOSTRACIÓN DE LA AUSENCIA DE MAGNETISMO EN EL ORO**



### **ANEXO C: CARACTERIZACIÓN-ORO ALUVIAL VISTA AL OJO HUMANO**



**ANEXO D: CARACTERIZACIÓN-ORO ALUVIAL VISTA CON ESTEREOSCOPIO**



**ANEXO E: PRESENCIA DE MAGNETISMO EN LA ARENILLA**



**ANEXO F: ARENILLA VISTA AL OJO HUMANO**



**ANEXO G: MATERIAL SECUNDARIO VISTA AL MICROSCOPIO**



**ANEXO H: CARACTERIZACIÓN-MEDICIÓN DE ORO ALUVIAL**



**ANEXO I: BÚSQUEDA DE LA PLANTA**



## ANEXO J: RECOLECCIÓN DE LA PLANTA



## ANEXO K: EBULLICIÓN DE LA PLANTA



## ANEXO L: SEPARACIÓN DE MUESTRA PARA MUCÍLAGO



### **ANEXO M: EXPERIMENTACIÓN PARA OBTENCIÓN DE MUCÍLAGO**



### **ANEXO N: EXTRACCIÓN DE MUCÍLAGO**



### **ANEXO O: ELABORACIÓN DE SOLUCIÓN ESPUMANTE**





**ANEXO P: EQUIPOS NECESARIOS PARA EL PROCESO DE FLOTACIÓN**



**ANEXO Q: APLICACIÓN ELÉCTRICA DEL PROCESO DE FLOTACIÓN**



**ANEXO R: APLICACIÓN MANUAL DEL PROCESO DE FLOTACIÓN ESPUMANTE**



**ANEXO S: INYECCIÓN DE CORRIENTE AIRE A LA CELDA**



**ANEXO T: RECOLECCIÓN DE LA ESPUMA**



**ANEXO U: SECADO DE LA ESPUMA**



**ANEXO V: RECUPERACIÓN DE ORO ALUVIAL**



**ANEXO W: TOTAL DE ORO ALUVIAL RECUPERADO**





epoch

Dirección de Bibliotecas y  
Recursos del Aprendizaje

**UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS Y ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO Y  
DOCUMENTAL**

**REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA**

**Fecha de entrega:** 20 / 07 / 2022

<b>INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)</b>
<b>Nombres – Apellidos:</b> Janina Estefania Tejedor Quezada
<b>INFORMACIÓN INSTITUCIONAL</b>
<b>Facultad:</b> Ciencias
<b>Carrera:</b> Ingeniería Ambiental
<b>Título a optar:</b> Ingeniera Ambiental
<b>f. Analista de Biblioteca responsable:</b> Ing. Leonardo Medina Ñuste MSc.