

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE MEDICINA HUMANA
ESCUELA PROFESIONAL DE FARMACIA Y
BIOQUÍMICA



Identificación de metabolitos secundarios de *Eichhornia crassipes* (Jacinto de Agua) del Rio Chira, Sullana.

**Tesis para obtener el título de Químico
Farmacéutico**

Autora:

Juárez Cevallos, Merlyn Lizeth

Asesor:

QF. Ortiz Coloma, Felipe

**Sullana – Perú
2018**

Identificación de metabolitos secundarios de *Eichhornia crassipes* (Jacinto de Agua) del Rio Chira, Sullana.

AUTOR

JUAREZ CEVALLOS, MERLYN LIZETH

TESIS

Presidente

Secretario

Vocal

**SULLANA - PERÚ
2018**

Palabras clave:

| | |
|--------------|---|
| Tema: | <i>Eichhornia crassipes</i> (Jacinto de Agua) Metabolitos secundarios Marcha fitoquímica |
| Especialidad | Medicina Química |

Key words

| | |
|-----------|---|
| Theme | <i>Eichhornia crassipes</i> (Water hyacinth) Secondary metabolit Phytochemical march |
| Specialty | Chemical Medicine |

Identificación de metabolitos secundarios de *Eichhornia crassipes* (Jacinto de Agua) del Río Chira, Sullana. 2018

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: Medicina Química

RESUMEN.

Esta investigación tuvo como objetivo identificar cualitativamente los metabolitos secundarios presentes en plantas de *Eichhornia crassipes* (Jacinto de Agua) obtenidos de las aguas del río Chira de la provincia de Sullana, y si estos metabolitos secundarios son adecuados para su uso en la industria farmacéutica. **Metodología:** Fue un estudio descriptivo, No experimental donde la población y muestra fueron 40 plantas (tallos) de *Eichhornia crassipes* procedentes del río Chira a quienes se les realizó el proceso de recojo, secado, maceración, molienda, preparación de los extractos crudos clorofórmico, etanólico, y acuosos, por concentración, por evaporación y análisis fitoquímico. **Resultados:** Estos procedimientos permitieron determinar la presencia de Alcaloides, flavonoides, cumarinas, Antraquinonas, taninos, azúcares reductores, antocianinas y la ausencia de grasas y saponinas en los extractos clorofórmico, etanólico y acuoso. **Conclusión.** Los extractos vegetales de *E. crassipes* contienen diversos metabolitos secundarios de utilidad en la industria farmacéutica que podrían ser una alternativa para diversos tratamientos de enfermedades comunes de la región.

PALABRAS CLAVE:

Eichhornia crassipes (Jacinto de Agua), Metabolito secundario, Marcha fitoquímica.

ABSTRACT

The objective of this research was to qualitatively identify the secondary metabolites present in plants of *Eichhornia crassipes* (Jacinto de Agua) obtained from the waters of the Chira River in the province of Sullana, and if these secondary metabolites are suitable for use in the pharmaceutical industry. Methodology: It was a descriptive, non-experimental study where the population and sample were 40 plants (stems) of *Eichhornia crassipes* from the river Chira who underwent the process of picking, drying, maceration, milling, preparation of crude chloroform extracts, ethanolic, and aqueous, by concentration, by evaporation and phytochemical analysis. Results: These procedures allowed to determine the presence of alkaloids, flavonoids, coumarins, anthraquinones, tannins, reducing sugars, anthocyanins and the absence of fats and saponins in chloroform, ethanolic and aqueous extracts. Conclusion. The plant extracts of *E. crassipes* contain various secondary metabolites useful in the pharmaceutical industry that could be an alternative for various treatments of common diseases in the region.

KEY WORDS: *Eichhornia crassipes* (Water hyacinth), secondary metabolite, phytochemical march

ÍNDICE

| | |
|-----------------------------------|------|
| PALABRAS CLAVE | i |
| LÍNEA DE INVESTIGACIÓN | ii |
| TITULO | iii |
| RESUMEN | iv |
| ABSTRACT | v |
| ÍNDICE | vi |
| ÍNDICE DE TABLAS | vii |
| ÍNDICE DE GRÁFICO | viii |
| I. INTRODUCCIÓN | 1 |
| II. METODOLOGÍA | 25 |
| III. RESULTADOS | 34 |
| IV. ANALISIS Y DISCUSIÓN | 38 |
| V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 40 |
| REFERENCIAS | 42 |
| APENDICES Y ANEXOS | 47 |

INDICE DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 1: Identificación preliminar de metabolitos secundarios en extracto cloroformico de la especie <i>E. crassipes</i> | 30 |
| Tabla 2: Identificación preliminar de metabolitos secundarios en extracto etanolico de la especie <i>E. crassipes</i> | 31 |
| Tabla 3: Identificación preliminar de metabolitos secundarios en extracto acuoso de la especie <i>E. crassipes</i> | 36 |
| Tabla 4: Marcha fitoquímica preliminar de extractos de <i>Eichhornia Crassipes</i> del Rio Chira | 37 |

INDICE DE ILUSTRACIONES

| | |
|---|----|
| Ilustración 1: Recolección de la especie vegetal de <i>Eichhornia crassipes</i> | |
| 51 | |
| Ilustración 2: Secado de la especie vegetal | 51 |
| Ilustración 3: Reactivos utilizados en la marcha fitoquímica | 52 |
| Ilustración 4. Extracción de metabolitos en soxhlet y Estufa | 52 |
| Ilustración 5: Extracto de <i>Eichhornia crassipes</i> | |
| 52 | |
| Ilustración 6: Extractos clorofórmico, etanólico y acuoso | 53 |
| Ilustración 7: Evaporación de solventes en baño María | 53 |
| Ilustración 8: Identificación de Flavonoides | 53 |
| Ilustración 9: Identificación de compuestos lactonicos | 53 |
| Ilustración 10: Prueba de Taninos | 54 |
| Ilustración 11: Identificación de Azucares reductores | 54 |
| Ilustración 12: Identificación de Antocianinas | 54 |
| Ilustración 13: Prueba de Fehling | 54 |
| Ilustración 14: Identificación de taninos | 54 |
| Ilustración 15: Identificación de Cumarinas | 54 |
| Ilustración 16: Prueba de Mayer .Alcaloides | 54 |
| Ilustración 17: Prueba de Wagner .Alcaloides | 54 |
| Ilustración 18: Prueba de Dragendorff .Alcaloides. | 54 |

I. INTRODUCCIÓN

Eichhornia crassipes, o Jacinto de agua es considerada como la maleza acuática, que ocasiona los más amplios y mayores problemas que ninguna otra planta acuáticas (Labrada, Caseley, & Parker, C., 1996), por su rápida expansión especialmente en aguas residuales, originaria del Brasil, tiene alta capacidad reproductiva y adaptativa extendiéndose a más de cincuenta países de los cinco continentes, causando efectos adversos sobre la flora y fauna nativa. Además, forma densas Colonias flotadoras, con el consecuente descenso del flujo de agua en los embalses, reducción de cantidad de luz y disminución de la cantidad de oxígeno disuelto. (Guevara & Ramirez, 2015). Las investigaciones realizadas en relación a esta se orientan más a estudios de caracterización, fitorremediación, uso industrial como pesticidas, alimento para animales y de uso artesanal. A nivel medicinal se menciona su empleo como diurético, antidiarreico, combatir migrañas y problemas cardiacos (Vivot, Sanchez, Cacik, & Sequín, 2012). No se ha podido evidenciar trabajos respecto a la identificación de metabolitos secundarios que pudiesen ser utilizables en la industria farmacéutica. Se citan algunos trabajos relacionados con esta planta con el fin de exponer su utilidad, características fisicoquímicas y uso relacionado con el mejoramiento del medioambiente.

1.1. ANTECEDENTES Y FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICA

1.1.1. Antecedentes

Lata, N & Vepanapy, D (2010). “*Detección fitoquímica preliminar de Eichhornia crassipes: la peor maleza acuática del mundo*” (Preliminary phytochemical screening of *Eichhornia crassipes: the world's worst aquatic weed*). *Eichhornia crassipes* se considera como la planta acuática más peligrosa del mundo, es una maleza acuática altamente productiva que causa un grave obstáculo en las actividades de desarrollo de la nación. La presente investigación fue planeada para explorar el potencial de *Eichhornia crassipes* y

demostrar de esta manera que sus atributos positivos superan a los negativos. El presente artículo trata sobre el cribado fitoquímico y la importancia terapéutica de *Eichhornia crassipes*. El análisis cualitativo de las partes de la planta ha revelado la presencia de varios componentes de importancia médica que incluyen taninos, flobatanina, esteroides, terpenoides, alcaloides, flavonoides, contenidos fenólicos, quinona, antraquinona y glucósidos cardíacos. Debido a la rica diversidad de esta planta acuática, se espera que el análisis y la evaluación científica de los extractos de plantas puedan ser beneficiosos para la humanidad junto con el manejo de la maleza. El resultado obtenido indica que, aunque la planta es una maleza acuática, es una buena fuente de fitoquímicos necesarios para el mantenimiento de una buena salud y también puede ser explotada en la fabricación de medicamentos.

Durante la revisión se logró encontrar el estudio "*Actividad antibacteriana en plantas medicinales de la flora Entre Ríos*" (Argentina). En donde *Vivot, E et al. (2012)*, manifiestan que las plantas utilizadas tradicionalmente con uso medicinal constituyen un recurso para encontrar fármacos ante nuevas afecciones microbiológicas producidas por la resistencia adquirida de los microorganismos y por el aumento de personas inmunodeprimidas. Los antecedentes etnobotánicos de la flora de entre Ríos identifican numerosas especies utilizadas para la cura de infecciones, de las cuales se seleccionaron para su estudio: *Acacia bonariensis*; *Baccharis articulata*; *Blepharocalyx salicifolius*; *Castela tweedii*; *Eichhornia azurea*; ***Eichhornia crassipes***; *Erythrina crista-galli*; *Gaillardia megapotamica* var. *scabiosoides*; *Hydrocotyle bonariensis*; *Ludwigia peploides*; *Pistia stratiotes*; *Phytolacca dioica*; *Porlieria microphylla*; *Senna scabriuscula*; *Schinus fasciculatus* y *Typha latifolia*. Se evaluó la actividad antibacteriana de los extractos vegetales metanólico, hidroalcohólico y acuoso por el método de difusión en medio sólido, empleándose cepas bacterianas estandarizadas para *verificar la sensibilidad a dichos extractos*. Los resultados muestran actividad antibacteriana in vitro de

numerosos extractos y de la mayoría de las especies, y varios contra una cepa clínica de *Streptococcus aureus* meticilino resistente.

En la India se realizó la investigación por Thamaraiselvi, P. & Jayanthi. (2012) denominada “Estudios preliminares en fitoquímicos y actividad antimicrobiana de extractos solventes de *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms” (Preliminary studies on phytochemicals and antimicrobial activity of solvent extracts of *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms el cual menciona que a través de procedimientos estandarizados se detectaron diversos fitoquímicos. La fracción de extracto clorofórmico y acuoso indicó que la planta fresca contiene Alcaloides, flavonoides, fenoles, esteroides, terpenoides, antocianinas y proteínas. Se examinaron los extractos de etanol y acetato de etilo para determinar la actividad antibacteriana y la actividad antifúngica contra dos bacterias *Micrococcus luteus* y *Rhodospirillum rubrum* y dos hongos *Monascus ruber* y *Rhodospirillum* mediante el método de difusión por disco. Los extractos y fracciones de *Eichhornia crassipes* frescos mostraron una significativa y notable actividad contra dos bacterias y dos especies de hongos en comparación con el estándar. El presente trabajo muestra la presencia de metabolitos secundarios significativos en la peor maleza del mundo y su apreciable actividad y capacidad antimicrobiana.

Cardoso, Lopes, & Nascimento (2014), presentaron el estudio “***Eichhornia crassipes*: una fuente ventajosa de ácido shikímico**” En su resumen expresan que el jacinto de agua (*Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms, Pontederiaceae) está considerado como una de las plantas más productivas de la tierra y una maleza acuática, que causa serios problemas ambientales. En este estudio, esta especie se presenta como una alternativa de una fuente renovable de ácido shikímico. Aunque este ácido es un intermediario importante en la biosíntesis de compuestos aromáticos en plantas y microorganismos, su aparición se

describe por primera vez en una especie de la familia Pontederiaceae. El ácido shikímico es el compuesto de plomo para la producción del agente antiviral fosfato de oseltamivir (Tamiflu[®]). Los análisis semicuantitativos de los extractos de plantas por HPLC-PDA mostraron que las partes aéreas de *E. crassipes* contienen una mayor concentración de ácido shikímico (0,03% - 2,70% p / p) que las raíces (0,05% - 0,90% p / p), y el metanol es un disolvente mejor que el agua para la extracción del ácido shikímico. En su introducción expresa que “Los estudios fitoquímicos sobre *E. crassipes* han llevado al aislamiento e identificación de más de treinta compuestos, incluidos esteroides, flavonoides y compuestos de tipo fenalenona”

“Investigación fitoquímica de los extractos de Eichhornia crassipes y sus disolventes fraccionados”. (*Phytochemical investigation of the extracts of Eichhornia crassipes and its solvent fractionates*) Es otro estudio realizado por Jayanthi, Lalytha, & Subashini, (2011) en donde menciona que el éter de petróleo, la acetona, el acetato de etilo, los extractos acuosos, ácidos y los cloroformos y las fracciones de etanol de los extractos acuosos de *Eichhornia crassipes* se examinaron en busca de la presencia de fitoquímicos mediante procedimientos estándar. La presencia de esteroides se observó en acetona y extracto acuoso. El éter de petróleo y los extractos acuosos dieron positivo para los flavonoides. Los terpenoides estaban presentes en el extracto de acetona. Las proteínas estaban presentes en el extracto acuoso y los carbohidratos en el extracto ácido. La presencia de alcaloides, quinonas y antocianinas se observó en extractos acuosos y ácidos. Se encontró que las antraquinonas estaban presentes en todos los extractos excepto el éter de petróleo y los fenoles estaban presentes en el extracto de acetato de etilo. La fracción de etanol mostró la presencia de proteínas y terpenoides que se separaron del extracto acuoso. Los resultados obtenidos proporcionan una motivación para que esta planta, que representa una gran amenaza para el medio ambiente y la economía, pueda ser utilizada de manera eficiente.

Por otro lado encontramos una recopilación de información sobre fitoquímicos farmacológicos medicinales en un artículo publicado en la revista *Journal of Plant Sciences* realizado por Tyagi Tulika (2015). *Pistia stratiotes* L. comúnmente conocida como lechuga de agua pertenece a Araceae. Se ha utilizado en diversos medicamentos, para el tratamiento del ecema, lepra, úlceras, pilas, trastornos estomacales, inflamación de la garganta y la boca, otros por mencionar. *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms (Waterhyacinth), una hierba acuática perenne presente en todo el mundo, tiene una gran cantidad de metabolitos. Se ha demostrado que los extractos, así como los compuestos puros aislados de esta planta, poseen propiedades farmacológicas. En estudio se determinó la presencia de la mayoría de los metabolitos secundarios como Alcaloides, Flavonoides, taninos, Terpenoides, antraquinonas, fenoles, quinonas, azúcares reductores y esteroides, no se encontraron saponinas, esteroides, carbohidratos y proteínas.

1.1.2. Fundamentación científica.

Las plantas producen una gran variedad de compuestos bioactivos y metabolitos secundarios como medio de defensa al ataque de insectos, microorganismos y de adaptación a ambientes adversos (temperatura, humedad, intensidad de luz, sequía, etc) (Ramakrishna y Aswathanarayana, 2011 citado por Vélez, 2014). Entendiéndose como bioactivo, aquellos compuestos que tienen la capacidad de provocar efectos farmacológicos o toxicológicos en humanos y/o animales (Durmic y Blache, 2012, citado por Vélez, 2014). Las rutas del metabolismo primario son idénticas o similares en todos los organismos vivos. Los vegetales tienen otras vías metabólicas que llevan a la formación de compuestos característicos de un grupo taxonómico y cuya función no guarda relación con los procesos vitales de la célula que los biosintetiza, pero puede tener significación para el organismo productor como un todo. Estas rutas constituyen el metabolismo secundario (Anexo 1). Las enzimas involucradas tendrán el carácter de metabolitos primarios o

secundarios, dependiendo de su función metabólica (Illanes, 1994, citado por Llorente, 2000).

~ **Metabolitos secundarios**

Los metabolitos secundarios son sustancias orgánicas que se encuentran en las plantas, los cuales no tienen un papel definido en los procesos de respiración, asimilación y transporte, a diferencia de los metabolitos primarios como los carbohidratos, proteínas y ácidos nucleicos (Valencia Ortiz, 1995; Taiz y Zeiger, 1998 citado por Robles, y col 2016) y según Galbis, (2008) desencadenan respuestas fisiológicas muy específicas uniéndose a determinados receptores complementarios, permitiendo la búsqueda de nuevos compuestos bioactivos en el reino animal y vegetal. También tienen un importante valor medicinal, económico, en la industria cosmética, alimentaria y farmacéutica (Ávalos-García y Pérez-Urria, 2009, citado por Robles y col). Como ejemplos de estos metabolitos se encuentran los compuestos fenólicos, cumarinas, saponinas, esteroides y alcaloides entre otros. Klusinki, C. (2003, p 53), nos dice que dentro del conjunto de vegetales se describen tres rutas biosintéticas que dan origen a los metabolitos secundarios:

- Ruta del ácido Shikimiko
- Ruta del acetato-malonato (ruta de los policétidos).
- Ruta de acetato-mevalonato ruta del ácido mevalónico o ruta de la condensación isoprenica.

Hay metabolitos secundarios que proceden de la ruta biosintética y los que hay procedentes incluso de varias.

- Ácidos fenólicos: Ruta de ácido shikimico
- Taninos : Ruta del ácido shikimiko
- Flavonoides: Ruta del ácido shikímico y ruta del ácido

- mevalonico
- Antraquinonas: Ruta de policeptidos
- Antibioticos: Ruta de policeptidos
- Lignanós y cumarinas: Ruta del ácido shikimico
- Esteroides: Ruta del ácido mevalónico
- Terpenos: Ruta del ácido mevalonico.

~ **Jacinto de agua**

Nombre científico: *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms.

Nombres comunes usados en español:

Cucharilla, camalote, flor de agua, flor de huachinango, jacinto, jacinto de agua, lagunera, lechuguilla, lirio acuático, lirio de agua, carolina, papalacate, pico de pato, reina, tamborcillo, violeta de agua.

Nombres comunes en inglés:

Water-hyacinth, water lily. (Artero, Ganuza & Quisque ,Argueta, 2012)

La clasificación taxonómica del Jacinto de agua, lirio acuático:

Reino vegetal:

Subreino Embryophyta

División Spermatophyta

Subdivisión Magnoliophyta

Clase Liliatae

Orden Farinosae

Familia Pontederiaceae

Género *Eichornia*

Especie *crassipes*

Es una planta perenne, herbácea y libre flotante, llegando a formar densos tapetes que ocasionan diversos problemas al humano, muchas veces se encuentra arraigada al sustrato. Se encuentra bien adaptada a diferentes hábitats (ríos, lagos, estanques, pantanos, canales y drenaje), exhibiendo una alta plasticidad morfológica en respuesta a diferentes condiciones de crecimiento. En estado maduro el Jacinto de agua se constituye de raíces, rizomas, estolones, peciolo, hojas, inflorescencias y frutos.

~ **Características externas**

Especie flotante de raíces sumergidas, con hojas y flores aéreas, carece de tallo aparente, posee un rizoma emergente del que se abre un rosetón de hojas que tienen una superficie esponjosa notablemente inflada en forma de globo que forma un vejiga llena de aire, mediante la cual el vegetal puede mantenerse sobre la superficie acuática, el limbo se estrecha en la zona media terminando en una especie de lengüeta plana y redondeada (Lopez Jervez, 2012)

La raíz constituye un sistema radical adventicio fibroso sin ramificaciones y cápsula conspicua; esto es que la raíz se origina de tejido maduro no meristemático, con una raíz primaria que se ramifica en muchas raíces delgadas de aproximadamente el mismo tamaño. Si la planta se encuentra flotando, la raíz es de color púrpura debido a pigmentos disueltos en las vacuolas, llamados antocianinas cuya formación se favorece con un alto contenido de azúcares. (ADEL-FIAES, 2014)

~ **Distribución geográfica:**

El Jacinto de agua parece ser originario de la Amazonia de Brasil, con

propagación natural a otras áreas del continente sud-americano (Barret y Forno, 1982 citado por Labrada y col, 1996). El jacinto de agua se ha introducido por el hombre en muchos países en los trópicos y subtropicos donde se ha propagado hasta convertirse en una maleza acuática extremadamente grave desde los 40° N hasta los 45° S .(Holm *et al.* 1977 citado por Labrada y col). Se han desarrollado infestaciones extensas en el sur de los EE.UU. (especialmente en Lousiana y la Florida), en México, Panamá y muchas regiones de Africa (especialmente los sistemas de los ríos Nilo y Congo), el sub-continente Indio, el sudeste Asiático, Indonesia y Australia (Sculthorpe, 1971; Holm *et al.* 1977; Pieterse 1978; Gopal y Sharma 1981 citado por labrada y col, 1996).

El crecimiento del Jacinto de agua es favorecido por el agua rica en nutrientes, en especial por el nitrógeno, el fósforo y el potasio. Además de estos elementos toma calcio, magnesio, azufre, hierro, manganeso, el aluminio, el boro, cobre, molibdeno y zinc. (Granja Guevara & Ramirez Cando, 2015). La habilidad del Jacinto de agua de extraer los nutrientes y metales pesados puede ser explotado para tratar los efluentes de alcantarillado pasándolos a través de canales que contienen la planta. Para un tratamiento exitoso las plantas se tienen que mantener en crecimiento activo mediante la eliminación del exceso de plantas. Sin embargo el Jacinto de agua nunca deberá introducirse en una región donde el no exista. El riesgo de crear un serio problema de maleza es muy grande. (Labrada, Caseley, & Parker , C., 1996).

Según Anaya, A (2003, p 321) El Jacinto de agua es considerada como una de las peores malezas acuáticas por su capacidad de establecer en todo tipo de cuerpos de agua y por su crecimiento vegetativo extremo y rápido que sugieren mecanismos agresivos de invasión.

~ **Impacto e importancia.**

- **Efectos sobre la biodiversidad y ecosistemas.**

Cubre extensas superficies en presas, lagunas y canales, impidiendo el libre paso del agua o la navegación, además afecta la supervivencia de las plantas y los animales nativos.

- **Cultivos afectados y efectos sobre los cultivos.**

Se afecta la acuicultura, ya que el agua abajo del lirio acuático puede perder su oxígeno.

- **Usos.**

Es usada como abono verde. También se le utiliza como fertilizante, forraje y ornamental. Sirve como alimento de carpas, para elaborar artesanías, producir biogás, depurar aguas residuales.

▪ **Impacto sobre la salud humana.**

Favorece el desarrollo de mosquitos que producen daños a la salud humana y del ganado.

▪ **Impacto económico y social.**

Crea problemas a la pesca, la navegación y al mantenimiento apropiado de áreas recreativas.

▪ **Río Chira**

El río Chira, considerado el más caudaloso e importante de la cuenca del Pacífico, constituye la única fuente de abastecimiento de agua dulce para el consumo humano de aproximadamente tres mil familias (unos

15.000 pobladores) que viven en Bajo Chira o cerca de sus riberas. El Río Chira en la actualidad no sirve de utilidad para ningún tipo de beneficios, pues, esta está completamente contaminada principalmente por aguas negras, aguas residuales y fecales, esto se convierte en un fenómeno que daña con olores nauseabundos, plagas de insectos, entre otros; convirtiéndose ya en un fenómeno social. (Chavez Condori, y otros, 2013)

- **El Jacinto de agua en el río Chira.**

Por la contaminación se produce el crecimiento desmesurado de una “ alfombra verde que se ha alojado en las aguas del río, llamado jacinto de agua o lirio acuático, la que se desarrolla por el vertimiento (vaciado) de sustancias fecales provenientes de los desagües y de residuos de fertilizantes que aportan nitrógeno, que sirven de abono para la reproducción de este vegetal.

El Jacinto de agua o lirio acuático (*Eichhornia crassipes*) es un organismo que crece en las aguas contaminadas del Río Chira desde 1984, al igual que en todas las zonas tropicales y subtropicales del mundo. Flotan sostenidas por esponjosos rizomas con pequeñas raíces flotando libremente. En zonas de aguas estancadas, como en la represa Sullana, pueden entrelazarse formando embalsados, auténticas islas flotantes sobre las que crece otra vegetación y pueden hasta servir de hábitat a numerosas especies animales e insectos. (Felipe, 2009 1)

El impacto que el Jacinto de agua causa en el Río Chira si no se mantiene bajo control es muy grave, ya que puede cubrir su cauce completamente como continuamente se viene repitiendo, impidiendo que la luz del sol llegue a las plantas acuáticas nativas y agotando el oxígeno, convirtiendo estas aguas en no aptas para ningún ser viviente ni para el riego de

cultivos. Además de los problemas económicos que originan, motiva la proliferación de plagas de zancudos, capaces de provocar una epidemia de malaria y dengue, que, si no se controla a tiempo, puede causar una mortandad de imprevisibles consecuencias, como que ya se está presentando ante la desidia de las autoridades y el desinterés de la comunidad. (Felipe, 2009 2).

~ **Análisis fitoquímico.**

La fitoquímica comprende el estudio de metabolitos secundarios presentes en especies vegetales, los cuales pueden ser fenoles y polifenoles, quinonas, flavonas y flavonoides, taninos, cumarinas, terpenoides y aceites esenciales, alcaloides, lectinas y polipéptidos, glucósidos y saponinas (Prashant *et al.*, 2011 citado por Castillo Olvera, y otros, S/F)), así como esteroides y xantinas. Para conocer el tipo de compuestos presentes en las plantas pueden usarse diferentes técnicas, tales como el tradicional tamizaje fitoquímico, cromatografía de gases, cromatografía de capa delgada, cromatografía de líquidos de alta resolución, espectrofotometría de masas, espectrofotometría infrarroja, entre otras (Lock, 1988)

Los ensayos fitoquímicos tradicionales aún constituyen una forma confiable de realizar un análisis cualitativo de los extractos, arrojando información preliminar acerca de su composición. Cuando se investigan muchos extractos de plantas, esto constituye una ventaja ya que permite descartar todas aquellas especies que no tienen potencial para ser utilizadas para algún beneficio farmacológico, quedando solamente las que sí lo tienen.

El tamiz fitoquímico consiste en la obtención de extractos de plantas con solventes apropiados, tales como agua, acetona, alcohol, cloroformo y

éter. Otro solvente, el diclorometano, se usa específicamente para la extracción de terpenoides (Prashant *et al.*, 2011 citado por Castillo y otros,SF). Posterior a la extracción, se llevan a cabo reacciones de coloración, las cuales son reacciones sensibles, reproducibles y de bajo costo. Los resultados de las reacciones son reportados como (+) o (-) para el metabolito de que se trate. (Castillo Olvera, Zavala Cuevas, & Carrillo Unungaray, S/F).

Los compuestos fitoquímicos se clasifican en tres grandes grupos biogénicos: terpenoides, alcaloides incluyendo compuestos nitrogenados relacionados y compuestos fenólicos. Harbone, (1999). citado por (Valencia, 1995)

- a. **Compuestos fenólicos:** Los compuestos fenólicos abarcan un gran número de sustancias que poseen en común un anillo aromático unido a uno o más sustituyentes hidroxilo, y que ocurren frecuentemente como glicósidos, combinados con unidades de azúcar. Son relativamente polares y tienden a ser solubles en agua. (Lock, 1994),

La actividad fisiológica de los compuestos fenólicos de las plantas es muy diversa. Algunas de ellos pueden actuar en la fisiología interna de las plantas que los contienen, otros pueden tener importancia en la ecología, algunos intervienen en el transporte electrónico fotosintético y en la regulación de las actividades de enzimas como la indol-3-acético oxidasa y la glucosa-6-fosfato dehidrogenasa, y en las peroxidasas (Valencia, 1995).

- b. **Quinonas** Las quinonas son pigmentos que se encuentran en las plantas ya sea de forma libre o combinadas con azúcares formando glicósidos. Las quinonas naturalmente varían su color desde el

amarillo pálido hasta el color casi negro. Se conocen más de 450 estructuras quinoideas, y aunque están ampliamente distribuidas en la naturaleza, contribuyen poco a la coloración de las plantas superiores debido a que se encuentran enmascaradas por otros pigmentos (Valencia, 1995).

c. **Taninos:** Los taninos son compuestos fenólicos ampliamente distribuidos en las plantas, sobre todo en especies leñosas. Tienen la propiedad de reaccionar con proteína formando copolímeros insolubles en agua. Forman precipitados de color azul oscuro o negro verdoso con las sales férricas (Valencia, 1995). Los taninos poseen importancia por su influencia en el sabor de las frutas, su presencia provoca la aparición de un sabor áspero y astringente, el cual es característico por ejemplo de las manzanas inmaduras (Belitz et al., 2011). Citado por Navarro, (2016).

d. **Flavonoides** Los flavonoides constituyen el grupo de metabolitos secundarios más numerosos y distribuidos en las plantas. Son estructuras derivadas del núcleo aromático 2- fenilbenzopirano y están arreglados bajo el sistema C6-C3-C6. Estas sustancias se encuentran con frecuencia en forma de glicósidos. La principal función de los flavonoides además de ser pigmentos presentes en las flores y frutos, es de atraer insectos y animales con fines de polinización y dispersión de semillas. La acción farmacológica de los flavonoides es amplia, por ejemplo: actividades contra la fragilidad capilar, dilatadores de coronarias, espamolítica, antihepatóxica, estrógena y diurética (Lock, 1994 y Valencia, 1995

Las proantocianidinas, que también forman parte de los flavonoides, se detectaron por vez primera en las semillas del cacao, se han hallado proantocianidinas diméricas en manzanas, peras, nuez de cola y otros frutos. Son compuestos incoloros, se sabe que

estos compuestos se degradan en presencia de aire o de luz para dar derivados estables de color pardo-rojo. Contribuyen de manera significativa al color del zumo de manzana y de otros zumos de frutas y al poder astringente de algunos alimentos. Son sinónimo de taninos condensados y se encuentran en frutas, bayas, legumbres, nueces, cacao y vino. Su abundancia en los alimentos vegetales las convierte en un parte importante de la dieta humana. Son muchos de los estudios in vitro e in vivo que han demostrado los efectos potenciales cardio protectores de las proantocianidinas en la especie humana. (Fennema, 1993).

- e. **Alcaloides:** Los alcaloides derivan principalmente de los aminoácidos ornitina, lisinia, fenilalanina (o tirosina), triptófano y del ácido antranílico. (Lock, 1994). Son compuestos básicos nitrogenados como parte de un anillo heterocíclico, generalmente están mayormente distribuidos en plantas, pero han sido reportados también en sustancias excretadas por animales. Estas sustancias poseen una amplia gama de estructuras alrededor de diez mil estructuras de alcaloides y actividades fisiológicas que no es alcanzada por ningún otro grupo de productos naturales. La acción de los alcaloides en las plantas no ha sido definida claramente, aunque se cree que actúan como repelentes de la herbivoría o que puede ser una forma de almacén de nitrógeno. El interés en el estudio de alcaloides radica en que muchos de ellos poseen propiedades medicinales, muchos son usados como medicamentos, por ejemplo, codeína, morfina, etc. (Harborne, 1999).

- f. **Terpenos** En el reino de las plantas, especialmente en aquellas que contienen clorofila, se encuentra un grupo de compuestos de diversas estructuras llamados terpenos; todos tienen un origen biosintético común, están formados por la unión de dos o más unidades de

isopreno, o bien, existen como una variación de esta misma unidad. (Valencia, 1995). El amplio uso de los terpenoides, tanto en la industria como en la medicina, ha despertado el interés por encontrar nuevas fuentes y por el conocimiento de nuevas estructuras químicas (Lock, 1994).

- g. **Triterpenos:** Los triterpenos se encuentran muy distribuidos tanto en el reino vegetal como en el animal, particularmente en resinas, corchos y cutina de las plantas. Estos compuestos se encuentran en la naturaleza en forma de ésteres, glicóidos o en estado libre. Son sustancias incoloras, cristalinas, de alto punto de ebullición y óptimamente activas. Los triterpenos se pueden dividir en cuatro grupos de compuestos: los triterpenos verdaderos, los esteroides .
- h. **Compuestos esteroidales** Los esteroides son alcoholes secundarios policíclicos con estructura de ciclopentanofenantreno (Valencia, 1995). Los esteroides, biogénicamente están muy relacionados a los triterpenos, y con un esqueleto cíclico base igual que los triterpenoides tetracíclicos, de ciclopentanoperhidrofenantreno (Lock, 1994).
- i. **Cardenólidos** Los cardenólidos son el grupo predominante en la naturaleza, son esteroides con veinte y tres carbonos con un anillo de γ lactosa $\alpha: \beta$ no saturada (butenólido). Los cardenólidos se encuentran en casi todas las partes de la planta: semilla, hojas, tallos, ramas pequeñas, troncos, cortezas raíces, rizomas y bulbos. La cantidad total, distribución relativa y composición, varían con las diferentes genéticas individuales, las condiciones climáticas y ecológicas, el estado de desarrollo de la planta, el tiempo de cosecha, el modo de secado, etc. Los cardenólidos se usan en la medicina y se tiene mucha información en cuanto a la relación estructura-actividad

(Valencia, 1995).

2. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.El Rio Chira, actualmente se encuentra cubierto por un manto verde formado por plantones de *Eichhornia crassipes* (Jacinto de agua) haciendo mayor la contaminación ambiental que sufre, alterando el ecosistema del valle del Chira, creándose un gran foco infeccioso. Sabiendo que el Jacinto de agua es utilizado por la población como medicina natural, es necesario conocer los constituyentes farmacológicos que puedan ser aprovechadas como materia prima para la producción de extractos. La identificación de metabolitos secundarios en el Jacinto de agua provenientes del rio Chira permitirá clasificar dichos metabolitos en qué proporción se encuentran en la planta y dilucidar si el Jacinto de agua posee igual proporción de metabolitos secundarios al igual que otros países y si se pueden considerar fuente importante para la obtención de principios con propiedades farmacológicas en beneficio para la salud; también permitiría la creación de nuevas fuente de trabajo para los pobladores de Sullana y mediante su recolección ,descontaminación del rio Chira de esta maleza e implementación de nuevos métodos de cultivo para su producción, estudio y comercialización.

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

E. crassipes es considerada una de las peores malezas acuáticas del mundo por su importancia económica. Labrada et al. (1996). En Florida (USA) existe alrededor de 60.000 hectáreas infestadas con *Eichhornia crassipes* y se gastan 20 millones de dólares/año para el control de especies (Acosta Arce & Agüero, 2006). A través de esta investigación se pretende incentivar el interés por la

investigación y utilización de metabolitos secundarios para el reconocimiento de las propiedades farmacológicas de *E. crassipes* y valorar la importancia del Jacinto de agua no solo como fitorremediador, sino como una planta curativa de la cual podría hacerse jarabes, pastillas, etc y al mismo tiempo ser empleada como alternativa de descontaminación.

3.1. Formulación del problema

3.1.1. Problema General

¿Los metabolitos secundarios de *Eichhornia crassipes* o Jacinto de agua tienen potencial para ser utilizados en la formación de productos farmacológicos?

3.1.1. Problema Especifico

¿Cuáles son los metabolitos secundarios de importancia farmacológica que posee *Eichhornia crassipes* (Jacinto de agua)?

4. CONCEPTUALIZACION Y OPERACIONALIZACION DE VARIABLES.

4.1. VARIABLES DE ESTUDIO:

4.1.1. Conceptualización

- **Metabolitos secundarios de *Eichhornia crassipes* (Jacinto de agua):**

Valencia– Ortiz, (1995) y Taiz y Zeiger, (1998) citado por Robles, Garcia, (2016, p. 3) menciona que los metabolitos secundarios son sustancias orgánicas que se encuentran en las plantas, los cuales no

tienen un papel definido en los procesos de respiración, asimilación y transporte, a diferencia de los metabolitos primarios como los carbohidratos, proteínas y ácidos nucleicos). También tienen un importante valor medicinal, económico, en la industria cosmética, alimentaria y farmacéutica (Ávalos-García y Pérez-Urria, 2009), citado por García y otros (2016, p.3). Sustancias que presentan actividad farmacológica, no son comunes a todas las plantas. pero son característicos de cada especie y a veces se les considera como medios de defensa. En este caso metabolitos secundarios de *E. Crassipes*, planta flotadora que cuenta con hojas ovaladas y gruesas de un color verde brillante. Estas hojas se reúnen formando una roseta que en la base contienen pecíolos esponjosos compuestos de un tejido de celdas rellenas de aire que le permite flotar en el agua. Las flores crecen del centro de la roseta de hojas en forma de espiga con flores azules o lila que duran de 2 a 3 días (GEIB, 2006).

4.1.2. Operacionalización

- **Marcha Fitoquímica**

- Identificación de Fenoles y Taninos:
 - Prueba de cloruro férrico
- Identificación de Lactonas y Cumarinas
 - Prueba de Baljet.
- Identificación de flavonoides
 - Prueba de Shinoda
- Identificación de saponinas.
 - Prueba de espuma
- Identificación de alcaloides:

- Prueba de Wagner
- Prueba de Mayer
- Prueba de Dragendorff.
- Identificación de terpenoides y Esteroides.
 - Prueba Liebermann – Burchard.
- Identificación de Azúcares reductores
 - Prueba de Fehling
- Identificación de Quinonas
 - Prueba de Bortranger
- Identificación de Antocianidinas

CUADRO DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

| VARIABLES | CONCEPTUALIZACIÓN | OPERACIONALIZACIÓN | INDICADORES |
|---|--|-------------------------------|--|
| Variables de estudio: ▪ <i>Identificación de metabolitos secundarios de Eichhornia crassipes</i> (Jacinto de agua) | Metabolitos secundarios Sustancias que presentan actividad farmacológica, no son comunes a todas las plantas. pero son característicos de cada especie y a veces se les considera como medios de defensa. En este caso E. Crassipes, planta flotadora que cuenta con hojas ovaladas y gruesas de un color verde brillante. Estas hojas se reúnen formando una roseta que en la base contienen pecíolos esponjosos compuestos de un tejido de celdas rellenas de aire que le permite flotar en el agua. Las flores crecen del centro de la roseta de hojas en forma de espiga con flores azules o lila que duran de 2 a 3 días (GEIB, 2006). | Marcha fitoquímica preliminar | Obtención de Extractos clorofórmico, etanólico y acuoso. Identificación de: - Fenoles - Esteroles - Flavonoides - Taninos - Saponinas - Alcaloide - Terpenoides - Az.reductores |

5. HIPÓTESIS

5.1. Hipótesis general

El extracto etanólico de *Eichhornia crassipes* (Jacinto de Agua) posee metabolitos secundarios con propiedades farmacológicas.

6. OBJETIVOS

6.1. Objetivo General

Identificar los grupos de metabolitos secundarios (alcaloides, esteroides, flavonoides, taninos, saponinas, cumarinas, antraquinonas.) de *Eichhornia crassipes* (Jacinto de Agua) del río Chira. Sullana.

6.2. Objetivos Específicos

1. Identificar los metabolitos secundarios del *Eichhornia crassipes* (Jacinto de agua) del río Chira. Sullana
2. Estimar cualitativamente cuál es la concentración de metabolitos secundarios encontrados en *Eichhornia crassipes* (Jacinto de agua) del río Chira. Sullana.

II. METODOLOGÍA DE ESTUDIO

2.1. Tipo y Diseño de Investigación

2.1.1. Tipo de investigación

Es una investigación, descriptiva, cualitativa, transversal y prospectiva.

Descriptiva, porque no se manipularon variables, solo se observaron y describieron los hechos tal cual se presentaron, en este caso solo se registraron los procedimientos y resultados de la marcha fitoquímica. Se desarrolló el método cualitativo de acuerdo a los resultados obtenidos en la investigación.

Prospectiva: Porque se obtuvieron los datos luego de la recolección procesamiento y análisis fitoquímico de *Eichhornia crassipes*

Transversal: porque las variables fueron medidas en una sola ocasión

2.1.2. **Diseño**

No experimental.

Porque el investigador se encarga solo de anotar los datos de cuando se analizaron los metabolitos, pero en ningún momento altero el análisis de las muestras. El investigador solo observo como se presentaron los hechos para luego interpretarlos.

El gráfico del diseño es:



Donde

M: La muestra del estudio

Ox_{1, 2, 3}: Observación de las variables

2.2. Población y Muestra de Investigación.

2.2.1. Población de estudio

Plantas de *Eichhorinia Crassipes* (Jacinto de agua) provenientes de las aguas del río Chira Sullana.

2.2.2. Muestra

La muestra biológica fue de 40 plantones de *Eichhornia crassipes* los cuales fueron procesados para obtener los extractos, Clorofórmico etanólico y acuoso que fue utilizado en esta investigación.

2.3. Técnicas y fuentes de información

2.3.1. Técnica de recolección de datos

Para esta investigación se tuvo como técnica de recolección de datos, la observación a través de la cual se registraron los resultados de las pruebas realizadas (marcha fitoquímica) al extracto clorofórmico, etanólico y acuoso para la identificación de los metabolitos secundarios de *Eichhornia crassipes*.

Previo a la aplicación de la marcha fitoquímica, se realizó la obtención de la especie vegetal Jacinto de agua, la cual fue sometida a un proceso de selección para obtener mejores resultados.

La metodología de referencia para la presente investigación se realizó de acuerdo a los procedimientos realizados por Ciulei, L (1982) el cual fue utilizado por Castañeda, C.B. (SF p, 39) con varias modificaciones de acuerdo a los requerimientos del tema de esta investigación.

~ Procedimiento

Recolección de las plantas de *Eichhornia crassipes*.

Se recolectaron las plantas de Jacinto de agua del río Chira. Aproximadamente 40 plantas completas: raíz, tallos, hojas y flores que fueron escogidas cuidadosamente es decir aquellas plantas libres de hojas secas muertas que indiquen daño. Se limpiaron y liberaron de otras malezas, luego fueron separados en tallos, hojas y flores para su posterior secado y molienda.

Secado y molienda

El proceso de secado fue natural, de manera que se eliminó la humedad progresivamente. Las plantas se colocaron en prensas por espacio de una semana para este objetivo. Se molieron en un molino artesanal separando tallos, hojas y flores los cuales fueron llevados al laboratorio para su posterior procesamiento.

Marcha Fitoquímica

La marcha fitoquímica se inició pesando 30 gramos de tallos de Jacinto de agua. y se siguieron los pasos del esquema presentado por Ciulei, L (1982) para la adquisición de los extractos, se colocó el material seco dentro de un dedal de papel filtro el cual se colocó en la cámara del Soxhlet (Verde-Star, Garcia Gonzalez, & Rivas Morales, 2016) y se agregó el solvente de acuerdo al esquema de trabajo planteado en este caso cloroformo, etanol y agua por lo cual se obtuvieron los extracto clorofórmico, etanólico y acuoso.

Obtenido Los extractos se procedió a realizar las pruebas químicas preliminares para la identificación de los metabolitos secundarios:

Metabolitos secundarios en extracto clorofórmico

Para la obtención de metabolitos secundarios del **extracto clorofórmico** se realizaron los siguientes ensayos:

- a. **Ensayo de sudan:** Permite reconocer en un extracto, la presencia de compuestos grasos, en una alícuota de la fracción del extracto + obtenido se le añade 1 ml de solución diluida del colorante Sudan III o IV. Se calienta en baño de agua hasta evaporación del solvente, presencia de gotas o una película coloreada de color rojo es positiva.

- b. **Ensayo de Baljet:** Permite reconocer en un extracto la presencia de compuestos con agrupamiento lactónico en especial coumarinas. Se evapora el solvente en baño de agua y redisolverse en 1ml de alcohol, se adiciona 1 ml de reactivo, la aparición de un color o precipitado rojo (++, +++) es un ensayo positivo.

- c. **Prueba de Dragendorff:** Permite reconocer en un extracto la presencia de alcaloides si el extracto esta disuelto en solvente orgánico, se debe evaporar en baño de agua y redisolverse en 1ml de ácido clorhídrico (HCL) al 1% en agua. Si el extracto es acuoso agregar 1 gota de HCL concentrado. Con la solución acuosa acida se realiza el ensayo agregando 3 gotas del reactivo de Dragendorff. Si Hay opalescencia se considera +, turbidez definida ++, precipitado +++.

- d. **Ensayo de Mayer:** Obtenida la solución acida se añade una pizca de cloruro de sodio en polvo se agita y se filtra. Se añade 2 a 3 gotas del reactivo de Mayer. Si hay opalescencia se considera +, turbidez definida ++, precipitado coposo +++.
- e. **Ensayo de Wagner:** una fracción del extracto se trató con el reactivo de prueba de Wagner (1,27 g de yodo y 2 g de potasio yoduro en 100 ml de agua) y se observó la formación de un precipitado de color marrón rojizo. (Valoración de drogas. Estudio químico cualitativo.)
- f. **Ensayo de Liebermann - Burchard:** Para la determinación de terpenoides y esteroides, el extracto (1 ml) se trató con cloroformo, anhídrido acético y gotas de ácido sulfhídrico (H₂SO₄). Una gota del reactivo se le añade a la muestra (1-2 mg) disuelta en 1 mL de cloroformo o sin disolver, la aparición de un color azul o morado, es prueba positiva para esteroides y color rojizo para triterpenos, en el lapso de unas horas. (Catalina Rivas-Morales, 2016)

Para la obtención de metabolitos secundarios del extracto Etanólico se realizaron los siguientes ensayos:

- g. **Ensayo de Fehling:** Para detectar **azúcares reductores**, aproximadamente 0,5 g de cada extracto (Etanólico y acuoso) se disolvieron en agua destilada y se filtraron. El filtrado se calentó con 5 ml de volúmenes iguales de solución de Fehling a y b. La formación de un precipitado rojo de óxido cuproso era una indicación de la presencia de azúcares reductores.

- h. **Ensayo de Cloruro férrico:** Para la detección de **fenoles y taninos** La fracción de extracto se trató con cloruro férrico al 5% y se observó la formación de color azul o negro.

- i. **Ensayo de Borntrager:** Utilizado para la detección de **Antraquinonas**. Se calentaron aproximadamente 50 mg de extracto en polvo con solución de cloruro férrico al 10% y 1 ml HCL concentrado. El extracto se enfrió, se filtró y el filtrado se agitó con éter dietílico. El extracto de éter fue extraído con amoníaco fuerte; las coloraciones rosadas o de color rojo intenso de la capa acuosa indican la presencia de **antraquinona**.

- j. **Ensayo de Shinoda:** A 1 ml del extracto agregar zinc en polvo y HCL concentrado. En las fracciones de estudio. La aparición de una coloración rosada hasta rojo cereza indica reacción positiva para **flavonoides**.

- k. **Ensayo de Hidróxido de sodio (NaOH)** para la identificación de **Antocianinas**. Se trató una pequeña cantidad de extracto con NAOH 2m y se observó la formación de un color verde azul.

- h.. **Ensayo de espuma:** Para la detección de **saponinas**, se agitó una pequeña cantidad de extracto con agua y se observó la formación de espuma persistente.

También se realizaron, los ensayos de Baljet, Lieberman - Burchard, de Dragendorff, Mayer y Wagner.

Para la obtención de metabolitos secundarios del extracto acuoso se realizaron los siguientes ensayos:

- Ensayo de Dragendorff, Mayer y Wagner para alcaloides.
- Ensayo de Shinoda para flavonoides
- Ensayo de Fheling para azúcares reductores
- Ensayo de espuma para saponinas.
- Ensayo organoléptico para la detección de principios amargos.

Para la valoración cualitativa de los resultados de la marcha fitoquímica en la identificación de metabolitos secundarios de *Eichhornia crassipes* se compararon con los establecidos por la FDA(Federal Drug Administration) la cual instauro lo siguientes valores. (<https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/1226/1/T-ESPE-025146.pdf>)

Tabla N° 1. Patrón positivo de comparación establecida por la FDA

| | Patrón Positivo de Comparación (FDA) |
|------------------|---|
| Abundante (++++) | Presencia Abundante |
| Moderado (+++) | Presencia Moderada |
| Leve (++) | Presencia Leve |
| Escaso (+) | Presencia Escasa |
| Nulo (-) | No existe presencia |

2.4. Procesamiento y Análisis de la información

2.4.1. Procesamiento.

Para esta investigación, los datos obtenidos son producto de las reacciones químicas observadas durante el desarrollo del estudio fitoquímico. Cada resultado observado fue clasificado según el tipo de prueba y la intensidad de la reacción, se estimó la concentración por cruces (+, ++, +++, +++) tal cual indica las pruebas. Para esto se crearon tablas donde se registraron los resultados, en este caso siendo

un estudio cualitativo no se crearon gráficos. Por ser un trabajo descriptivo y de una variable no es necesario realizar pruebas de hipótesis, ni estadística inferencial.

2.4.2. Análisis de la información

Procesada la información, se interpretaron los resultados tal cual plantean los objetivos, se identificaron los metabolitos secundarios existentes en el Jacinto de agua y su concentración cualitativamente.

2.5.. Diseño muestral

Se realizó una selección al azar del material biológico, se escogió 40 plantas de *E. crassipes* provenientes del río Chira, a partir del cual se obtuvieron los diferentes extractos para el estudio fitoquímico, Siendo de diseño No Probabilístico.

III. RESULTADOS

Tabla 1: Identificación preliminar de metabolitos secundarios en tallos de la especie *Eichhornia crassipes* en extracto clorofórmico según tamizaje fitoquímico de Ciulei, L.

| Extracto | Ensayos | Metabolitos secundarios | Tallos |
|--------------|----------------------------|-------------------------|------------|
| Clorofórmico | Prueba de Sudan | Aceites y grasas | - |
| | Prueba de Baljet | Lactonas y Cumarinas | +++ +++ |
| | Prueba Liebermann-Burchard | Esteroides | ++ |
| | Prueba de cloroformo | | |
| | Prueba Liebermann-Burchard | Terpenoides | ++ |
| | Prueba de Dragendorff | Alcaloides | ++++ |
| | Prueba de Mayer | | ++++ |
| | Prueba de Wagner | | ++++ |

Fuente: Elaboración propia. . Juárez Cevallos Merlyn (JCML)

Leyenda: Abundante (++++), Moderada (+++), Leve (++) , Escaso (+), Nulo (-)

Interpretación

En la tabla N° 1, observamos que el principal metabolito presente en el extracto clorofórmico son los alcaloides en mayor cantidad de acuerdo a la reacción química observada. (+++) en los tres ensayos realizado para este metabolito. En segundo lugar, se observa la presencia de Cumarinas (+++), la escasa presencia de Esteroides y terpenoides. Y no se existe presencia de grasas.

Tabla 2: Identificación preliminar de metabolitos secundarios en tallos de la especie *Eichhornia crassipes*, en extracto etanólico según tamizaje fitoquímico de Ciulei, L.

| Extracto | Ensayos | Metabolitos secundarios | Tallos |
|------------------|---------------------------|-------------------------|--------|
| Etanólico | Prueba de Fehling | Azúcares reductores | +++ |
| | Prueba de Baljet | Lactonas | + |
| | Prueba de Cloruro Férrico | Fenoles | +++ |
| | | Taninos | - |
| | Liebermann-Burchard | Esteroides y | ++ |
| | | Terpenoides | ++ |
| | Prueba de Borntrager | Quinonas | +++ |
| | Prueba de Shinoda | Flavonoides | +++ |
| | Prueba de antocianinas | Antocianinas | ++ |
| | Prueba de Dragendorff | Alcaloides | ++++ |
| | Prueba de Mayer | | ++++ |
| Prueba de Wagner | | ++++ | |

Fuente: Elaboración propia. Juárez Cevallos Merlyn (JCML)

Leyenda: Abundante (++++), Moderada (+++), Leve (++) , Escaso (+), Nulo (-)

Interpretación:

En la tabla N°2 observamos que los Alcaloides son los metabolitos secundarios predominantes en las 3 pruebas realizadas (++++), también contiene Flavonoides (+++), quinonas (+++) y Azúcares reductores (+++), En escasa cantidad existen los taninos (+) , Esteroides y terpenoides (``+).

Tabla 3: Identificación preliminar de metabolitos secundarios en tallos de la especie Eichhornia crassipes, en extracto acuoso según tamizaje fitoquímico de Ciulei, L.

| Extracto | Ensayos | Metabolitos secundarios | Tallos |
|----------|---------------------------|-------------------------|--------|
| Acuoso | Prueba de Fehling | Azucares reductores | ++++ |
| | Prueba de Cloruro Férrico | Taninos | ++ |
| | Prueba de Shinoda | Flavonoides | +++ |
| | Prueba de espuma | Saponinas | - |
| | Prueba de Dragendorff | Alcaloides | ++++ |
| | Prueba de Mayer | | ++++ |
| | Prueba de Wagner | | ++++ |
| | Organoléptico | Principios amargos | - |

Fuente: Elaboración propia. Juárez Cevallos Merlyn (JCML)

Leyenda: Abundante (++++), Moderada (+++), Leve (++) , Escaso (+), Nulo (-)

Interpretación

La tabla N° 3 indica que el extracto acuoso tiene gran cantidad de alcaloide (+++), y Azucares reductores (+++) seguido de la presencia de flavonoides (++) , escasa presencia de taninos ,ausencia de saponinas (-) y principios amargos (-) .

Tabla 4: Marcha fitoquímica preliminar de extractos de *Eichhornia crassipes* del río Chira

| Ensayos | Metabolito secundario | Extracto clorofórmico | Extracto etanólico | Extracto acuoso |
|----------------------------|--------------------------|-----------------------|--------------------|-----------------|
| Prueba de Sudan | Aceites y grasas | - | NR | NR |
| Prueba de Baljet | Lactonas coumarinas | +++ +++ | ++ - | NR |
| Prueba Liebermann-Burchard | Esteroides y terpenoides | + + | - ++ | NR |
| Prueba de Fehling | Azúcares reductores | NR | +++ | ++++ |
| Prueba de Dragendorff | | ++++ | ++++ | ++++ |
| Prueba de Mayer | Alcaloides | ++++ | ++++ | ++++ |
| Prueba de Wagner | | ++++ | ++++ | ++++ |
| Prueba de Cloruro férrico. | Taninos | NR | - | ++ |
| | Fenoles | NR | +++ | - |
| Prueba de Espuma | Saponinas | NR | NR | - |
| Prueba de Shinoda | Flavonoides | NR | +++ | +++ |

Fuente: Elaboración propia. Juárez Cevallos Merlyn (JCML)

Leyenda: Abundante (++++), Moderada (+++), Leve (++), Escaso (+), Nulo (-), NR: No se realizó

Interpretación:

En la tabla N° 4 observamos que los metabolitos secundarios que prevalecen en todos los extractos, son los alcaloides (+++), en el extracto etanólico y acuoso encontramos azúcares reductores (++) , flavonoides (++) , en el extracto clorofórmico encontramos Lactonas y cumarinas y sobretodo compuestos fenólicos.

IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN.

4.1. ANÁLISIS

En Perú y en América latina son nulos los estudios realizados acerca del potencial farmacológico de la maleza acuática de *E. crassipes*. En esta investigación se pudo determinar a través del estudio preliminar fitoquímico la presencia de un amplio rango de constituyentes fitoquímicos como alcaloides, flavonoides, fenoles, esteroides, terpenoides, antoquinonas de quininas, antocianinas, saponinas, carbohidratos y taninos.

De los extractos obtenidos (Clorofórmico, etanólico y acuosos), **los alcaloides** (++++), son los que en mayor abundancia se encuentran presentes en *E. crassipes*; los alcaloides ejercen una importante estimulación del sistema nervioso central y autónomo. Algunos actúan como estimulantes otros como inhibidores. También pueden modificar la contractilidad de las paredes de los vasos sanguíneos (Verde-Star, Garcia Gonzalez, & Rivas Morales , 2016), y se usan como medicamentos especialmente los alcaloides esteroideos. En el extracto etanólico y acuoso encontramos **azúcares reductores** (+++), **flavonoides** (+++), siendo estos últimos los que gran capacidad antioxidante, desempeñando un papel esencial en la protección frente a los fenómenos de daño oxidativo, y tienen efectos terapéuticos en un elevado número de patologías, incluyendo la cardiopatía isquémica, la aterosclerosis o el cáncer. (S. Martínez-Flórez, 2002), los azúcares reductores tiene numerosos roles en los seres vivos, como el almacenamiento y transporte de energía (almidón, glucógeno) y componentes estructurales (celulosa en plantas, quitina en animales) y participan activamente en el proceso de trabajo del sistema inmunológico, la fertilización, la patogénesis, la coagulación de la sangre y el desarrollo. (Jayanthi, Lalytha, & Subashini , 2011) .

Las Lactonas y cumarinas (+++), se identificaron en el extracto clorofórmico en moderada cantidad, las cumarinas son utilizadas en medicina popular por

propiedades espasmolíticas o antitusivas. Tienen estructuras muy variadas, por lo que sus propiedades farmacodinámicas abarcan una amplia gama terapéutica. Entre todas ellas, podemos destacar la acción vitamínica P (disminuyen la permeabilidad capilar y refuerzan los capilares), son responsables de fenómenos de alergia y dermatosis; antiinflamatoria; antiespasmódica (piranocumarinas); vasodilatadora coronaria; sedante e hipnótica suave; anticoagulante (dicumarol) estrogénica; antihelmíntica; antibacteriana y antimicótica (Stein et al., 2006) citado por Palacios, M. ; analgésica e hipotérmica (Randrianarivelojosa et al., 2006) citado por Palacios, M. (S/F)

Los ***triterpenoides*** (++) son una gran clase de isoprenoides naturales presentes en plantas superiores, que exhiben una amplia gama de actividades biológicas. Se han observado esteroides (esteroides anabólicos) promover la retención de nitrógeno en la osteoporosis y en los animales con enfermedad degenerativa. Estos se encuentran escasamente en los tallos de *E. crassipes*. La presencia de ***taninos*** (+) es escasa. Destacan como ya se mencionó antes la presencia de ***flavonoides*** (+++) y ***quinonas*** (+++) en concentraciones moderadas. La prueba de la espuma negativa indicó la ausencia de ***saponina*** (-) en los extractos etílico y acuoso.

Los fenoles (+++) fueron identificados solo en el extracto etílico en moderada cantidad y ***las antocianinas*** (++) en el extracto acuoso. En general, de acuerdo al estudio preliminar de fitoquímicos en *E. crassipes* indican la presencia de Alcaloides, flavonoides, cumarinas, Antraquinonas, taninos, azúcares reductores, antocianinas en los extractos clorofórmico, etanólico y acuoso, lo que corrobora el gran potencial farmacológico al ser una fuente de fitoquímico que pueden ser utilizados en el desarrollo de medicinas y por lo tanto conservar la salud.

4.2. DISCUSIÓN

1. De acuerdo a los objetivos propuestos se pudo identificar los metabolitos secundarios de *E. crassipes*, proveniente del río Chira, estableciendo que es rico en alcaloides en los tres extractos clorofórmico, etanólico y acuoso, tal cual lo indica **Thamaraiselvi, P. & Jayanthi. (2012)**. **Jayanthi, Lalytha, & Subashini**, (2011) solo encontró alcaloides en el extracto acuoso. Además **Lata, N & Vepanapy, D.** (2010) ha revelado la presencia de varios componentes de importancia médica que incluyen taninos, flobatanina, esteroides, terpenoides, alcaloides, flavonoides, contenidos fenólicos, antraquinona y coincidiendo con nuestro estudio, aunque las Antraquinonas se evidenciaron solo en el extracto etanólico. Las grasas y saponinas no fueron detectadas en este estudio al igual que **Tyagi Tulika (2015)**, los demás fitoquímicos Alcaloides, Flavonoides, taninos, Terpenoides, antraquinonas fenoles, quinonas, azúcares reductores y esteroides si fueron identificados; **Cardoso, Lopes, & Nascimento (2014)**, encontraron más de treinta compuestos, incluidos esteroides, flavonoides y compuestos de tipo fenalenona”. Como ya se mencionó todos los estudios relacionados confirman la presencia de fitoquímicos de importancia farmacológica coincidiendo plenamente con nuestra investigación.
2. Los estudios realizados solo sugieren la presencia o ausencia de metabolitos secundario, mas no indican su concentración a través de cruces (+, ++, +++, +++) como en este estudio, por lo que no existe comparación.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

1. Los metabolitos secundarios detectados coinciden con los reportes para otras especies del género. De acuerdo al estudio preliminar de fitoquímicos en *E. crassipes* indican la presencia de Alcaloides, flavonoides, cumarinas, Antraquinonas, taninos, azúcares reductores, antocianinas y la ausencia de

grasas y saponinas en los extractos clorofórmico, etanólico y acuoso.

2. Existen diferentes concentraciones de Metabolitos secundarios siendo los alcaloides, azucares reductores, flavonoides, coumarinas y compuestos fenólicos los que en mayor cantidad se encuentran presentes en tallos de *E. Crassipes* constituyentes importantes de medicamentos.

5.2. RECOMENDACIONES

1. A nivel nacional, América latina, son nulos los estudios realizados acerca del potencial farmacológico de *E. Crassipes*. Solo en la India existe innumerables trabajos relacionados a este tema, por lo cual se sugiere la realización de estos estudios con la finalidad de que la industria farmacéutica peruana tome interés en esta maleza acuática y de alguna forma solucionar el problema de la contaminación de las aguas en nuestros ríos.
2. Se recomienda realizar estudio de este tipo en todas las partes de las plantas (Raíz, Hojas, Inflorescencias) y determinar que parte de la planta es más rica en metabolitos secundarios.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta Arce, L., & Agüero, A. R. (2006). Malezas acuáticas como componentes del Ecosistema. *AGRONOMÍA MESOAMERICANA 1*, 213-219.
- ADEL-FIAES. Agencia de desarrollo económico local. Fondo de iniciativa para las Américas, E. S. (2014). *Investigación de la caracterización del Jacinto de Agua Eichornia crassipes del humedal Cerrón Grande*. Investigación de la caracterización del Jacinto de Agua Eichornia crassipes del humedal Cerrón Grande,: Centroamérica.
- Anaya. (2003). *Ecología Química*. México DF: Plaza y Valdés S.A de CV.
- Artero, Ganuza, I. J., & Quisque Argueta, M. G. (2012). *Desarrollo de un microhumedal artificial para el tratamiento de aguas residuales de tipo ordinario*. Informe de tesis, universidad de el salvador, san salvador.
- Cardoso, S., Lopes, M. L., & Nascimento, I. R. (2014). Eichhornia crassipes : una fuente ventajosa de ácido shikímico. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, 24(4).
- Castillo Olvera, G., Zavala Cuevas, D., & Carrillo Unungaray, M. L. (S/F). Análisis Fotoquímico: Una herramienta para develar el potencial biológico y farmacológico de las plantas. *TLATEMOANI: Revista Académica de Investigación*.
- Catalina Rivas-Morales, M. A.-C.-S. (2016). Investigación en plantas de importancia médica. Nuevo León -México.
- Chavez Condori, J., Chero, M. J., Delgado Orillo, W., Hernandez Puyo, J., Moran Facundo, R., & Perez Ojeda, L. (2013). *Influencia de los desechos tóxicos en el grado de contaminación del río Chira, en la ciudad de Sullana, departamento de Piura durante el año 2013*". Proyecto de Tesis, Colegio Mayor Secundario Presidente Del Perú, Lima.
- Felipe, L. (2009). Contaminación del río Chira. *Quincenario "El Tallan"*.

- Galbis, P. J. (2008). *Panorama actual de la química farmacéutica*. Sevilla: universidad de sevilla. Secretariado de publicaciones.
- Granja Guevara, M. F., & Ramirez Cando, L. J. (2015). Eichhornia crassipes, su invasividad y poder fitorremediador. *LA GRANJA: Revista de Ciencias de la Vida*, 22(2), 5-11.
- Guevara, M., & Ramirez, L. (2015). Eichhornia crassipes y su potencial fitorremediador. *La Granja: Revista de la ciencia de la vida*, 5-11. <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/1226/1/T-ESPE-025146.pdf>. (s.f.).
- Jayanthi, P., Lalytha, P., & Subashini, K. E. (2011). Investigación Fitoquímica de los extractos de Eichhornia crassipes y sus disolventes fraccionados. *Journal of pharmacy Research*, 4(5), 1405-6.
- Kuklinsky, C. (2003). *Farmacognosia. Estudio de las drogas y sustancias medicamentosas de origen natural*. España: Omega.
- Labrada, I., Caseley, J., & Parker, C. (1996). *Manejo de malezas para países en desarrollo (Estudio FAO, Producción y protección vegetal*. Roma.
- Lata, N., & Venapany, D. (2010). Detección fitoquímica preliminar de Eichhornia crassipes: la peor maleza acuática del mundo. *Journal of Pharmacy Research*, 3(6), 1240-1242.
- Lopez Jervez, D. (2012). *Aprovechamiento del lechuguin (Eichhornia crassipes) para la generación de abono orgánico mediante la utilización de tres diseños diferentes de biodigestore*. Trabajo de Grado, Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca, Cuenca Ecuador. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/1938/12/UPS-CT002337.pdf>
- Navarro, Huaynates, A. A. (2016). *“EVALUACIÓN FÍSICOQUÍMICA DEL FRUTO DE Solanum betaceum PROCEDENTE DE CELENDÍN Y DE*. Informe de Tesis, Universidad Nacional La Agraria La Molilna., Lima.
- Palacios Palacios, M. (S/F). *Cumarinas y Lignanos*. Obtenido de http://files.uladech.edu.pe/docente/32924394/Farmacognosia_y_Fitoquimica/Sesion_10/TEMA_10.pdf: <http://files.uladech.edu.pe>
- Robles Garcia, M. A., Aguilar, A., & Gutierrez, M. (2016). Identificación cualitativa de metabolitos secundarios. *Revista de Ciencias Biológicas y de la Salud*, 3-

8.

- Robles, Garcia, M. A., Aguilar, A. J., Gutierrez, Lomeli, L., Rodriguez, F. F., Morales, del Rio, J. A., Guerrero, Medina, P. J., . . . Del Toro, Sanchez, C. L. (2016). Identificación cualitativa de metabolitos secundarios y determinación de la citotoxicidad de extractos de tempisque (*Sideroxylum capiri* PITTIER). *BIOTECNIA. Revista de ciencias Biológicas de la Salud*, 3- 8.
- S. Martínez-Flórez, J. G.-G. (2002). Los flavonoides: propiedades y acciones antioxidantes. *Nutrición hospitalaria* , 271-278.
- Thamaraiselvi, P. , L., & Jayanthi, P. (2012). Preliminary studies on phytochemicals and antimicrobial activity of solvent. *Asian Journal of Plant Science and Research. Pelagia Research*, 2(2), 115-122.
- Tyagi Tulika, A. M. (2015). Potencial farmacéutico de la planta acuática Pistia stratiotes.(L) y Eichhornia crassipes. *Journal of Plant Sciences*, 3(1), 10-18.
- Valencia, C. (1995). *Fundamentos de Fitoquímica*. Editorial TRILLAS S.A.
- Valoración de drogas. Estudio químico cualitativo. (s.f.).
- Vélez, T. M. (2014). Uso de metabolitos secundarios de las plantas para reducir la metanogénesis ruminal. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*,, 489 - 499.
- Verde-Star, M. J., Garcia Gonzalez, S., & Rivas Morales , C. (2016). Metodología científica para el estudio de plantas medicinales. *OmniaScience*, 1-40.
- Vivot, E., Sanchez, C., Cacik, F., & Sequín , C. (2012). Actividad antibacteriana de plantas medicinales de la flora de Entre Rios. *Ciencias Docencia y Tecnologías*, 165- 185.
- @lupafilotaxia. (s.f.). <https://steemit.com/>. Obtenido de <https://steemit.com/stem-espanol/>

AGRADECIMIENTO

Gracias a Dios

por permitirme tener a mi familia
la cual me apoya en cada decisión del proyecto.

No ha sido sencillo el camino hasta ahora,
pero gracias a sus aportes, a su amor e inmensa bondad.

Agradecimiento a mi asesor que ha sabido
guiarme en este camino para poder culminar
con satisfacción mi tesis.

DEDICATORIA

A Dios ser supremo y guía espiritual

a lo largo de mi carrera y mi vida.

A mis padres por su apoyo incondicional

A mi hijo por ser fuente de inspiración

a seguir adelante y ser mejor.

A mi familia por sus consejos y enseñarme

a ver la vida de forma diferente.

APÉNDICES Y ANEXOS

ANEXO N° 1

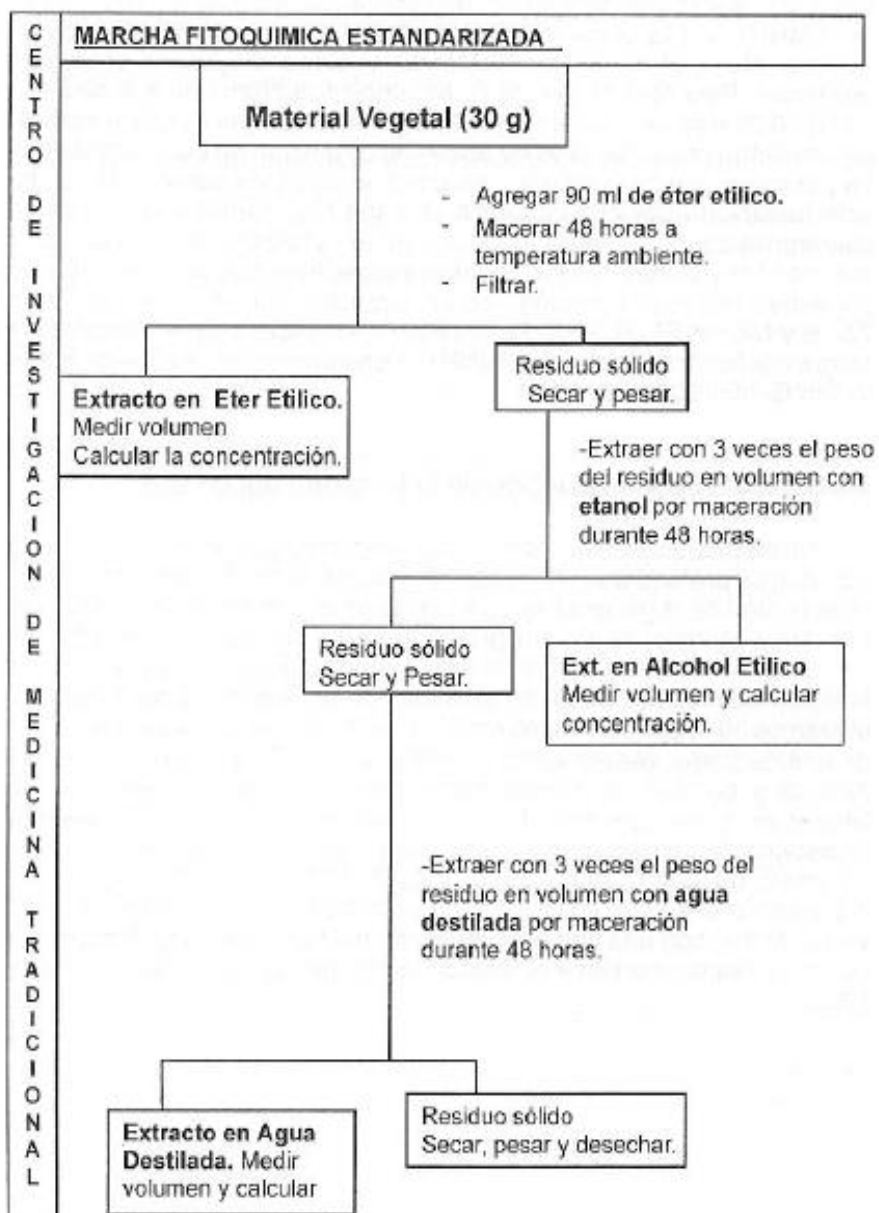
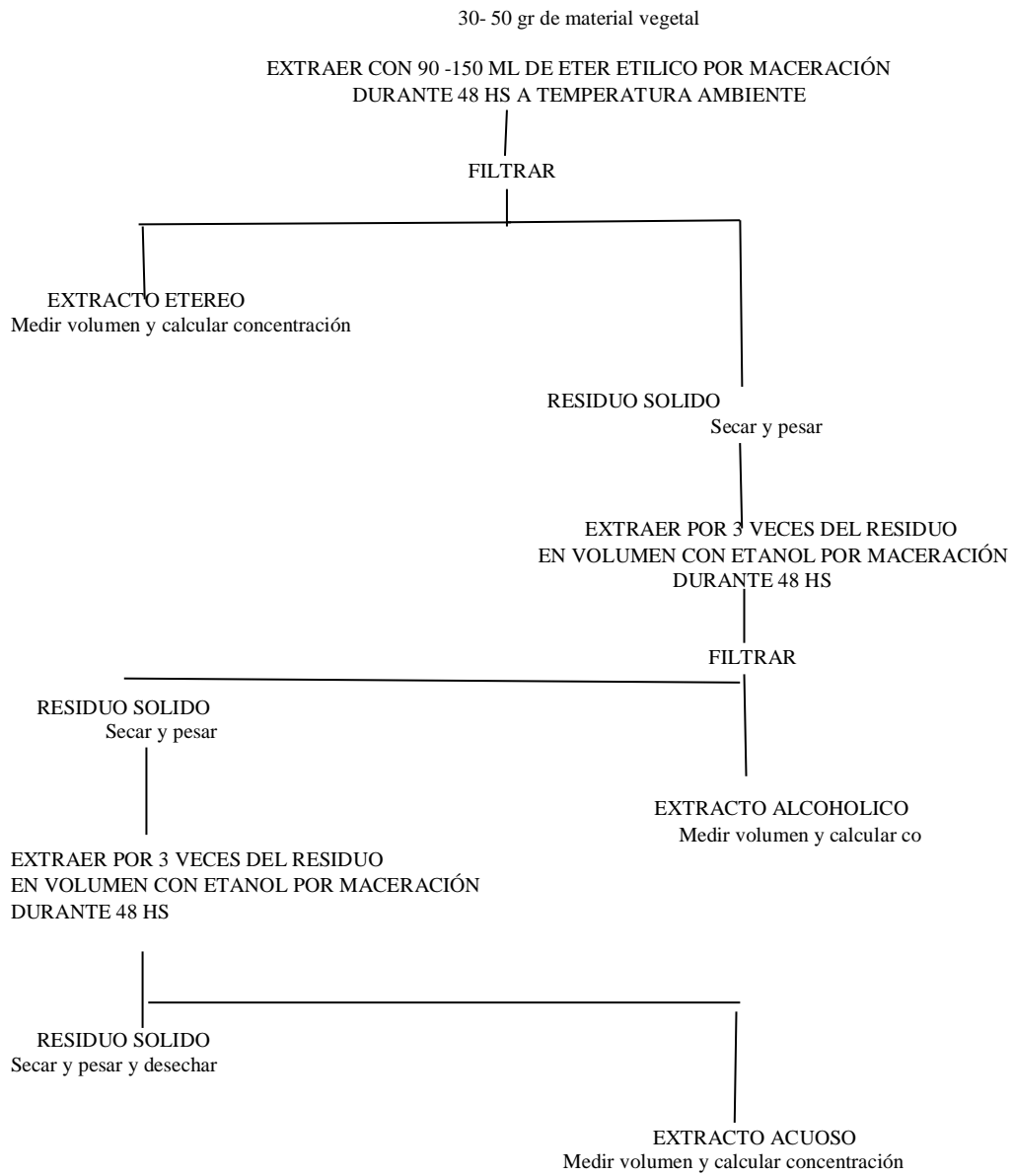


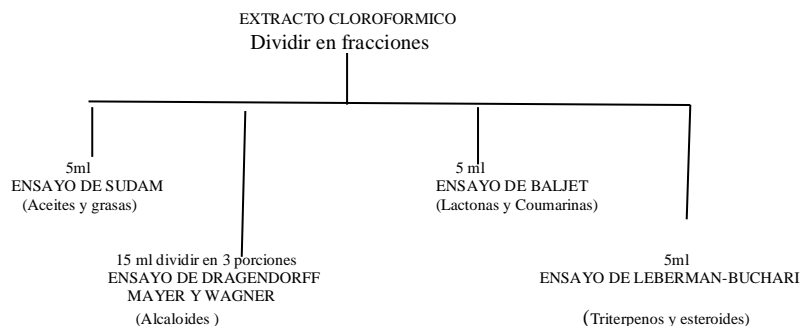
DIAGRAMA 1: Procedimiento del screening fitoquímico. Ciulei, L (1982)

ANEXO 2

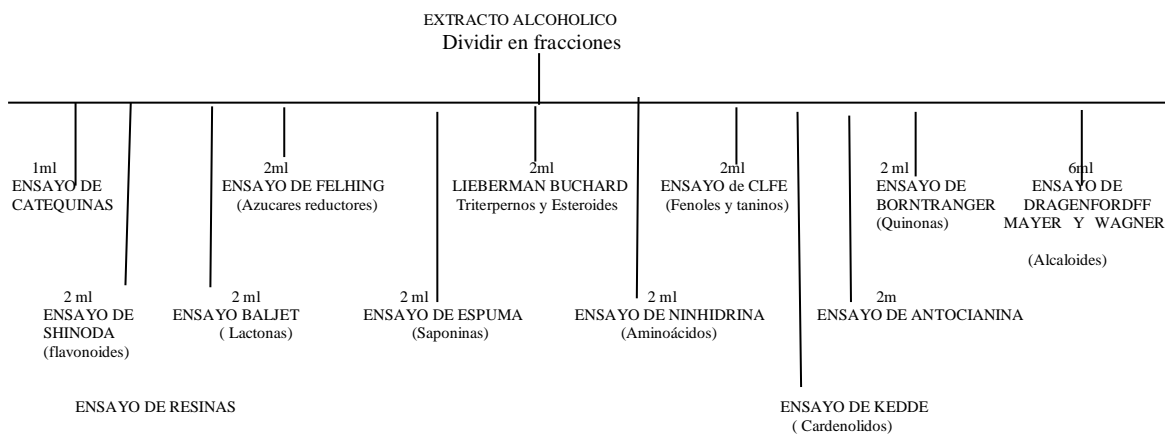


Esquema 1. Extracción sucesiva del material vegetal para la aplicación de técnicas de Tamizaje fitoquímico

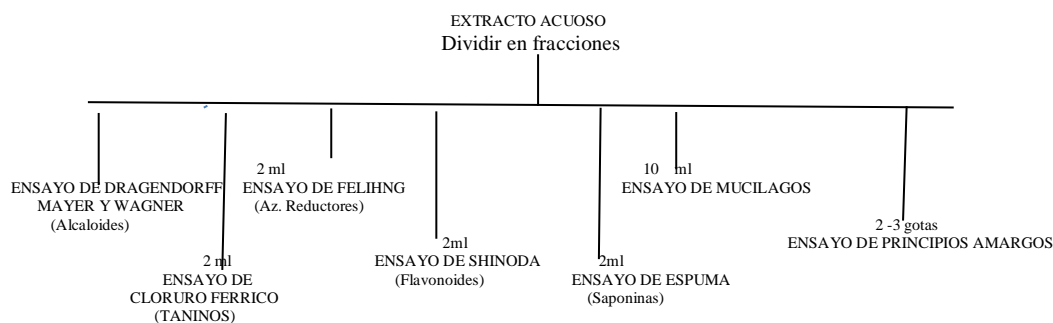
ANEXO 3



Esquema2 : Reacciones a utilizar en el Extracto clorofórmico



Esquema2 : Reacciones a utilizar en el Extracto clorofórmico



Esquema3 : Reacciones a utilizar en el Extracto acuoso

**ILUSTRACIONES DE LOS PROCESOS PARA OBTENCIÓN DE
METABOLITOS SECUNDARIOS DE *Eichhornia crassipes***



Ilustración 1: Recolección de la especie vegetal de Eichhornia crassipes



Ilustración 2: Secado de la especie vegetal



Ilustración 3: Reactivos utilizados en la marcha fitoquímica



Ilustración 4: Extracción de metabolitos en el Soxhlet y estufa

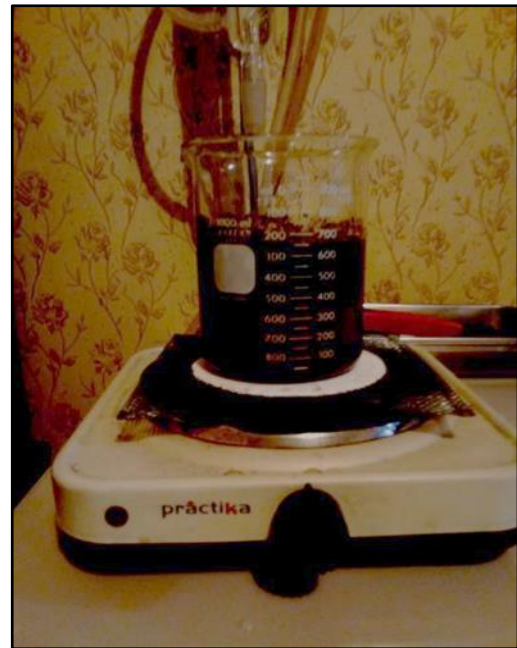


Ilustración 5: Extracto de E. crassipes



Ilustración 6: Obtención de los extractos Clorofórmico, Etanólico y Acuoso.



Ilustración 7: Evaporación de solventes clorofórmico y etanólico

ANALISIS DE LOS EXTRACTOS



Ilustración 8: Identificación de Flavonoides

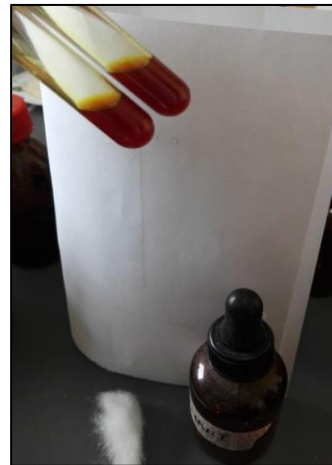


Ilustración 9: Identificación de c. lactonicos



Ilustración 10: Prueba de taninos



Ilustración 11 : Identificación de Leucoantocianidinas



Ilustración 12 .Prueba de Antocianidinas



Ilustración 13: Prueba de Felhings



Ilustración 14. Identificación de taninos



Ilustración 15: Identificación de cumarinas



Ilustración 16: Prueba de Mayer .Alcaloides



Ilustración 17. Prueba de Wagner: Alcaloides



Ilustración 18 :Prueba de Dragendorff: Alcaloides