

## INTRODUCCION

Uno de los mayores problemas hoy en la actualidad se trata sobre las constante pérdida de los recursos no renovable como es el agua que es muy importante para la vida ya que con el crecimiento acelerado de la población y la demanda diaria, ha incrementado su contaminación estos problemas donde son más notorios son aquellos lugares donde practican mucho el riego ya sea con fines de cultivos, de vid, bebederos de animales, como también de fuente de agua para especies tanto animal como aves, y sobre todo donde no rijan una norma de uso y protección de la misma adecuadas .

A nivel mundial el Jacinto de agua, camalote, o lechuguín, (*Eichhornia Crassipes*) es una planta flotadora acuática y perenne, de grandes hojas y flores azuladas o lilas. Debido a su eficiente capacidad reproductiva se ha convertido en un grave problema en lagos y ríos a lo largo de los trópicos y subtropicos de todo el mundo (Sanz Elorza, 2004). A pesar de su belleza es altamente invasora con graves consecuencias ecológicas y socioeconómicas en los lugares que ha sido introducida.

La adaptación al modo de vida acuático está relacionada tanto en la parte vegetativa como reproductiva de la planta y las cuales se acogen a diversos medios como podrían ser las aguas dulces, saladas, más o menos estancadas, de bajas o altas temperaturas entre otras. Además, se pueden originar en medios como lagos, orillas de ríos, pantanos y estanques entre otra diversidad de lugares acuáticos.

Por lo que se han intentado varios métodos de eliminación de la planta sin que se provoquen ningún impacto ambiental severo, muchos de los cuales han resultado muy satisfactorios ya que la planta responde de manera positiva. (Lopez Ferdez 2012).

Este estudio nos ayuda potencializar nuestro conocimiento y poder tener un buen desenvolvimiento sobre el tema que estamos tratando ya que es muy importante saber el buen funcionamiento de las especies acuáticas de la que están presente en nuestros medios para poder darles una utilización satisfactoria y en beneficio de la sociedad, y mantenernos en un buen ambiente sano y poder vivir en conjunto con la sociedad

respetando y conservando el medio donde nosotros habitamos tomando conciencia el valor muy grande que tiene el medio ambiente y poder contrarrestar la sobre explotación que hay hoy en día como es la contaminación del agua fuente de vida de todo ser vivo y que es muy indispensable para poder sobrevivir y si no la cuidamos moriríamos lentamente día tras día.

## **JUSTIFICACIÓN**

Todas las actividades que desarrollamos en nuestra vida diaria están relacionadas con el uso del agua ya que es el líquido indispensable para el desarrollo de las mismas. En los últimos años se ha incrementado la contaminación de los cuerpos de agua debido al manejo inadecuado de las aguas relacionadas en los riegos de cultivos.

Una de las mayores preocupaciones con respecto a la contaminación del agua en el departamento, es la presencia de metales, esta puede darse por fenómenos de disolución, o bien a su existencia en forma de partículas en suspensión que pueden acumularse y sedimentarse.

Aunque algunas veces pueden encontrarse en los sistemas acuáticos en concentraciones que sobrepasan a los límites permisibles, ocasionados en la mayoría por la actividad humana. (Cuenca. 2012).

Las metas del estudio es de determinar la eficiencia de las especies, *Eichhornia crassipes*, aplicadas en asociación o monocultivos en sistemas comunitarios y unifamiliares, en el proceso de remoción de contaminantes en las cuencas con las que cuenta nuestro departamento, ya que a causa de un problema actual muy serio es la degradación de la calidad del agua debido al mal manejo. Sin embargo se ha encontrado que esta planta puede ser también benéfica pues se ha utilizado en procesos de fitorremediación por su carácter altamente hidrofílico que la convierte en un buen adsorbente. Además su biomasa seca puede utilizarse en productos artesanales o para la generación de biocombustibles, como también la fabricación de papel, utilización de abono orgánico y forraje.

Sin embargo, estas fuentes de agua están sujetas a diversas presiones y alteraciones provocadas por la acción del hombre como ser: la reducción paulatina de la cobertura vegetal por la deforestación, el sobrepastoreo y los incendios forestales que se constituyen en amenazas críticas a las fuentes de agua, lo que está poniendo en serio riesgo la continuidad del servicio ambiental de provisión de agua.

En nuestro departamento se debe investigar y desarrollar el uso de alternativas que aprovechen y apliquen los procesos que ocurren en el ecosistema, ofreciendo la posibilidad de recuperar los recursos presente en el mismo para su posterior utilización, generándose un valor económico que contribuya a la sostenibilidad del sistema.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo general**

Determinar la capacidad de absorción del Jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*) mediante el uso de técnicas adecuadas para determinar su influencia productiva en los cuerpos de agua de la Cuenca de Tolomosa.

### **Objetivos específicos**

- Determinar la capacidad de absorción de *Eichhornia crassipes* sobre las partículas en suspensión (sedimentos) y nutrientes en los cuerpos de agua.
- Determinar la productividad del Jacinto de agua sobre los cuerpos de agua en la cuenca de Tolomosa.
- Determinar acciones preventivas y correctivas en la producción del Jacinto de agua en los cuerpos de agua.

## **HIPÓTESIS**

El Jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*), tiene una capacidad de absorción de sedimentos y nutrientes, favoreciendo a clarificar el agua y por otro lado a empobrecerle de nutrientes, afectando a la productividad de los cuerpos de agua.

## CAPÍTULO I

### REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

#### 1.1 IMPORTANCIA DE LOS CUERPOS DE AGUA

El agua juega un papel muy importante en la interrelación con los bosques y el suelo. Es fuente de salud para las especies que habitan el planeta y sus superficies.

El agua es considerada como un factor crítico para el desarrollo de las naciones, y quizá sea el recurso que define los límites del desarrollo sustentable, ya que no sólo es indispensable para el desarrollo económico y social de la humanidad sino también para el funcionamiento de los ecosistemas del planeta.

El 70% de la superficie de la tierra es agua, pero sólo el 2.5% de toda esa agua es dulce, la demás es agua de mar y no se puede tomar. Y  $\frac{3}{4}$  partes de ese 2.5% están congeladas en los icebergs. Es decir que sólo el 0.01% del agua dulce que existe en el planeta es aprovechable para consumo humano. (Montes 1557-2009)

##### 1.1.1 Relación bosque – agua

Tal vez uno de los servicios ambientales más importantes de los bosques es su vínculo con el agua, pues regulan su suministro disminuyendo el riesgo de inundaciones y sequías. Es un círculo virtuoso al conservar las fuentes hídricas.

- **Importancia de los bosques:**

El agua dulce (no salada) es esencial para toda la vida sobre la Tierra, y los bosques son esenciales para el agua dulce. Los bosques filtran y limpian el agua, amortiguan las lluvias fuertes que de otra manera erosionarían los suelos, y mantienen en su lugar los bancos de los ríos. A su vez, el agua transporta nutrientes disueltos y los distribuye por todo el suelo del bosque. Los bosques actúan como "esponjas", capaces de recoger y almacenar grandes cantidades del agua de lluvia. Los suelos forestales absorben cuatro veces más agua de lluvia que los suelos cubiertos por pastos, y 18 veces más que el suelo desnudo. (Montes 1557-2009)

Con sus profundos sistemas de raíces, los árboles son capaces de extraer agua de zonas profundas del suelo. El agua se mueve por el árbol y se usa en la fotosíntesis, en el enfriamiento, y en otros procesos de crecimiento. Se evapora, como vapor de agua, desde las hojas. En este ciclo, los árboles son "fuentes de agua" vivientes que redistribuyen el líquido: la humedad, que se quedaría atrapada en forma subterránea si no fuera por los árboles, es liberada a través de sus hojas hacia el aire, donde luego se condensa formando nubes y cae de nuevo en forma de lluvia. Sin árboles que distribuyan esta agua, el clima en muchas regiones sería mucho más seco. Esta reserva subterránea y constante de agua es liberada lenta y gradualmente por los árboles, ayudando a evitar las inundaciones y sequías estacionales.

Ya que el agua es tan importante para mantener el dosel forestal de hojas verdes, las regiones con estaciones secas prolongadas tienden a presentar bosques deciduos (*= bosques formados por árboles que se deshacen de sus hojas y crecen nuevas cada año.*). En estos lugares, los árboles pierden sus hojas durante toda, o parte de, la estación seca. En los bosques templados, los árboles pierden sus hojas cuando empieza el clima frío, pero aún algunos bosques tropicales pueden ser deciduos, a veces perdiendo sus hojas solamente por unas pocas semanas, mientras haya poca agua, y las regeneran tan pronto como inicia la estación de lluvias.

El agua y el suelo húmedo transportan gradualmente los nutrientes hacia las partes bajas de la ladera. Sin embargo, si un bosque se encuentra fragmentado, por un camino o estructura, esta dispersión de nutrientes es interceptada. En lugar de distribuirse uniformemente por todo el suelo, el agua se acumula a la orilla del obstáculo o corre a lo largo de él, y pocos nutrientes de las partes altas llegan a los árboles localizados más abajo de la interrupción. Eventualmente el agua encontrará el camino para llegar a los fondos de los valles, donde se acumula en áreas ribereñas (*= humedales y áreas alrededor de los ríos, lagunas y arroyos en un bosque.*).

Además de transportar nutrientes, el agua también puede transportar productos tóxicos y materiales de desecho aguas abajo. El agua conecta el bosque, y cualquier cosa que contamine el agua contamina el bosque

- **¿Qué relación existe entre los bosques, el agua?**
  - Los bosques son los ecosistemas que más agua producen: al caer, la lluvia es asimilada por la espesa vegetación y se evapora nuevamente para formar otra vez nubes. Al escurrirse por la superficie del suelo, forma ríos, arroyos, lagos y lagunas. Al filtrarse en el subsuelo (con la ayuda de los árboles, arbustos, pastos, etc., y a través de las rocas), forma los mantos freáticos o acuíferos.
  - Los bosques y el agua son los principales protagonistas del desarrollo de la vida en los ecosistemas: los primeros, por ser productores y partícipes de una gran cantidad de funciones, y el agua por ser el líquido conductor, regulador y portador de la vida. A medida que perdemos los bosques, se disminuye la capacidad de capturar agua; se destruye el hábitat de plantas y animales y se afecta la vida de todos.
  - El agua circula por todos los niveles del bosque, y cualquier cosa que contamine el agua, contamina el bosque, ya que además de transportar nutrientes, el agua también puede transportar productos tóxicos y materiales de desecho aguas abajo. Los contaminantes que se encuentren en cualquiera de estas pequeñas corrientes, llegarán a los ríos de los que son afluentes y dañarán, de esta manera, el hábitat de los peces.
  - A mayor vegetación, mayor presencia de lluvia. Cuando se condensa la humedad a baja altura, como sucede en las zonas boscosas y selváticas, se incrementa la lluvia; en cambio en las zonas deforestadas, las nubes se forman a gran altura y son presa fácil de los vientos, lo que reduce las posibilidades de precipitaciones pluviales.

### **1.1.2 Relación Agua – Sociedad Humana**

La humanidad requiere el agua cada vez en mayores cantidades para realizar sus actividades. El mayor consumo de agua también se debe al incremento de las prácticas de irrigación agrícola, al gran desarrollo industrial o a la existencia de hábitos de consumo que en ocasiones, implican su derroche.

El agua para satisfacer distintas necesidades se transforma en un recurso, sin embargo, no todas las personas disponen de él. Esto sucede por varios motivos, entre los cuales se puede mencionar la desigual distribución natural del agua en la superficie terrestre. Esta imposibilidad lleva a situaciones de escasez, que no tiene causas exclusivamente naturales, sino que también sociales. Esto permite decir que existe una estrecha relación entre la posibilidad de abastecimiento y el desarrollo, porque cuanto mayor es el desarrollo, mayor es la capacidad para obtenerla y mayor es la contaminación.

El agua es esencial e imprescindible para que la vida misma sea posible sobre la faz de la tierra, es mucho más que un bien, que un recurso, que una mercancía, el agua es concretamente un derecho humano de primer orden y un elemento esencial de la propia soberanía nacional ya que, muy probablemente, quien controle el agua controlará la economía y toda la vida en un futuro no tan lejano.

Los esfuerzos del hombre por mejorar el medio ambiente en el que habita y elevar su calidad de vida, dependen entonces, de la disponibilidad de agua, existiendo una estrecha correlación esencial entre la calidad del agua y la salud pública, entre la posibilidad de acceder al agua y el nivel de higiene y entre la abundancia del agua. (OMS, 2000).

Esta situación se debe a que sólo una pequeña parte de la población, en particular en los países en desarrollo, tiene acceso a un abastecimiento de agua de calidad aceptable. Casi sin darnos cuenta, estamos poniendo en serio peligro este recurso tan esencial, no ya para nosotros, sino para los hijos de nuestros hijos y sus generaciones siguientes, tomar conciencia de que en otras partes del mundo (o aquí mismo dentro de unos años), cada gota tiene un valor que nosotros no le damos.

- **La importancia social del agua**

El modelo productivista basado en la creciente capacidad técnica y tecnológica del ser humano para intervenir los ciclos naturales ha generado crecientes problemas socio ambientales que afectan al conjunto de la sociedad, presente y futura. Durante las últimas décadas han emergido modelos alternativos basados en la concepción del

agua como un bien y un patrimonio común que pertenece al conjunto de la sociedad y debe ser gestionada con transparencia, participación y equidad, con criterios de conservación a largo plazo, para que la generación presente pueda disfrutar equitativamente de los beneficios proporcionados por el agua y lo puedan seguir haciendo las generaciones futuras.

- **Agua y sociedad**

A finales de los años 60 del pasado siglo este modelo productivista del agua comenzó a dar muestras de su agotamiento práctico para alcanzar a largo plazo la consecución de su único objetivo: garantizar la disponibilidad de agua de calidad y en cantidad suficiente para satisfacer los usos humanos del agua (económicos y sociales). Los conflictos socio ambientales en torno al agua han dado lugar a lo largo de las dos últimas décadas a la articulación de un discurso alternativo en torno al agua. Este discurso se basa en la recuperación de los valores emocionales y éticos del agua y en la necesidad de organizar la gestión del agua atendiendo al bien común de la sociedad, es decir, poniendo la racionalidad económica al servicio de los objetivos de bienestar de la sociedad. La articulación de este discurso, conocido genéricamente como Nueva Cultura del Agua, se basa en la integración de la diversidad social a través de distintas formas organizativas entidades, colectivos, organizaciones ecologistas, plataformas, redes, etc., y a través de distintas escalas territoriales.

- **El agua como elemento vital en el desarrollo del hombre**

La relación del hombre con el agua en las diferentes sociedades, con variados procesos de desarrollo socioeconómico, ha dictado las formas de percibir el agua como don de la naturaleza, como un recurso natural casi no renovable.

El desarrollo de los pueblos ha estado estrechamente vinculado con el agua, ya que éste es un factor importante en la selección de sitios para ubicar plantas industriales de todo tipo y en el desarrollo de los centros urbanos y agropecuarios.

El agua dulce destinada al consumo humano y a la agricultura básicamente procede de las precipitaciones que recibe la tierra. Sin embargo, la cantidad de agua que se

precipita desde la atmósfera no puede ser mayor que la que se evapora en la superficie de la tierra y el agua, incluido el mar. El agua se recicla constantemente como consecuencia de la evaporación producida por la energía solar, y las lluvias y el caudal de los ríos dependen del ciclo anual de las estaciones.

Los seres humanos se concentran en las proximidades de los cursos de agua y provocan que los sistemas de agua dulce sean los primeros hábitats en degradarse. Usan el agua, consumen sus especies animales, utilizan sus cauces para desplazarse y como colectores de sus vertidos.

Hay que considerar también que los ecosistemas de agua dulce son muy vulnerables. Por un lado, los cauces soportan los flujos de materiales constantes y con cambios rápidos; por otro, los lagos y estanques tiene ciclos naturales muy lentos, con lo que tardan en expeler los agentes contaminantes.

### **1.1.3 Relación Agua – Ecosistemas Naturales**

El ecosistema permite la interacción entre elementos bióticos (que tienen vida, como las plantas y animales) y abióticos (que no tienen vida, como los minerales) en un hábitat (por ejemplo, la selva). Hay una gran variedad de ecosistemas en la Tierra, que se diferencian ya sea por el lugar, como la costa o la montaña; o por el tamaño del ecosistema, como una rama o un océano.

Los ecosistemas engloban a su vez una amplia diversidad de comunidades naturales: bosques de tamaño y composición variables, pastizales, sabanas con distintos grados de cobertura leñosa, lagunas, pastizales en suelos inundados, cuevas, ríos, etc. Los ecosistemas son la única fuente de agua. Para preservarlos es necesario llegar al equilibrio entre la conservación y el uso sostenible del agua, integrando prácticas sociales, políticas, económicas y ambientales que lo garanticen.

- **Agua y ecosistemas**

Durante milenios han provisto múltiples servicios esenciales para el hombre: agua para la vida, para el recreo y para los usos económicos, protección frente a inundaciones y sequías, regulación de la formación y fertilidad del suelo, articulación

de paisajes e identidades, medio de recreo y disfrute, fuente de inspiración cultural y religiosa. Los ecosistemas acuáticos y ecosistemas terrestres asociados proveen además el hábitat esencial para multitud de especies animales y vegetales.

Los ecosistemas, vistos como un conjunto de elementos bióticos y abióticos que interaccionan en un espacio y tiempo determinados, transforman la materia y la energía disponibles en el ambiente, mediante procesos funcionales en los que el agua juega un papel importante. Es decir, a través de los procesos de precipitación y lixiviación, el agua incorpora y elimina elementos minerales del ecosistema; el agua disponible en el suelo controla los procesos de descomposición de la materia orgánica; la absorción y el transporte de nutrientes en las plantas dependen del flujo del agua hacia y dentro de los vasos conductores de las plantas.

De igual manera, la cantidad, la calidad y la temporalidad del recurso hídrico están determinadas por procesos funcionales del ecosistema: el agua de lluvia, al cruzar el dosel de la vegetación, modifica sustancialmente su composición química al lavar y lixiviar polvos y elementos minerales del follaje, reduce su cantidad al ser interceptada por las hojas y las ramas, y disminuye su velocidad y energía cinética; la cobertura vegetal y las características físicas y químicas del suelo determinan su tasa de infiltración así como la ruta que seguirá pendiente abajo; las profundidades del suelo y su estructura determinan la capacidad de almacenaje del agua y, por tanto, su disponibilidad para las plantas; la ruta de drenaje que sigue el agua, determina su composición química así como el tiempo que tarda en llegar a la base de la cuenca; y la capacidad de recarga de un acuífero está íntimamente ligada a las condiciones del ecosistema. (Ochoa A. 2013).

- **Ecosistema de agua dulce**

La limnología se ocupa del estudio de los ecosistemas de ríos y lagos. En este grupo no sólo se consideran los ecosistemas de agua corriente (medios lóticos) y los de agua quieta (medios lénticos), sino también los hábitats acuáticos de manantiales, huecos de árboles e incluso las cavidades de plantas donde se acumula agua y los ambientes de aguas subterráneas.

## 1.2 CONTAMINACIÓN DEL AGUA

El agua constituye un elemento natural indispensable para el desarrollo de la vida y de las actividades humanas; resulta difícil imaginar cualquier tipo de actividad en la que no se utilice, de una u otra forma.

En realidad, siempre hay una contaminación natural originada por restos animales y vegetales, por minerales y sustancias gaseosas que se disuelven cuando los cuerpos de agua atraviesan diferentes terrenos.

Los materiales orgánicos, mediante procesos biológicos naturales de biodegradación en los que intervienen descomponedores acuáticos (bacterias y hongos), son degradados a sustancias más sencillas. En estos procesos es fundamental la cantidad de oxígeno disuelto en el agua porque los descomponedores lo necesitan para vivir y para producir la biodegradación.

### 1.2.1. Causas

La contaminación del agua se produce a través de la introducción directa o indirecta en los cauces o acuíferos de sustancias sólidas, líquidas, gaseosas, así como de energía calórica, entre otras. Esta contaminación es causante de daños en los organismos vivos del medio acuático y representa, además, un peligro para la salud de las personas y de los animales.

- **Existen tres formas a través de las cuales se puede contaminar el agua.**
  - a) **Una de ellas es por medio de contaminantes naturales**, es decir, el ciclo natural del agua puede entrar en contacto con ciertos constituyentes contaminantes que se vierten en las aguas, atmósfera y corteza terrestre. Por ejemplo, sustancias minerales y orgánicas disueltas o en suspensión, tales como arsénico, cadmio, bacterias, arcillas, materias orgánicas, etc. (Salamanca 1998).
  - b) **Otra forma es a través de los contaminantes generados por el hombre** o de origen humano, y son producto de los desechos líquidos y sólidos que se vierten directa o indirectamente en el agua. Por ejemplo, las sustancias de sumideros

sanitarios, sustancias provenientes de desechos industriales y las sustancias empleadas en el combate de plagas agrícolas y/o vectores de enfermedades.

**c) Entre las más habituales podemos mencionar:**

- El vertido de sustancias tóxicas residuales de los procesos industriales, que son arrojados a ríos y lagos.
- La basura que es arrojada en las costas y que es arrastrada por los cursos del agua, tal como en el caso de los gigantes parches de basura en los océanos, formadas con desperdicios que tardan cientos o miles de años en degradarse.
- La contaminación derivada del uso de pesticidas, fertilizantes y otros químicos en la agricultura que se escurren desde el suelo hacia acuíferos subterráneos o a otras fuentes de agua.
- El uso de combustibles contaminantes en embarcaciones, que muchas veces van aparar al mar como resultado de la limpieza de las embarcaciones, o bien como consecuencia de accidentes.
- El vertido de las aguas residuales provenientes del sistema de aguas de las ciudades.

**1.2.2. Efectos**

Los efectos de la contaminación del agua incluyen los que afectan a la salud humana. La presencia de nitratos (sales del ácido nítrico) en el agua potable puede producir una enfermedad infantil que en ocasiones es mortal. Los que están presente en los fertilizantes derivados del cieno o lodo puede ser absorbido por las cosechas, de ser ingerida en cantidad suficiente, el metal puede producir un trastorno diarreico agudo, así como lesiones en el hígado y los riñones.

• **Los efectos más comunes producidos son los siguientes:**

- a) **Efectos Físicos:** como mal olor, cambio de color, enturbiamiento, fermentación, cambio de temperatura.
- b) **Efectos Químicos:** como la disminución de la concentración necesaria de oxígeno para la vida acuática.

c) **Efectos Biológicos:** como la muerte de plantas y animales, así como la producción de enfermedades en el hombre.

- **Efectos de la contaminación del agua:**

Esta contaminación afecta a la fauna y a los diferentes seres vivos que viven en la misma. De esta forma los productos contaminantes se introducen en la cadena alimenticia, y van invadiendo la misma hasta llegar a los eslabones superiores, es decir, a nosotros.

El hombre, es el principal causante de la contaminación del agua, ya que la eliminación de residuos líquidos, domésticos e industriales, así como desperdicios sólidos como la basura, en los ríos y otros cuerpos de agua, trae como consecuencia su inutilización. La misma naturaleza es fuente de contaminación por el arrastre del suelo y capas vegetales, debido a la deforestación incontrolada.

### **1.3 EUTROFIZACIÓN**

Un río, un lago o un embalse sufren eutrofización cuando sus aguas se enriquecen en nutrientes. Podría parecer a primera vista que es bueno que las aguas estén bien repletas de nutrientes, porque así podrían vivir más fáciles los seres vivos. Pero la situación no es tan sencilla. El problema está en que si hay exceso de nutrientes crecen en abundancia las plantas y otros organismos. Más tarde, cuando mueren, se pudren y llenan el agua de malos olores y le dan un aspecto nauseabundo, disminuyendo drásticamente su calidad.

El proceso de putrefacción consume una gran cantidad del oxígeno disuelto y las aguas dejan de ser aptas para la mayor parte de los seres vivos. El resultado final es un ecosistema casi destruido.

#### **1.3.1 Agua eutrófica y oligotrófica**

Cuando un lago o embalse es pobre en nutrientes (oligotrófico) tiene las aguas claras, la luz penetra bien, el crecimiento de las algas es pequeño y mantiene a pocos

animales. Las plantas y animales que se encuentran son los característicos de aguas bien oxigenadas como las truchas.

Al ir cargándose de nutrientes el lago se convierte en eutrófico. Crecen las algas en gran cantidad con lo que el agua se enturbia. Las algas y otros organismos, cuando mueren, son descompuestos por la actividad de las bacterias con lo que se gasta el oxígeno. No pueden vivir peces que necesitan aguas ricas en oxígeno, por eso en un lago de estas características encontraremos barbos, percas y otros organismos de aguas poco ventiladas. En algunos casos se producirán putrefacciones anaeróbicas acompañadas de malos olores. Las aguas son turbias y de poca calidad desde el punto de vista del consumo humano o de su uso para actividades deportivas. El fondo del lago se va rellenando de sedimentos y su profundidad va disminuyendo.

### **1.3.2 Nutrientes que eutrofizan las aguas**

Los nutrientes que más influyen en este proceso son los fosfatos y los nitratos. En algunos ecosistemas el factor limitante es el fosfato, como sucede en la mayoría de los lagos de agua dulce, pero en muchos mares el factor limitante es el nitrógeno para la mayoría de las especies de plantas. (Luis Echarri 2007).

En los últimos 20 o 30 años las concentraciones de nitrógeno y fósforo en muchos mares y lagos casi se han duplicado. La mayor parte les llega por los ríos. En el caso del nitrógeno, una elevada proporción (alrededor del 30%) llega a través de la contaminación atmosférica. El nitrógeno es más móvil que el fósforo y puede ser lavado a través del suelo o saltar al aire por evaporación del amoníaco o por desnitrificación. El fósforo es absorbido con más facilidad por las partículas del suelo y es arrastrado por la erosión erosionadas o disuelto por las aguas de escorrentía superficiales.

### **1.3.3 Fuentes de eutrofización**

#### **a) Eutrofización Natural.**

La eutrofización es un proceso que se va produciendo lentamente de forma natural en todos los lagos del mundo, porque todos van recibiendo nutrientes.

**b) Eutrofización de Origen Humano.**

Los vertidos humanos aceleran el proceso hasta convertirlo, muchas veces, en un grave problema de contaminación. Las principales fuentes de eutrofización son:

- Los vertidos urbanos, que llevan detergentes y desechos orgánicos
- Los vertidos ganaderos y agrícolas, que aportan fertilizantes, desechos orgánicos y otros residuos ricos en fosfatos y nitratos.

**1.4 CLASES DE CONTAMINANTES****1.4.1 Principales contaminantes del agua**

- Los agentes patógenos: algunas bacterias, virus y parásitos, provenientes de desechos orgánicos, entran en contacto con el agua.
- Los desechos que requieren oxígeno: algunos desperdicios pueden ser descompuestos por bacterias que usan oxígeno para biodegradarlos. Cuando existen grandes poblaciones de estas bacterias pueden llegar a agotar el oxígeno del agua, matando toda la vida acuática.
- Las sustancias químicas inorgánicas como los ácidos y los compuestos de metales tóxicos envenenan el agua.
- Las sustancias químicas orgánicas como el petróleo, el plástico, los plaguicidas y los detergentes amenazan la vida en el agua.
- Los nutrientes vegetales pueden ocasionar el crecimiento excesivo de plantas acuáticas. Estas mueren y se descomponen agotando el oxígeno del agua y provocando la muerte de varias especies marinas.
- La mayor fuente de contaminación proviene de los sedimentos o materia suspendida que enturbian el agua.

- El aumento de la temperatura disminuye la cantidad de oxígeno en el agua, vulnerando la supervivencia de los organismos acuáticos.

## 1.4.2 Tipos de contaminación del agua

### 1.4.2.1 La contaminación del agua puede estar producida por:

- **Compuestos minerales:** pueden ser sustancias tóxicas como los metales pesados (plomo, mercurio, etc.), nitratos, nitritos. Otros elementos afectan a las propiedades organolépticas (olor, color y sabor) del agua que son el cobre, el hierro, etc. Otros producen el desarrollo de las algas y la eutrofización (disminución de la cantidad de O<sub>2</sub> disuelto en el agua) como el fósforo.
- **Compuestos orgánicos** (fenoles, hidrocarburos, detergentes, etc.) Producen también eutrofización del agua debido a una disminución de la concentración de oxígeno, ya que permite el desarrollo de los seres vivos y éstos consumen O<sub>2</sub>.
- **La contaminación microbiológica** se produce principalmente por la presencia de fenoles, bacterias, virus, protozoos, algas unicelulares
- **La contaminación térmica** provoca una disminución de la solubilidad del oxígeno en el agua.
- **Productos químicos agrícolas** Los químicos utilizados para la agricultura son una fuente importante de la contaminación del agua. Los fertilizantes y pesticidas se aplican sobre el suelo para promover y maximizar el crecimiento de los cultivos.
- **Aguas residuales** La contaminación del desagüe es un resultado directo de las actividades humanas. Las aguas residuales a menudo se vierten directamente en lagos, ríos o en el océano.
- **Contaminantes ambientales** La contaminación del agua que resulta de la contaminación industrial suele ser muy publicitada. Este tipo de contaminación a menudo ocurre por accidentes o manejo inadecuado de los desechos tóxicos.

## **1.5 MARCO LEGAL SOBRE CONTAMINACIÓN DEL AGUA**

### **1.5.1 Ley de Medio Ambiente 1333 del 27 de abril de 1992. Título IV (Capítulo II) "Del Recurso Agua"**

Los artículos 36, 37, 38 y 39, establecen específicamente lo referente al agua disponiendo que las aguas en todos sus estados son de dominio originario del Estado y constituyen un recurso natural básico para todos los procesos vitales. Se establece que constituye prioridad nacional la planificación, protección y conservación de las aguas en todos sus estados y el manejo integral y control de las cuencas como asegurar su disponibilidad permanente, priorizando acciones a fin de garantizar agua de consumo para toda la población. También dispone que el Estado normara y controlara el vertido de cualquier sustancia o residuo líquido, sólido y gaseoso que cause o pueda causar la contaminación de las aguas o la degradación de su entorno y que los organismos correspondientes reglamentaran el aprovechamiento integral, uso racional, protección y conservación de las aguas.

### **1.5.2 Reglamento de la ley 1333 de Medio Ambiente en materia de Contaminación Hídrica del 8 de diciembre del 1995 aprobado por D.S. 24176.**

La Ley 1333, contempla cinco Reglamentos en áreas importante del Medio Ambiente y su preservación, cuales son: Reglamento General de Gestión Ambiental, Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica, Reglamento para Actividades con sustancias Peligrosas, Reglamento de Gestión de Residuos Sólidos y Reglamento de Prevención y Control Ambiental.

Corresponde abordar con mayor énfasis el Reglamento de Contaminación Hídrica aprobado por D.S. 24176 de fecha 8 de diciembre de 1995 cuyo objeto es reglamentar la Ley de Medio Ambiente 1333 en lo referente a **prevención y control de la contaminación hídrica en el marco de desarrollo sostenible** siendo aplicable a toda persona natural o colectiva, pública o privada cuyas actividades industriales, comerciales, agropecuarias domésticas, recreativas y otras, puedan causar contaminación de cualquier recurso hídrico. Ley 1333

### **1.5.3 La legislación sobre el uso y aprovechamiento de recursos hídricos en Bolivia**

En Bolivia se tiene una Ley de Dominio y Aprovechamiento de Aguas que se basa en un **Decreto del 8 de Septiembre de 1879 que fue elevado a rango de Ley el 28 de Noviembre de 1906** y la cual ha sido casi derogada en varias partes por normas posteriores; de forma que actualmente si bien algunas de sus disposiciones todavía tienen vigencia estas no son aplicadas debido principalmente al desconocimiento y a que se fueron elaborando Leyes y Reglamentaciones sectoriales que establecían normas distintas sobre el tema.

### **1.5.4 Disposición Legal sobre ley, reglamentos, sobre los Recursos Hídricos**

- **1967** / Reglamento de Aguas para irrigación, resolución Ministerial No. 210/67
- **1975**/ Decreto ley de navegación fluvial, lacustre y marítima (DS 12684)
- **1975** / Decreto Ley de Vida silvestre, parques nacionales, caza y pesca (DS 12301)
- **1977** / Reglamento de la Organización Institucional y de las Concesiones sector de aguas (DS24716)
- **1990**/ Reglamento de Pesca y Acuicultura (DS 22581)
- **1996**/ Ley Forestal.
- **1997**/ Reglamento de uso de Bienes de dominio público y de servidumbres para servicios de Aguas (DS 24716)
- **1998**/ Normas Reglamentarias de uso y Aprovechamiento de Agua para Riego, Resolución Ministerial 01/98
- **2000**/ Ley N° 2066 de Servicios de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario

## 1.6 DEPURACIÓN DE AGUAS CONTAMINADAS

Los procedimientos de depuración se caracterizan, en general, por su escasa necesidad de personal de mantenimiento, consumo energético reducido y baja producción de fangos. Sin embargo, y esto suele ser un factor limitante, requieren mayor superficie de terreno disponible que los métodos convencionales (entre 4 y 40 m<sup>2</sup>/habitante equivalente) lo que limita su uso a pequeños núcleos de población donde la presión urbanística es menor.

El segundo factor limitante hace que estos sistemas sólo puedan ser empleados con éxito para determinado tipo de vertidos, pues han de ser totalmente degradables.

### 1.6.1 Depuración Biológica

La depuración natural utiliza y maximiza una serie de procesos que se dan de forma natural en el medio, en un emplazamiento controlado. Creando un espacio en el que se desarrollan una serie de ecosistemas que permitan la recuperación de un recurso, el agua, y la reintroducción al ciclo biológico de unos excedentes (la contaminación-nutrientes) convirtiéndolos en productos, de una forma no traumática para el medio.

Estos sistemas se utilizan en una gran variedad de situaciones, ya que son altamente adaptables a los diferentes usos que se le quieran dar, abarcando de una forma efectiva, técnica y económica, desde el tratamiento de casas aisladas, pequeños núcleos, pueblos, industrias agroalimentarias, residuos ganaderos, etc.

Distinguimos dos ramas los métodos de tratamiento: Los de **aplicación directa sobre el terreno** y los **sistemas acuáticos**. Ambos son una acción combinada de vegetación, suelo y microorganismos que encontramos en ellos.

### 1.6.2 Métodos Acuáticos

Los métodos acuáticos son aquellos cuya acción principal de depuración se ejerce en el seno del medio acuático, participando en el proceso plantas emergentes (especialmente sus raíces) y la actividad microbiológica asociada. Son sistemas que pueden funcionar estacionalmente o a la largo de todo el año, dependiendo

fundamentalmente del clima, y que con frecuencia se diseñan para mantener un flujo continuo.

En este grupo de métodos naturales de depuración de aguas residuales, se incluyen aquéllos cuya acción principal de depuración se ejerce en el seno del medio acuático, participando en el proceso plantas emergentes (especialmente sus raíces) y la actividad microbiológica asociada. Son sistemas que pueden funcionar estacionalmente o a lo largo de todo el año, dependiendo fundamentalmente del clima, y que con frecuencia se diseñan para mantener un flujo continuo.

Los sistemas más empleados son:

- Lagunaje
- Humedales
- Filtro verde
- Cultivos acuáticos.

#### **a) Lagunaje**

La depuración por lagunaje consiste en el almacenamiento de éstas durante un tiempo variable en función de la carga aplicada y de las condiciones climáticas, de forma que la materia orgánica resulte degradada mediante la actividad de los microorganismos presentes en el medio acuático.

En función de los tipos de microorganismos, que dependen, a su vez, de la presencia de oxígeno disuelto, las lagunas, también conocidas como estanques de estabilización, se clasifican en anaerobias, facultativas y aerobias o de maduración.

- **Lagunas anaerobias**

El proceso de depuración en este tipo de lagunas tiene lugar mediante una fermentación anaerobia. Este proceso se divide en dos grandes etapas:

- En la primera, un grupo de bacterias facultativas formadoras de ácidos descomponen las cadenas complejas de la materia orgánica en ácidos grasos, aldehídos y alcoholes.

- En la segunda etapa, otro grupo de bacterias estrictamente anaerobias, formadoras de metano, transforman los productos intermedios en gas metano, amoníaco y anhídrido carbónico e hidrógeno.

Normalmente estas lagunas son las primeras de una serie, correspondiendo al tratamiento primario en el proceso de depuración.

- **Lagunas facultativas**

En estas lagunas se distingue una zona aerobia próxima a la superficie, una zona anaerobia en el fondo, donde se dan procesos de fermentación, y una zona intermedia que contiene bacterias facultativas.

Las lagunas facultativas pueden ser las primeras de una serie o seguir a las lagunas anaerobias, correspondiendo así a un tratamiento secundario. Su finalidad última es la degradación de la materia orgánica.

La variación de temperatura en las diferentes estaciones del año, puede obligar a hacer más profundos los estanques. Esta profundidad puede variar entre 1 y 2 metros.

- **Lagunas aerobias o de maduración**

Las lagunas aerobias o de maduración son estanques de poca profundidad, entre 0.2 y 1 metro, con una producción máxima de algas y en las que se supone que toda la masa de agua está en condiciones aerobias.

El tiempo de retención de una laguna de maduración así como el número de lagunas, está condicionado por el grado de depuración bacteriana que se quiere alcanzar. La laguna debe proporcionar un periodo de retención de 7 a 10 días con una profundidad de un metro.

Las lagunas de maduración constituyen un tratamiento terciario en el proceso de depuración, tanto si se combinan con otras lagunas, como si lo hacen con otros sistemas de tratamiento. Por tanto, sólo es necesario instalarlas en los casos en que se requiera un alto grado de depuración, bien sea por los objetivos de calidad del medio receptor o bien para la reutilización del agua para regadío.

## **b) Humedales**

Los humedales son terrenos inundados con profundidades de agua normalmente inferiores a 0,6 m con plantas emergentes. En estos sistemas el agua fluye continuamente y la superficie libre permanece al nivel del suelo, o mejor (pues evita la proliferación de insectos) por encima del mismo, manteniéndolo en estado de saturación durante un largo periodo del año.

La vegetación presente en estos sistemas proporciona superficies adecuadas para la formación de películas bacterianas, facilita la filtración y la absorción de los constituyentes del agua residual, permite la transferencia del oxígeno a la columna de agua, y controla el crecimiento de algas al limitar la penetración de la luz solar.

- **Humedales naturales**

Desde el punto de vista normativo, los humedales naturales se consideran cuerpos de aguareceptores. Por tanto el vertido a estos terrenos está sujeto, en la mayoría de los casos, a las limitaciones normativas aplicables que suelen obligar al tratamiento secundario o avanzado de las aguas a verter. Más aún, el principal objetivo del vertido a humedales debería ser la mejora del hábitat existente.

- **Humedales artificiales**

Los humedales artificiales procuran idéntica capacidad de tratamiento que los naturales, con la ventaja añadida de que al formar parte del sistema proyectado, no están sujetos a las limitaciones de vertidos a ecosistemas naturales. Suelen tener un fondo o base impermeable sobre la que se deposita un lecho de gravas, suelo u otro medio para el desarrollo de las plantas, que constituyen el principal agente depurador.

Existen dos tipos de humedales artificiales desarrollados para el tratamiento del agua residual, dependiendo de la situación del nivel de agua:

- **De superficie libre de agua (FWS)**, en el que el agua está en contacto con la atmósfera y constituye la fuente principal del oxígeno para aireación.

- **De flujo subsuperficial (SFS)**, donde la superficie del agua se mantiene a nivel de la superficie del lecho permeable o por debajo de la misma.

**c) Filtro Verde**

Los filtros verdes consisten generalmente en el cultivo de masas forestales, álamos, que además de favorecer la depuración de las aguas residuales permiten la explotación maderera del cultivo, con lo que se consigue de forma indirecta la protección de los bosques, la recarga artificial de acuíferos y la mejora de la calidad de la atmósfera.

El filtro verde tiene uno de los mayores potenciales de tratamiento de todos los sistemas de depuración en el terreno, debido a la aplicación de cargas relativamente bajas sobre el suelo vegetado y a la existencia de un ecosistema muy activo en el suelo, a escasa distancia de la superficie. La depuración tiene lugar en los horizontes superiores del terreno, donde se encuentra una capa biológica activa

**d) Cultivos Acuáticos**

Los cultivos acuáticos o sistemas de plantas acuáticas flotantes son básicamente una variante de los humedales artificiales FWS, en la que se introduce un cultivo de plantas flotantes, como los juncito de agua o las lentejas de agua, cuya finalidad principal es la eliminación de determinados componentes de las aguas a través de sus raíces, que constituyen un buen substrato responsable de una parte importante del tratamiento.

Las profundidades de agua suelen ser mayores que en los sistemas de humedales, y varían entre 0,5 y 1,8 m. Para aumentar la capacidad de tratamiento y asegurar el mantenimiento de las condiciones aerobias necesarias para el control biológico de los mosquitos en los sistemas de plantas acuáticas flotantes, se han empleado sistemas complementarios de aireación.

Los cultivos acuáticos suelen utilizarse como sistema de afino incorporados a otra cadena de procesos, empleándose generalmente como tratamiento terciario. Han sido

utilizados también como medios de producción de proteínas o biomasa, en cuyo caso la depuración de agua constituye un objetivo secundario del proyecto.

### **1.6.3 Otros tipos de metodologías de depuración del agua**

Algunos de estos métodos o conceptos de depuración han sido conocidos y empleados desde hace siglos, habiéndose puesto de actualidad con la aparición y divulgación del concepto *vertido de contaminación cero*. Entre los métodos de tratamiento en el terreno se incluyen habitualmente tres tipos:

- Infiltración lenta.
- Infiltración rápida.
- Flujo superficial.

El rasgo común a todos ellos es la depuración conseguida a través de los procesos físicos, químicos, biológicos naturales, desarrollados en un sistema planta-suelo-agua matriz rocoso.

- **Entre los métodos se encuentra la de tratamiento mediante la aplicación directa en el terreno:**

En este tipo de tratamiento el suelo cumple dos funciones: por un lado es el medio receptor de las aguas residuales evitando de esta manera el vertido a otros medio. Por otro lado, es el agente activo pues tanto en su superficie como en su interior se produce el proceso de depuración eliminando nutrientes, materia orgánica, microorganismos y otros componentes como metales pesados o micro contaminantes orgánicos.

#### **1.6.3.1 Infiltración rápida**

El tratamiento mediante infiltración rápida se define como la aplicación controlada del agua residual sobre balsas superficiales construidas en suelos de permeabilidad media a alta. La aplicación se realiza de forma cíclica para permitir la regeneración aerobia de la zona de infiltración y mantener la máxima capacidad de tratamiento.

### **1.6.3.2 Escorrentía superficial**

La escorrentía superficial (Murillo *et al*, 1999) es un sistema de depuración relativamente nuevo, La técnica consiste en forzar la escorrentía del agua residual, mediante riego por circulación superficial en láminas, sobre una superficie muy lisa previamente acondicionado (en pendiente y con vegetación no arbórea), alternando periodos de riego con periodos de secado; dependiendo la duración de cada fase de los objetivos de tratamiento.

### **1.6.3.3 Lechos de turba**

El sistema está formado por lechos de turba a través de los cuales circula el agua residual. Cada lecho descansa sobre una delgada capa de arena, soportada, a su vez, por una capa de grava. Siendo la superficie total de cada uno 200 m<sup>2</sup>, unos en funcionamiento y otros en conservación, para su mantenimiento y aireación.

El efluente se recoge a través de un dispositivo de drenaje situado en la base del sistema. El terreno donde se asienta cada lecho debe ser impermeable para garantizar la no contaminación de las aguas subterráneas, en caso contrario hay que recurrir a la impermeabilización. La turba necesita ser retirada y reemplazada cada 5-7 años.

### **1.6.3.4 Lecho de arena**

Los filtros de arena son una de las tecnologías más antiguas para la depuración de aguas residuales que se conoce. Empleados de forma adecuada consiguen llegar a niveles de depuración muy elevados. Consisten en lechos de material granular, de tamaño de grano relativamente uniforme, adecuadamente drenados en el fondo. Se emplean generalmente como un sistema de afino de aguas tratadas previamente mediante otros sistemas como puede ser una fosa séptica.

La tecnología de filtros de arena incluye los filtros intermitentes, en los cuales, las aguas a depurar se vierten intermitentemente mediante tuberías de distribución en un filtro granular de entre 0,5 y 1,0 m de espesor y los filtros con recirculación, en los cuales, el agua recogida en el sistema de drenaje se vierte de nuevo en el filtro mezclada con agua nueva sin depurar.

## 1.7 DESCRIPCIÓN DE LA ESPECIE *Eichhornia crassipes*

Cuadro N° 1  
Jacinto de Agua

<u><i>Eichhornia crassipes</i></u>	
<u>Clasificación científica</u>	
<b><u>Reino:</u></b>	<u><i>Plantae</i></u>
<b><u>División:</u></b>	<u><i>Magnoliophyta</i></u>
<b><u>Clase:</u></b>	<u><i>Liliopsida</i></u>
<b><u>Orden:</u></b>	<u><i>Commelinales</i></u>
<b><u>Familia:</u></b>	<u><i>Pontederiaceae</i></u>
<b><u>Género:</u></b>	<u><i>Eichhornia</i></u> <u>KUNTH</u>
<b>Especies</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <u><i>Eichhornia azurea</i></u></li> <li>• <u><i>Eichhornia crassipes</i></u></li> <li>• <u><i>Eichhornia diversifolia</i></u></li> <li>• <u><i>Eichhornia martiana</i></u></li> <li>• <u><i>Eichhornia natans</i></u></li> <li>• <u><i>Eichhornia paniculata</i></u></li> <li>• <u><i>Eichhornia speciosa</i></u></li> </ul>	

- **Autores**
  - Solms-Laubach, Hermann Maximilian Carl Ludwig Friedrich zu
  - Publicado en: Monographiae Phanerogamarum 4: 527. 1883.

- **Basónimo**
  - *Pontederiacrassipes*Mart.
- **Combinaciones del basónimo**
  - *Piaropuscrassipes* (Mart.) Raf.
- **Sinonimia**
  - *Eichhorniacordifolia*Gand.
  - *Eichhorniacrassicaulis*Schltr.
  - *Eichhorniaspeciosa*Kunth
  - *Heterantheraformosa*Miq.
  - *Piaropuscrassipes* (Mart.) Raf.
  - *Piaropusmesomelas*Raf.
  - *Piaropus tricolor* Raf.
  - *Pontederiaazurea*Sw.
  - *Pontederiacrassicaulis*Schltr.
  - *Pontederiacrassipes*Mart.
  - *Pontederiacrassipes*Roem. &Schult.
  - *Pontederiaelongata*Balf.

- **Nombre común**

Cucharilla, camalote, flor de agua, flor de huauchinango, Jacinto, Jacinto de agua, lagunera, lechuguilla, lirio acuático, lirio de agua, carolina, papalacate, pico de pato, reina, tamborcillo, violeta de agua, ninfa (Martínez, 1979; Novelo y Ramos, 1998; Rzedowski y Rzedowski, 2001 y 2004).

- **Descripción General**

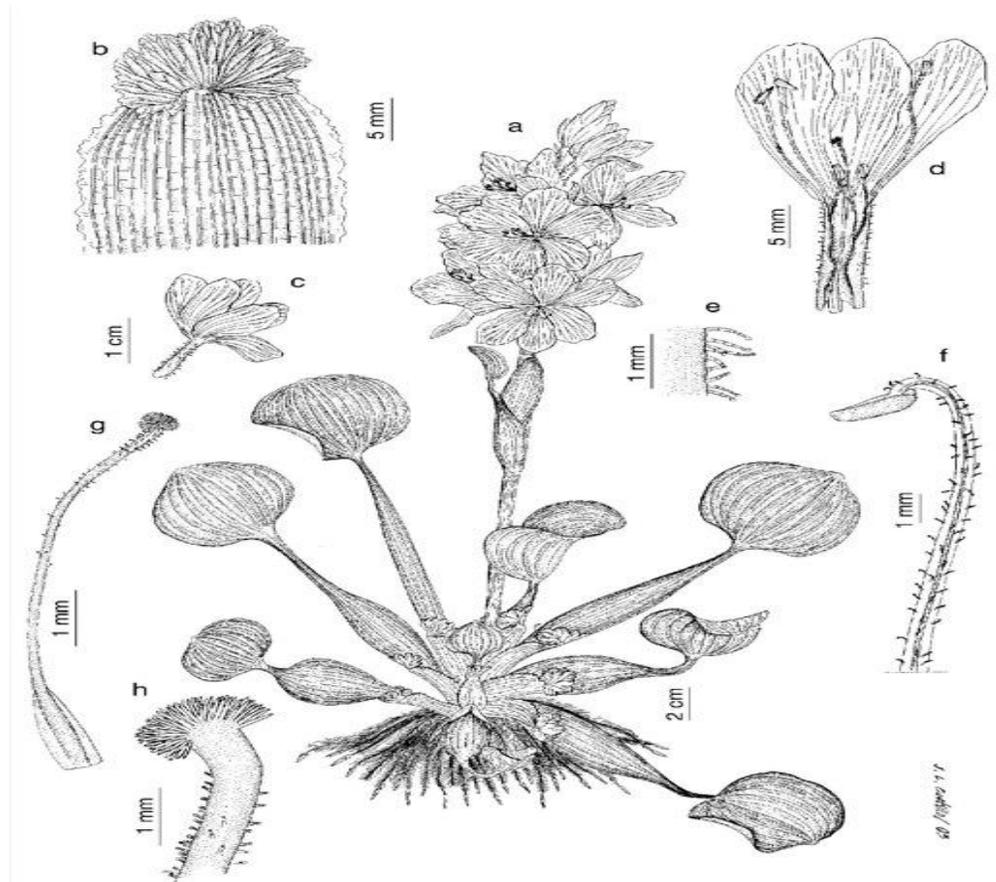
Las flores tienen 6 pétalos de color azul púrpura, lavanda a rosáceo. La estructura de la flor presenta una posición terminal con un pedúnculo alargado subtendido por dos brácteas. La bráctea más baja tiene una lámina distinta. Cada punta tiene entre 4 y 25 flores (máximo 35) con una media entre 8 y 15. Las flores son sésiles. El tubo del

perianto tiene entre 1.5 y 1.75 cm de largo con la base verde y la parte superior pálida. Los tépalos son ovados, oblongos, finos de color lila, de 4cm de longitud. El tépalo posterior (labelo) tiene una región central en forma de diamante con un tono amarillo brillante, rodeada por un borde azul con líneas difundidas de color rojo brillante. Cuando el labelo es joven tiene un punto verde. Hay 6 estambres (a veces 5 o 7) curvados con pelos glandulares. Tres son pequeños y se encuentran cerca del tubo del perianto. Las anteras son violetas y miden entre 1.4 y 2.2 mm de longitud. Los tallos se yerguen sobre la superficie del agua y, en la parte superior, llevan una sola punta con 815 flores. Las raíces son plumosas de color negro. Además *E. crassipes* forma retoños que consisten en una bifurcación, rizoma estolinifero, de 6 cm de diámetro y hasta 30 cm de longitud que presenta varios entrenudos cortos. Cada nudo lleva una hoja y raíces. Los brotes axilares pueden formar estolones. El rizoma crece a un ángulo de 60 grados y permanece en ese ángulo en soportes densos doblándose hacia arriba, en soporte abiertos llega a ser horizontal. Los estolones son violeta púrpura y miden más de 50 centímetros de longitud, aunque el diámetro es variado El fruto es una cápsula. El número de semillas maduras por cápsula es de 450, miden 4X1 mm de base oval y ápice (Batcher, 2001).

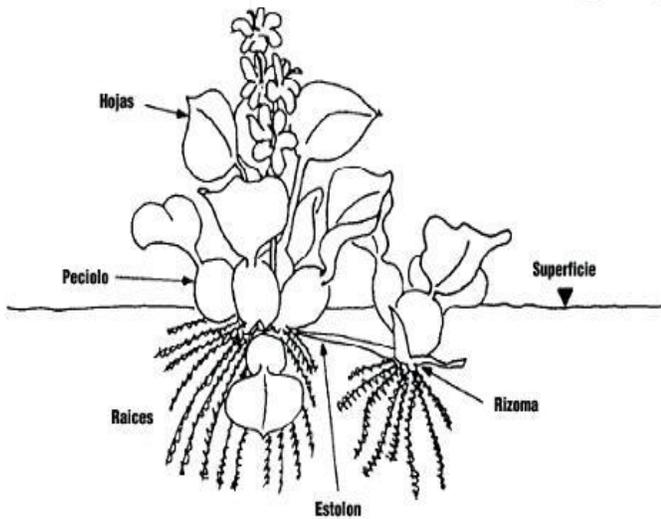


Figura N° 1

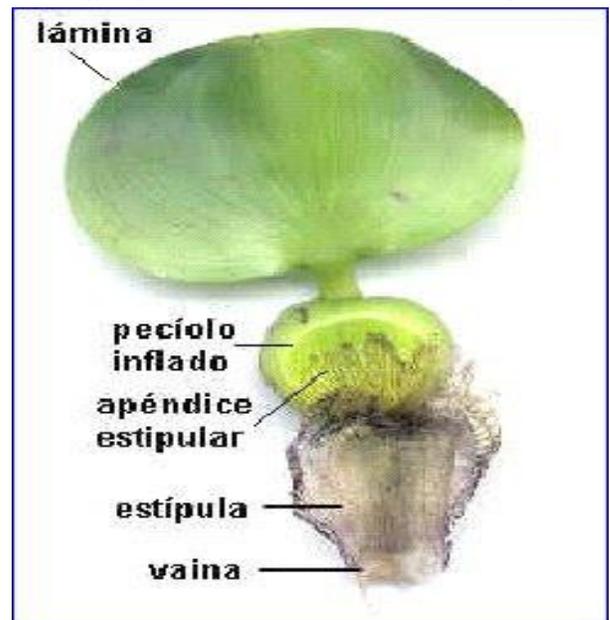
Partes del Jacinto de agua *Eichhornia crassipes*



Lám. 92.-*Eichhornia crassipes*, a) Navalmoral de la Mata, Cáceres (SALA 102765); b-h) junto a San Roque, río Algar, Altea, Alicante (MA 657843): a) hábito; b) estípula con la lígula; c) flor; d) flor abierta; e) indumento del tubo corolino; f) porción apical de un estambre; g) gineceo; h) parte superior del estilo y estigma.



Morfología de una macrofita flotante (*Eichhornia crassipes*).



### 1.7.1 Ecología del Jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*)

#### 1.7.1.1 Estrategia trófica

- **Autótrofo fotosintético**

El crecimiento del lirio es favorecido por aguas ricas en nitrógeno, fósforo y potasio. La habilidad de esta planta para absorber nutrientes y otros elementos ha sido ampliamente investigado, ya que también absorbe calcio, magnesio, azufre, hierro, manganeso, aluminio, boro, cobre, molibdeno y zinc (Harley, 1996).

- **Composición**

En la siguiente tabla se puede apreciar una composición general del Jacinto de agua.

**Tabla N° 1**

**Composición del Jacinto de aguas (*Eichhornia crassipes*)**

Constituyente	% de la masa seca	
	Promedio	Intervalo
Proteína cruda	18,1	9,7-23,4
Grasa	1,9	1,6-22
Fibra	18,6	17,1-19,5
Cenizas	16,6	11,1-20,4
Carbohidratos	44,8	16,9-51,6
NTK	2,9	1,6-3,7
Fósforo	0,6	0,3-0,9

El componente principal de la planta es el agua, correspondiendo al 95% de la masa total (Romero, 2000).

La composición varía dependiendo del medio en el cual crezca la planta. Cuando hay escasez de elementos fertilizantes se inhibe el crecimiento de la planta. Por el

contrario, en abundancia de nutrientes la planta se desarrolla a su máximo límite, adquiriendo un intenso color azul-verdoso.

Gracias a su extenso sistema de raíces tiene excelente poder de filtración y capacidad de absorber impurezas y contaminantes como el Ni, Cd, Pb, Hg, Cr, Cu, fenoles y otros (Romero, 2000). Además, la capacidad de adsorber, atrapar y fijar los indistintos elementos del agua.

### **1.7.1.2 Comportamiento**

- **Plasticidad ambiental y tolerancia**

El lirio acuático se caracteriza por su tolerancia a climas extremos (Burton, 2005), invade los cuerpos de agua con facilidad, debido al tipo de dispersión (a través de propágulos) que desarrolla, y es capaz de duplicar su biomasa cada 6-18 días, dependiendo de las condiciones ambientales (Williams, ND).

- **Temperatura**

Aunque *E. crassipes* tolera una amplia gama de condiciones para su crecimiento, no tolera los cambios climáticos extremos ni las heladas (Burton, 2005).

- **Salinidad**

Las variaciones en la salinidad del agua pueden matar, limitar o modificar su distribución (Burton, 2005). El lirio acuático no tolera el agua salobre (Harley, 1996; Holm et al., 1977).

- **Hábitat**

El Jacinto de agua habita en cuerpos de agua dulce como los son: ríos, lagos, charcas y embalses de los trópicos y sub trópicos localizados a latitudes no mayores de 40°N y 45°S. Temperaturas menores de 0°C afectan su crecimiento al igual que alta salinidad. Sin embargo, cuerpos de agua eutrofizados que contienen niveles altos de nitrógeno, fosforo, potasio al igual que aguas contaminada con metales pesados como cobre y plomo no limitan su crecimiento. El Jacinto de agua puede anclarse y enraizar en suelos saturados por un corto periodo de tiempo.

- **Modificación de hábitat**

Aunque *E. crassipes* tolera una amplia gama de condiciones para su crecimiento, los cambios climáticos extremos, las heladas y variaciones en la salinidad del agua pueden matar, limitar o modificar su distribución (Burton, 2005). *E. crassipes* no tolera el agua salobre (Harley, 1996; Holm et al., 1977). Geográficamente *E. crassipes* se encuentra limitado a latitudes tropicales o subtropicales (Meas-Vong, 2002).

### 1.7.1.3 Reproducción

La habilidad de crecimiento y adaptación de esta especie le permite sobrevivir y extenderse en muchos sitios. Puede duplicar su tamaño en diez días y durante la estación normal de ocho meses de crecimiento una sola planta es capaz de producir 70.000 plantas hijas (Romero, 2000)

- **Años**

**Longevidad:** Una vez liberadas las semillas pueden permanecer viables durante 20 años (Burton, 2005).

- **Asexual**

La reproducción vegetativa consiste en la separación de brotes que forman una nueva planta que, al desarrollarse en condiciones ambientales adecuadas, puede llegar a formar individuos capaces de reproducirse (Batcher, 2001).

- **Sexual**

La reproducción sexual se realiza a través de las semillas de la planta, este ciclo dura más de cinco meses. Un requisito indispensable para que la germinación ocurra rápidamente, es la escarificación o rompimiento de la cubierta externa (Miranda & Lot, 1999). La reproducción sexual *E. crassipes* se lleva a cabo a través de semillas, producidas en la base de cada flor. Las plantas hijas, permanecen pegadas a la planta madre hasta que el viento u otro factor mecánico causa el rompimiento y dispersión

(Land Protection, 2007). La floración puede iniciar desde el mes de Octubre y continúa a través de los meses de verano. En cada uno de los tallos continúa abierta una flor por uno o dos días. Cuando todas las flores de una planta se han marchitado, el tallo pierde presión dentro del agua y después de 18 días, las semillas son liberadas de la base de la cápsula de cada flor muerta (Land Protection, 2007).

#### 1.7.1.4 Asociaciones

- **Competencia**

En general, el lirio compite con otras especies de hidrófilas libres flotadoras (*Azollaspp.*, *Hydromistriastolonífera*, *Pistiastratiotes*, *Lemnaspp.*, *Salviniaspp.*) en mosaicos densos y típicos de este tipo de comunidades naturales (Miranda & Lot, 1999).

- **Depredación**

Entre sus depredadores naturales más comunes se encuentran: los gorgojos *Neochetinaeichhorniae* (Coleoptera: Curculionidae) y *Neochetinabruchi* (Coleoptera: Curculionidae), la polilla *Niphograptaalbiguttalis* (Lepidoptera: Pyralidae) y el ácaro *Orthogalumnaterebrantis* (Acarina: Galumnidae) (Center et al., 2002). Una de las características más importantes de estos depredadores es la diversificación en el tipo de estructuras que consumen de la planta, por lo que el uso de varios tipos de insectos a la vez causa serios daños a las poblaciones de lirio, logrando así su control natural (Center et al., 2002).

#### 1.7.1.5 Dispersión

- **Esquejes**

Es una planta muy resistente que también puede propagarse como resultado del movimiento de los órganos vegetativos en los ríos, lagos adyacentes, canales o diques, o bien por las inundaciones que pueden acarrear propágulos (Miranda & Lot, 1999).

- **Vector**

*E. crassipes* se puede dispersar con la ayuda de polinizadores especializados, como la abeja con lengua larga (*Ancyloscelis gigas*) que se ubica únicamente en la región amazónica (Miranda & Lot, 1999). La distribución actual de *E. crassipes* es el resultado de la combinación del desprendimiento de plántulas por las corrientes de agua, extracción de propágulos por parte del ser humano, el desecho de plantas muertas en río, lagos y demás cuerpos de agua, por las labores de limpieza usando lanchas que no han sido limpiadas adecuadamente, la práctica de deportes como el canotaje y por el uso ornamental en acuarios (Miranda & Lot, 1999).

#### 1.7.1.6 Usos

- **Usos de la *Eichhornia crassipes***

Siendo como se presenta, un problema ambiental, en la actualidad bajo varias investigaciones la *E. crassipes* ha sido una herramienta muy efectiva para el tratamiento de aguas residuales.

- a) **Agropecuario**

En la región chinampera del Valle de México, es usada como abono verde y para levantar el nivel de las chinampas. También se le utiliza como fertilizante, forraje y ornamental (Rzedowski & Rzedowski, 2001, 2004). Sirve como alimento de carpas, para elaborar artesanías, producir biogás y depurar aguas residuales (Novelo & Ramos, 1998).

- b) **Ornamental**

También se utilizan como adorno en pequeños lagos, embalses, estanques y acuarios (Rzedowski & Rzedowski, 2001).

- c) **Industrial**

La habilidad del lirio para extraer nutrientes y metales pesados puede ser explotada para tratar los efluentes de alcantarillados pasándolos a través de canales que contienen la planta (Harley, 1996; Vargas-Soto & Vargas-Soto, ND).

### **1.7.1.7 Distribución geográfica nativa**

- **Área de origen**

Es nativa de la Cuenca Amazónica (GEIB, 2006).

América del Sur, principalmente en las llanuras de Venezuela y Colombia

Distribución secundaria Estados Unidos, México, Centroamérica, Las Antillas y partes más cálidas del hemisferio occidental; los trópicos del Viejo Mundo.

### **1.7.1.8 Mecanismo de introducción**

Se desconoce realmente la forma exacta en que fue introducida al medio natural español, aunque se sospecha que se debió a la suelta voluntaria por parte de algún particular o por algún escape de algún lugar donde era utilizada como planta ornamental (GEIB, 2006). A pesar de su carácter altamente invasor y su extensa distribución por toda la península ibérica, continúa siendo utilizada en estanques y lagos como planta ornamental.

## **1.7.2 Efectos sobre los cuerpos de agua**

Debido a su potencial colonizador y constituir una amenaza grave para las especies autóctonas, los hábitats o los ecosistemas, *Eichhornia crassipes* ha sido incluida en el Catálogo Español de Especies exóticas Invasoras, aprobado por Real Decreto 1628/2011, de 14 de noviembre, estando prohibida en España su introducción en el medio natural, posesión, transporte, tráfico y comercio

### **1.7.2.1 Análisis de riesgo**

- **Ecológico**

Dentro los daños causados por el lirio acuático, están la disminución de la capacidad de intercambio de oxígeno entre la interface aire-agua evitando la transferencia de oxígeno y la penetración de luz al agua. Al morir, *E. crassipes* se deposita en el fondo del cuerpo de agua produciendo condiciones anaerobias que interfieren con las funciones de los organismos bentónicos (Meas-Vong, 2002). Además la carencia de fitoplancton altera la composición de comunidades de invertebrados, afectando en

última instancia a las industrias pesqueras (Center et al., 2002). La sombra proyectada por el lirio acuático inhibe el crecimiento del fitoplancton causando, a su vez, una reducción en la densidad poblacional de zooplancton que afecta de manera directa a la cadena alimenticia (Harley, 1996).

- **Salud**

*E. crassipes* proporciona un hábitat ideal para especies consideradas de alto riesgo para la salud como el mosquito *Anopheles* sp., que transmite la malaria, el mosquito *Mansonia* sp., que transmite la encefalitis y el mosquito *Culex* sp., portador de la filaria. En las raíces, se puede albergar al caracol *Limnaea fasciola* que transmite la *fasciolosis*, o el caracol *Bulinus bromphalaris*, transmisor de la *equistosomiasis* (Meas-Vong, 2002).

- **A la flora y fauna nativa**

A nivel de flora nativa, la capa de lirio reduce la diversidad de plantas subacuáticas y de especies flotantes más pequeñas, al impedir el paso de luz para la fotosíntesis. El efecto de la sombra va a depender de la intensidad luminosa, la duración del día, la turbidez, las velocidades del flujo y el nivel de nutrientes del agua. Estos cambios en la cadena alimenticia y la diversidad florística afectan directamente a la fauna acuática, al reducir oxígeno, fuentes de alimento y sitios de anidación y refugio (Harley, 1996). La rapidez de crecimiento de esta especie restringe los accesos a cuerpos de agua, destruye humedales naturales, elimina otras plantas acuáticas, reduce la infiltración de la luz, cambia los niveles de temperatura, pH y oxígeno (Meas-Vong, 2002), reduce el intercambio de gases en la superficie del agua, altera los hábitats de plantas acuáticas, peces y anfibios nativos (Meas-Vong, 2002).

- **Económico**

La infestación de *E. crassipes* tiene consecuencias económicas serias al interferir directamente en la navegación en los cuerpos de agua, entorpece la actividad pesquera y disminuye la producción, causa bajas en las actividades turísticas, entorpece la operación de las turbinas de las plantas hidroeléctricas, obstruye los

canales de riego y drenaje, incrementa la evapotranspiración y acelera el asolvamiento del embalse (Meas-Vong, 2002). La infestación de ríos, lagos, represas y canales de irrigación provoca que cada año se gasten billones de dólares en programas para el control y erradicación de esta especie (Burton, 2005).

- **Impacto ecológico**

Los impactos ecológicos y socioeconómicos productos de la invasión de esta planta son muy variados, por esta razón forma parte de la Lista Federal de Hierbas Nocivas de los Estados Unidos de América. Además, se encuentra en las listas de plantas invasoras de estados y territorios (estadounidenses) como Arizona, Florida, Puerto Rico y Carolina del Sur. Inclusive, en el estado de Florida ha causado tantos estragos que se encuentra en la Lista de Plantas Prohibidas del Departamento de Protección Ambiental (Ramey, 2001).

El impacto ecológico del Jacinto de agua se debe a su capacidad de colonizar grandes extensiones de agua en poco tiempo, lo que tiene consecuencias nefastas en los ecosistemas acuáticos. Los matorrales de Jacinto de agua (denominados camalotes) forman islas flotantes que pueden arrastrar y desarraigar una gran variedad de reptiles y anfibios, entre otros, de sus zonas de vida silvestre. Su rápido crecimiento y las redes compactas que forman sus raíces llegan a cubrir la lámina de agua impidiendo la penetración de luz. Un acre de Jacinto puede depositar hasta 500 toneladas de materia vegetal en un año. Estas deposiciones de materia orgánica contribuyen a que prevalezcan condiciones de anoxia. Además, junto con la capacidad de almacenamiento de sedimentos en sus raíces lleva a una disminución del calado del cuerpo de agua.

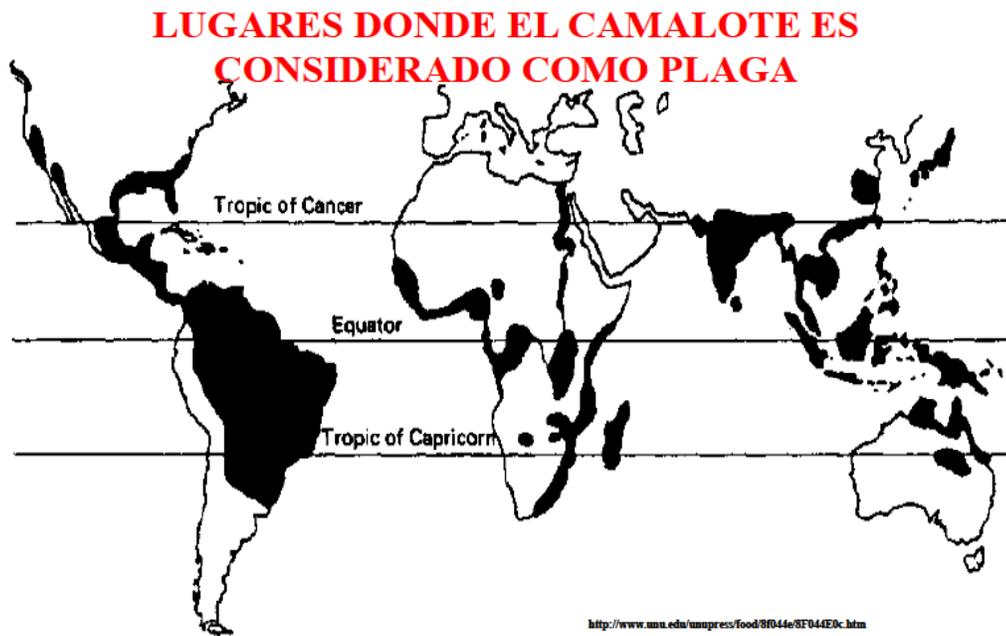
- **Impacto socioeconómico**

Su colonización agresiva de los cursos fluviales impide los usos recreativos, comerciales y turísticos, entre los que se podrían mencionar la navegación, los deportes náuticos y la pesca (ya sea de subsistencia o deportiva). Las zonas modificadas artificialmente son más susceptibles al ataque de esta plaga.

Pone en riesgo a las personas que viven cerca de estos cuerpos de agua debido a la procreación de mosquitos y los vectores de enfermedades que allí se originan (GEIB, 2006).

**Figura N° 2**

**Lugares donde el Jacinto de agua es considerado como plaga**





## **2.1 Características generales de la cuenca del río Tolomosa**

El relieve montañoso de la cuenca varía de 4.614 msnm en la cima del cerro Negro del Chiquiro hasta los 1.884 msnm del embalse de San Jacinto, determinando un gradiente latitudinal de 2.730 m que influye en los procesos geomorfológicos y climáticos, en la tipología de la vegetación y calidad de los suelos.

En las serranías del sector oeste, el clima es frío y húmedo, con precipitaciones medias anuales del orden de 800 a 1.200 msnm. En el sector noroeste y sector central, el clima es frío subhúmedo con precipitaciones de 800 a 1.000 mm y el sector Este presenta un clima templado semiárido con precipitaciones medias de 700 a 800 mm y una temperatura media anual de 7 a 16,5° C (ZONISIG,2000).

La cuenca se localiza en la cordillera oriental, con un paisaje de montaña estructural alta con orientación norte-sur con un relieve muy disectado, presentando además paisajes de serranías y colinas bajas denudativas moderadamente disectadas a muy disectadas, llanura de piedemonte con valles estrechos, abanicos y terrazas ligeramente inclinadas a muy inclinadas. La llanura fluvio-lacustre conformada por terrazas moderadamente disectadas a muy disectadas representa el 25% de la superficie de la cuenca.

Todo el paisaje montañoso es parte de la Reserva Biológica Cordillera de Sama, situación que facilita las acciones de protección y conservación, del agua, la biodiversidad y los recursos naturales en general.

La red de drenaje es de moderada a densa, conformando varias subcuencas con recursos hídricos superficiales importantes y de calidad que alimentan el embalse de San Jacinto.

La ubicación y característica de la cuenca favorecen la presencia de diferentes especies vegetales. De acuerdo con Cabrera (1971), la vegetación de la cuenca del río Tolomosa forma parte de los dominios fitogeográficos Andinos, Chaqueño y Amazónicos provenientes de la selva tucumano-boliviana.

La fauna silvestre en la cuenca se caracteriza por la presencia de mamíferos, entre ellos, el venado andino (*Hippocamelus antisensis*), vicuña (*Vicugna vicugna*),

viscaha (*Lagidium viscaccia*), gato andino (*Felis jacobita*), zorro (*Pseudalopex culpaeus*), puma (*Puma concolor*), y otros menores. La fauna avícola esta constituida por el condor de los andes (*Vultur griphus*), parina (*Phoenicopterus chilensis*), pepitero colorado (*Saltador rufiventris*) y otras especies.

## **2.2 Aspectos físico naturales**

El área se caracteriza por la deposición de sedimentos fluvio glaciares y morreicos en las zonas altas, sedimentos coluvio- aluviales en las partes bajas por arrastre desde los relieves más altos. Existen inclusiones de llanuras aluviales, depresiones, terrazas y bofedales. El pie de monte está constituido por materiales coluvio- aluviales, con texturas de franco arcillo arenosas a franco limosas con cantidad de fragmentos gruesos. Las llanuras presentan depósitos fluvio lacustres, aluviales y fluvio glaciares. Las pendientes varían de 0% a 10%, sin afloramientos rocosos, escasa pedregosidad superficial. Constituidas por materiales no consolidados de origen sedimentario como arcillas y limos con escaso material grueso. Inibreh Tarija 2007.

## **2.3 Clima**

El clima de la cuenca del río Tolomosa es templado a sub húmedo. La lluvia se presenta de enero a marzo siendo casi nulas de mayo a septiembre. La precipitación presenta diferencias dependiendo de su ubicación respecto a la cordillera de Sama pero se tiene una media anual de 1031mm de altura de precipitación.

El periodo seco es de mayo a septiembre, los caudales mínimos se presentan en septiembre y octubre. La temperatura media anual es de 18° C en las partes bajas de la llanura y de 13° C en la parte media de la serranía, la ocurrencia de heladas va desde los meses de abril a septiembre, el granizo se presenta septiembre y diciembre. Inibreh 2007.

## **2.4 Suelo**

Los suelos de esta área se han originado a partir de deposiciones sucesivas de sedimentos aluviales recientes, cuya mineralogía se debe a las transformaciones de

los depósitos aluviales antiguos y muy antiguos, diferentes en origen, edad y composición mineralógica.

Cuarzo y filosilicatos son la mineralogía dominante, acompañada de feldespatos. Los filosilicatos están constituidos fundamentalmente por illita y esmectita, con proporciones variables de caolinita (ésta última, a veces, ausente). Inibreh 2007.

## **2.5 Relieve y altitud**

El relieve es montañoso de la cuenca varía de 4614 msnm en la cima del cerro Negro del Chiquiro hasta los 1884 msnm del embalse San Jacinto, determinando un gradiente altitudinal de 2.730 m. Inibreh 2007.

## **2.6 Red de drenaje**

La red de drenaje es moderada a densa conformando varias subcuencas con recursos hídricos superficiales importantes y de calidad que alimentan al embalse San Jacinto.

## **2.7 Vegetación natural**

La ubicación y características de la cuenca de Tolomosa, favorecen la presencia de diferentes especies vegetales. De acuerdo con Cabrera (1971), la vegetación de la cuenca de Tolomosa forma parte de la formación fitogeográfica andino chaqueño de la parte superior de la formación tucumano-boliviano. Las partes altas están representados por el género de *Polylepis* que se presentan dispersas en cañones y valles formando pequeños bosques. *Eupatorium* y *baccharin* formando arbustales de diferente cobertura en laderas. Además pajonales de los géneros *Deyuxia*, *Eliuxia*, *Elyunorus*, *Estipa* y *Aristida*.

Además están presentes los géneros *Alnus*, *Podocarpus* y varias especies arbustivas Mirtaceas, formando parte de los bosques húmedos nublados montanos a partir de los 2050 msnm. En el pie de monte y llanuras se caracterizan los géneros de *acacia*, *prosopis* formando matorrales con algunos árboles emergentes de la zona del valle.

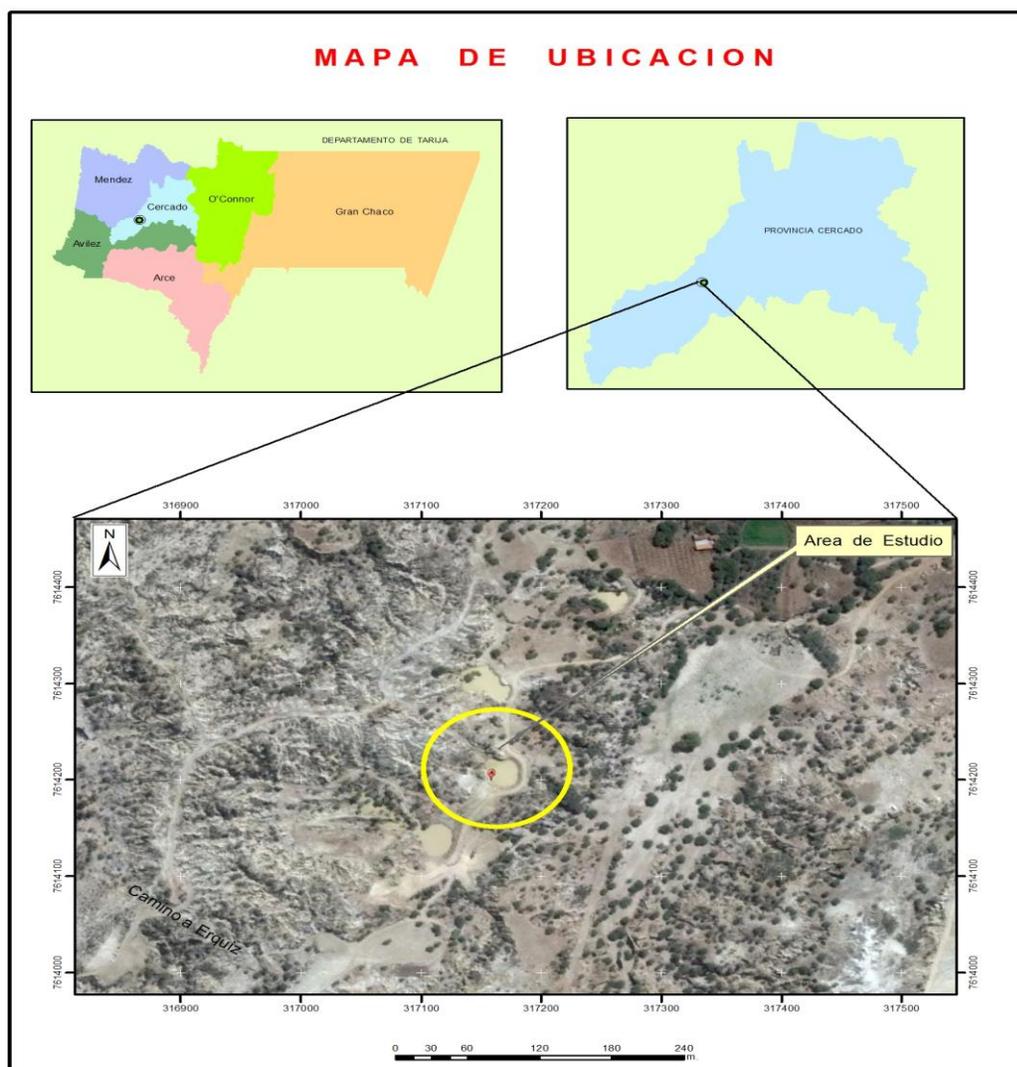
## 2.8 Medio económico social

La zona donde se realizara el trabajo tiene la vocación netamente agropecuaria, la actividad económica gira en torno a este rubro. La actividad agrícola y ganadera en menor proporción es el principal sustento de las familias del lugar y de la generación de ingresos económicos.

## 2.9 Zona de muestreo

Figura N° 4

### Ubicación de la zona de muestreo



**2.9.1 Superficie y población.-** Con una superficie de 1.101 ha. es la más pequeña de las subcuencas, se ubica en el extremo Norte de la cuenca. Tablada Grande tienen un total de 1.353 habitantes.

**2.9.2 Hidrológica.-** La quebrada la Tablada con una longitud de cauce de 10.790 m de longitud y una pendiente de 5 %, tiene un régimen estacional, es decir, que solo en verano tiene caudal, desemboca directamente al Embalse San Jacinto.

**2.9.3 Paisaje.-** Cerca del 80 % de la subcuenca corresponde a paisajes de valle, con predominio de terrazas fluvio-lacustres y aluviales, el resto corresponde a laderas en cuarcitas, areniscas y conglomerados.

**2.9.4 Pendiente y erosión.-** Predomina el relieve moderadamente escarpado (15 a 30 % de pendiente) a inclinado (5 a 10%). El 60 % del territorio de la subcuenca está afectado por erosión extrema en forma de cárcavas, hundimientos, formación de agujeros y túneles (sufusión), socabamientos y desplomes que coincide con el paisaje de terrazas fluvio-lacustres muy disectadas; el resto del paisaje está afectado por erosión moderada en forma laminar, surcos, algunas cárcavas y movimientos en masa lentos (terrasetas).

**2.9.5 Vegetación.-** La vegetación dominante que cubre aproximadamente el 52% (575 ha) de la subcuenca, es una formación de matorral ralo a semidenso, xeromórfico mayormente espinoso, montano en terrazas fluvio-lacustres, luego están las áreas antrópicas donde se practica agricultura a secano, en las llanuras fluvio-lacustres, además de vegetación herbácea semidensa, graminoide baja, con sinusia arbustiva.

**2.9.6 Uso de la tierra.-** Predomina el pastoreo extensivo tanto en matorral xeromórfico de sustitución con ganado mixto (41 % del territorio) como en tierras agrícolas con cultivos dispersos y pastizales en el resto de la subcuenca.

**Datos generales de la zona de muestreo y datos de inicio de estudio**

**CUADRO N° 2**

<b>Información general de la zona de estudio</b>				
<b>Lugar</b>	Cuenca del Río Tolomosa			
<b>Zona</b>	Tablada Grande			
<b>Coordenadas</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>Perímetro</b>	<b>Área</b>
	317160	7614203	98 m/l	<b>764,40 m<sup>2</sup></b>

Fuente: Elaboración propia

## CAPÍTULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 MATERIALES

Para la ejecución y el cumplimiento de los objetivos trazados en el presente trabajo, se recurrió al uso de material biológico, de laboratorio, como también de herramientas, instrumentos y otros que faciliten la toma de muestras. Los materiales utilizados se agrupan en cuatro partes que son:

- Material Biológico
- Material de Gabinete
- Material de Campo
- Materiales de apoyo de Laboratorio

##### 3.1.1 Material biológico

Consiste en el elemento base, el cual será sometido al proceso de investigación, introducido en la cuenca del Río Tolomosa (Tablada Grande) para ser evaluada.

El material biológico utilizado en el desarrollo del presente trabajo es la especie Jacinto de agua, Camalote, o Lechuguín, (*Eichhornia Crassipes*)

##### 3.1.2 Material de gabinete

Los materiales a utilizar en esta etapa son los que a continuación se detallan:

- ❖ Un equipo de computación
- ❖ Calculadora
- ❖ Planilla de datos

### 3.1.3 Material de campo

- ❖ Embaces para recolección de muestras
- ❖ Marco Flotante
- ❖ Balanza
- ❖ Metro
- ❖ Termómetro
- ❖ Cámara fotográfica
- ❖ GPS

### 3.1.4. Material de apoyo de laboratorio

Para este punto los materiales de apoyo necesarios, se encontraran a disposición en el laboratorio que cuenta las instalaciones del SEDES TARIJA, en el caso de análisis de agua, para la determinación de sedimentos se los realizo el análisis en el laboratorio que cuenta el (SEDAG), Tarija.

## 3.2 MÉTODOS

### 3.2.1 DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DE *Eichhornia crassipes* SOBRE LAS PARTÍCULAS EN SUSPENSIÓN (SEDIMENTOS) Y NUTRIENTES EN LOS CUERPOS DE AGUA.

Primeramente se recurrió a realizar una evaluación del estado en el que se encontraba actualmente el área de estudio (atajado), identificando todas sus cualidades, tanto la evaluación de sus propiedades físicas, químicas, y vegetales, con la que presentaba actualmente, y mediante esta información se obtuvo una base de inicio para luego realizar las acciones que se requería determinar.

Cuadro N° 3

**Parámetros seleccionados para la evaluación de la absorción de sedimentos y nutrientes**

PARÁMETROS QUÍMICOS	PARÁMETROS FÍSICOS
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ <b>FOSFORO DISUELTO</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• FOSFATOS (<math>PO_4^{-3}</math>)</li> </ul> </li> <li><b>POTASIO DISUELTO</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• (<math>K^{-1}</math>)</li> </ul> </li> <li>➤ <b>NITROGENO DISUELTO</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• NITRATOS(<math>NO_3^{-}</math>)</li> <li>• NITRITOS(<math>NO_3^{-}</math>)</li> </ul> </li> <li>➤ <b>PH</b></li> <li>➤ <b>OXÍGENO DISUELTO</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ <b>TEMPERATURA</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• T° H2O</li> <li>• T° AMBIENTE</li> </ul> </li> <li>➤ <b>PARTICULAS EN SUSPENSION (SEDIMENTOS)</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ARENA</li> <li>• ARCILLA</li> <li>• LIMO</li> </ul> </li> <li>➤ <b>TURBIEDAD UNTO FOU</b></li> <li>➤ <b>PRODUCCIÓN</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• NUMERO DE BULBOS</li> <li>• PESO INICIAL Y FINAL</li> </ul> </li> </ul>

**Elaboración propia**

Cuadro N° 4

**Resumen de los parámetros Físico - Químicos**

PARÁMETROS QUÍMICOS		
Parámetros	Métodos de medición	Parámetros
<b>Fosforo Disuelto</b>	DR/859 Colorímetro	mg/l
<b>Nitrógeno disuelto</b>	DR/859 Colorímetro	mg/l
<b>Potasio disuelto</b>	Espectrofotometría de Absorción Atómica	mg/l
<b>PH</b>	DR/859 Colorímetro	-

<b>PARAMETROS FISICOS</b>		
<b>Parámetros</b>	<b>Métodos de medición</b>	<b>Parámetros</b>
<b>Temperatura</b>	<b>°F</b>	<b>°C</b>
<b>Partículas en suspensión (sedimentos)</b>	Físico - Químico	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Coagulación</li> <li>• Coadyuvacion</li> <li>• Floculación.</li> </ul>
<b>Turbiedad</b>	<b>DR/859 Colorímetro</b>	UNT ò FOU
<b>Oxígeno disuelto</b>	<b>T°C°/msnm</b>	La presión en milímetros y pulgadas Hg
<b>Biomasa</b>	<b>Kg</b>	Sup./m <sup>2</sup>

Elaboración propia

### 3.2.1.1 Procedimiento de mediciones de muestreo de los parámetros Físicos - Químicos

- **Características del agua:**

a) **Características físicas:** Son las propiedades que se pueden ver, sentir u oler. Por ejemplo: la turbiedad, el color, la temperatura, el olor y el sabor. El agua para consumo humano debe ser transparente, incolora y sin sedimentos. Tampoco debe tener sabor ni olor y debe ser fresca al paladar.

- **Temperatura**

Según Caicedo (2003) son plantas que crecen en un alto rango de condiciones ambientales, que soportan grandes cambios de temperatura y altas concentraciones de nutrientes y además son resistentes a pestes y sequías extremas. Toma los nutrientes por la fronda y la raíz lo que la convierte en una planta muy eficiente. Se la ha catalogado también como especie que soporta variaciones fuertes de temperatura y pH; su contenido es muy alto en proteínas con un 86 al 97%.

La temperatura es indispensable en el desarrollo de esta planta y en la mayoría de especies acuáticas pues de este parámetro dependen una serie de procesos que ayudan

en su desarrollo, como fotosíntesis, asimilación de nutrientes, respiración, y otros procesos físicos, como permeabilidad, difusión de elementos.

Es importante, ya que muchos de los sistemas de tratamiento de aguas incluyen procesos biológicos que dependen de la temperatura, esta influye de forma muy significativa en las especies acuáticas influyendo en su metabolismo, productividad primaria, respiración y descomposición de materia orgánica. Puede también influir en las velocidades de las reacciones químicas, en los usos del agua y en la vida de la flora y la fauna acuática, puede provocar la coagulación de las proteínas de la materia orgánica y aumentar la toxicidad de algunas sustancias.

#### ➤ **Turbiedad**

Es la propiedad que tiene el agua de impedir el paso de la luz. Se debe a la presencia de partículas sólidas orgánicas e inorgánicas, tan pequeñas que no tienen el peso suficiente para sedimentar por acción de la gravedad, tales como arcillas, limos y colonias de bacterias. Estas partículas se denominan coloides y deben ser removidas del agua mediante la sedimentación, filtración y la desinfección, dado que pueden cubrir a las bacterias y otros microorganismos, impidiendo su destrucción. La turbiedad se determina en un turbidímetro y se expresa en UNT o Unidades Nefelométricas de Turbiedad.

#### ➤ **Sólidos**

Muchas sustancias sólidas pueden ser incorporadas al agua, disolviéndose o permaneciendo en suspensión y alterando sus características. Los sólidos suspendidos pueden ser sedimentables como las arenas o no sedimentables como las arcillas y los limos.

La especie *E. crassipes* Gracias a su extenso sistema de raíces tiene excelente poder de filtración y capacidad de absorber impurezas y contaminantes como el Ni, Cd, Pb, Hg, Cr, Cu, fenoles y otros.

**b) Características químicas:** Estas características se deben a las diversas sustancias químicas disueltas en el agua. Es importante conocerlas características químicas del agua, para escoger el tratamiento más adecuado y las sustancias requeridas para tratarla y hacerla apta para el consumo humano.

➤ **El pH**

Es una de las propiedades químicas del agua muy importantes para decidir el tratamiento más adecuado. También deben controlarse para evitar corrosión e incrustaciones en las redes y accesorios.

Algunas sustancias químicas presentase el agua, bien sea en forma natural como el arsénico, el flúor y el manganeso, o agregadas por actividades del hombre, como los nitratos, los metales pesados y los pesticidas, pueden ser nocivas para la salud humana y deben ser removidas antes de utilizar el agua para consumo humano. (Colombia 2006.)

El término **pH** es usado universalmente para determinar si una solución es ácida o básica, es la forma de medir la concentración de iones hidrógeno en una disolución. La escala de pH contiene una serie de números que varían de 0 a 14, esos valores miden el grado de acidez o basicidad de una solución. Los valores inferiores a 7 y próximos a cero indican aumento acidez, los que son mayores de 7 y próximos a 14 indican aumento de basicidad, mientras que cuando el valor es 7 indican neutralidad.

Para Rodier (1986), el **pH óptimo** de las aguas debe estar entre 6.5 y 8.5 es decir, entre neutra y ligeramente alcalina, el máximo aceptado es 9 donde relativamente existe la mayor parte de la vida biológica. Las aguas residuales con valores de pH menores a 5 y superiores a 9 son de difícil tratamiento mediante procesos biológicos, si el pH del agua residual tratada no es ajustado antes de ser vertido, el pH de la fuente receptora puede ser alterado; por ello, la mayoría de los efluentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales deben ser descargados dentro de límites específicos de pH.

➤ **La presencia oxígeno disuelto**

En el agua es indispensable para la vida de peces y otros seres acuáticos, el problema es la baja solubilidad de este gas en el agua, además la cantidad de oxígeno en el agua depende de las condiciones ambientales, ya que su cantidad aumenta al disminuir la temperatura o aumentar la presión.

Los desperdicios orgánicos que se encuentran en el agua son descompuestos por microorganismos que usan el oxígeno para su respiración, esto quiere decir que cuanto mayor es la cantidad de materia orgánica, mayor es el número de microorganismos y por tanto mayor consumo de oxígeno.

En muchas ocasiones esta falta de oxígeno es la causa de la muerte de peces y otros animales acuáticos más que la existencia de los compuestos tóxicos.

• **Metodología de la muestra para oxígeno disuelto**

Tabla 2 enumera los mg/L disueltos de oxígeno en agua a saturación por diversas Temperaturas y presiones atmosféricas.

La muestra fue formulada en un laboratorio usando agua pura. Los valores indicados son sólo aproximaciones para estimar el contenido de oxígeno de un cuerpo especial de las aguas superficiales.

**Tabla N° 2**  
**TABLA PARA LA DETERMINACIÓN DE OXIGENO DISUELTOS**  
**SATURADOS EN EL AGUA**

		La presión en milímetros y pulgadas Hg							
		msnm							
		775	760	750	725	700	675	650	625
Temperatura									
°F	°C	30.51	29.92	29.53	28.45	27.56	26.57	25.59	24.61
<b>32.0</b>	<b>0</b>	14.9	14.6	14.4	13.9	13.5	12.9	12.5	12.0
<b>33.8</b>	<b>1</b>	14.5	14.2	14.1	13.6	13.1	12.6	12.2	11.7
<b>35.6</b>	<b>2</b>	14.1	13.9	13.7	13.2	12.9	12.3	11.8	11.4
<b>37.4</b>	<b>3</b>	13.8	13.5	13.3	12.9	12.4	12.0	11.5	11.1
<b>39.2</b>	<b>4</b>	13.4	13.3	13.0	12.5	12.1	11.7	11.2	10.8
<b>41.0</b>	<b>5</b>	13.1	12.8	12.6	12.2	11.8	11.4	10.9	10.5
<b>42.8</b>	<b>6</b>	12.7	12.5	12.3	11.9	11.5	11.1	10.7	10.3
<b>44.6</b>	<b>7</b>	12.4	12.2	12.0	11.6	11.2	10.8	10.4	10.0
<b>46.4</b>	<b>8</b>	12.1	12.0	11.7	11.3	10.9	10.5	10.1	9.8
<b>48.2</b>	<b>9</b>	11.8	11.6	11.5	11.1	10.7	10.3	9.9	9.5
<b>50.0</b>	<b>10</b>	11.6	11.3	11.2	10.8	10.4	10.1	9.7	9.3
<b>51.8</b>	<b>11</b>	11.3	11.1	10.9	10.6	10.2	9.8	9.5	9.1
<b>53.6</b>	<b>12</b>	11.1	11.0	10.7	10.3	10.0	9.6	9.2	8.9
<b>55.4</b>	<b>13</b>	10.8	10.6	10.5	10.1	9.8	9.4	9.1	8.7
<b>57.2</b>	<b>14</b>	10.6	10.4	10.2	9.9	9.5	9.2	8.9	8.5
<b>59.0</b>	<b>15</b>	10.4	10.2	10.0	9.7	9.3	9.0	8.7	8.3
<b>60.8</b>	<b>16</b>	10.1	9.9	9.8	9.5	9.1	8.8	8.5	8.1
<b>62.6</b>	<b>17</b>	9.9	9.7	9.6	9.3	9.0	8.6	8.3	8.0
<b>64.4</b>	<b>18</b>	9.7	9.5	9.4	9.1	8.8	8.4	8.1	7.8
<b>66.2</b>	<b>19</b>	9.5	9.3	9.2	8.9	8.6	8.3	8.0	7.6

<b>68.0</b>	<b>20</b>	9.3	9.2	9.1	8.7	8.4	8.1	7.8	7.5
<b>69.8</b>	<b>21</b>	9.2	9.0	8.9	8.6	8.3	8.0	7.7	7.4
<b>71.6</b>	<b>22</b>	9.0	9.8	8.7	8.4	8.1	7.8	7.5	7.2
<b>73.4</b>	<b>23</b>	8.8	8.7	8.5	8.2	8.0	7.7	7.4	7.1
<b>75.2</b>	<b>24</b>	8.7	8.5	8.4	8.1	7.8	7.5	7.2	7.0
<b>77.0</b>	<b>25</b>	8.5	8.4	8.3	8.0	7.7	7.4	7.1	6.8
<b>78.8</b>	<b>26</b>	8.4	8.2	8.1	7.8	7.6	7.3	7.0	6.7
<b>80.6</b>	<b>27</b>	8.2	8.1	8.0	7.7	7.4	7.1	6.9	6.6
<b>82.4</b>	<b>28</b>	8.1	7.9	7.8	7.6	7.3	7.0	6.7	6.5
<b>84.2</b>	<b>29</b>	7.9	7.8	7.7	7.4	7.2	6.9	6.6	6.4
<b>86.0</b>	<b>30</b>	7.8	7.7	7.6	7.3	7.0	6.8	6.5	6.2
<b>87.8</b>	<b>31</b>	7.7	7.5	7.4	7.2	6.9	6.7	6.4	6.1
<b>89.6</b>	<b>32</b>	7.6	7.4	7.3	7.0	6.8	6.6	6.3	6.0
<b>91.4</b>	<b>33</b>	7.4	7.3	7.2	6.9	6.7	6.4	6.2	5.9
<b>93.2</b>	<b>34</b>	7.3	7.2	7.1	6.8	6.6	6.3	6.1	5.8
<b>95.0</b>	<b>35</b>	7.2	7.1	7.0	6.7	6.5	6.2	6.0	5.7
<b>96.8</b>	<b>36</b>	7.1	7.0	6.9	6.6	6.4	6.1	5.9	5.6
<b>98.6</b>	<b>37</b>	7.0	6.8	6.7	6.5	6.3	6.0	5.8	5.6
<b>100.4</b>	<b>38</b>	6.9	6.7	6.6	6.4	6.2	5.9	5.7	5.5
<b>102.2</b>	<b>39</b>	6.8	6.6	6.5	6.3	6.1	5.8	5.6	5.4
<b>104.0</b>	<b>40</b>	6.7	6.5	6.4	6.2	6.0	5.7	5.5	5.3

c) **Características vegetales.-** Poder identificar cualquier otro tipo de especie que no tenga relación a la que va ser estudiada, identificar si en el predio de estudio cuenta con algún otro tipo de especie vegetal acuática, para tomarla en cuenta y definir si tiene influencia o no su presencia en el predio de estudio.

### **3.2.1.2 Obtención de las Muestras (de Nutrientes y Sedimentos MS) para el análisis en Laboratorio**

Luego de haber realizado un análisis preliminar para revelar el grado de propiedades físicas, químicas y vegetales, en la que se encuentra el área de estudio se procedió a la toma de muestras que se las realizo en un periodo de quince días, durante cuatro meses obteniendo un total de 8 muestras. Las muestras que se obtuvo se las llevó a ser analizadas en laboratorio, ubicado en las instalaciones de la institución de SEDES TARIJA. En el caso de análisis de agua y de los sedimentos se los realizo el análisis en el laboratorio que cuenta el (SEDAG), con la finalidad de observar la variación en el tiempo de los parámetros estimados, e identificar la calidad de agua con la que presentaba desde el inicio de haber obtenido la misma. Estas pruebas no solamente consideraron en hallar la capacidad de la especie acuática de absorción, sino apreciar quincenalmente cómo se produjo una variación del estado en la que se encontraba el agua del área de estudio (atajado) inicialmente hasta finalizar el estudio.

Las mediciones que se realizaron tanto de absorción de nutrientes (Nitrógeno Disuelto, Fósforo Disuelto, Potasio Disuelto), como sedimentos (partículas en suspensión), las cuales se midieron con el fin de estudiar la absorción porcentual, y poder observar mediante graficas la variación de los diversos parámetros en el tiempo de funcionamiento del estudio.

### **3.2.2 DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DE NUTRIENTES.**

a) **Determinación de la presencia de Nitrógeno Disuelto, (en forma de NITRATOS  $\text{NO}_3^-$  Y NITRITOS  $\text{NO}_2^-$ ) se la realizo aplicando el método de DR/859 Colorímetro.**

b) **Determinación de la presencia de Fósforo Disuelto, (en formas de FOSFATOS  $\text{PO}_4^{3-}$ ), se la realizo aplicando el método DR/859 Colorímetro.**

- **Técnicas de dilución de la muestra utilizando el método DR/859**

**Colorímetro para (Nitratos  $\text{NO}_3^-$ , Nitritos  $\text{NO}_2^-$ , Fosfatos  $\text{PO}_4^{3-}$ ).**

Los volúmenes utilizados son de 10 y 25 ml, para la mayoría de las pruebas colorimétricas. Sin embargo, en algunos ensayos, el color desarrollado en la muestra puede ser demasiado intenso a medir. Colores inesperados pueden desarrollarse en otras pruebas. En ambos casos, diluye la muestra para determinar si las sustancias son interferentes.

Para diluir la muestra fácilmente, pipetear la porción de muestra elegida en un cilindro limpio (o matraz aforado para un trabajo más preciso) graduado. Llene el cilindro (o frasco) con el volumen deseado con agua desionizada. Mezclar bien. Utilice la muestra diluida cuando se desee ejecutar la prueba.

Para ayudar con diluciones, la Tabla N° 3 muestra la cantidad de muestra usada, la cantidad de agua desionizada, utilizada para llevar el volumen hasta 25 ml y el factor multiplicador.

Más diluciones precisas se pueden hacer con una pipeta y un matraz aforado de 100 ml. Pipetear la muestra y diluir a volumen con agua desionizada. Agitar para mezclar.

**Tabla N° 3**

**Tabla de Volúmenes de dilución**

<b>Muestra Volumen (ml)</b>	<b>Agua desionizada ml utiliza para llevar el volumen a 25 ml</b>	<b>Multiplicación por el factor</b>
25,0	0,0	1
12,5	12,5	2
10,0 <sup>1</sup>	15,0	2,5
5,0 <sup>1</sup>	20,0	5
2,5 <sup>1</sup>	22,5	10
1,0 <sup>1</sup>	24,0	25
0,250 <sup>1</sup>	24,75	100

Para tamaños de muestra de 10 ml o menos, usar una pipeta, para realizar una medición adecuada es sencillo en un cilindro volumétrico o graduado.

**c) Determinación de la presencia de Potasio Disuelto, se la realiza aplicando el método de Espectrofotometría de Absorción Atómica.**

Aunque éste es realmente un método de absorción, se incluye en la espectroscopia de emisión debido a su semejanza a la fotometría de llama.

La ventaja de la espectrofotometría de absorción atómica es que es bastante específica para muchos elementos. La absorción depende de la presencia de átomos libres no excitados en la llama, que están presentes en más abundancia que los átomos excitados. Por tanto, algunos elementos como el zinc y el magnesio, que no son fácilmente excitados por la llama y, en consecuencia, los resultados con el fotómetro de llama son deficientes, se pueden medir fácilmente por el método de absorción atómica.

Se pueden determinar cantidades traza de potasio por fotometría de emisión de llama a las longitudes de onda de 589.0 y 766.5 nm, respectivamente. Se pulveriza la muestra en una llama aire-acetileno y la excitación se realiza en condiciones controladas y reproducibles

Este método se basa en que cuando una muestra de agua dispersa en pequeñas gotas, se pulverizan sobre las llamas de un mechero quemador, los átomos o radiales producidos en el proceso de disociación son excitados por medio de la energía térmica de la llama pasando a niveles superiores de energía.

El retorno del estado fundamental es inmediato y va acompañado de la emisión de radiación de frecuencia característica del elemento a determinar y cuya intensidad es función de su concentración. Las medidas de la radiación deben realizarse a 765 nm. para el potasio.

### **3.2.3 DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DE SEDIMENTOS (PARTÍCULAS EN SUSPENSIÓN), MEDIANTE EL MÉTODO FÍSICO - QUÍMICO**

La Partículas en suspensión se separa por tratamientos físico-químicos, variantes de la sedimentación y filtración.

El tratamiento físico-químico puede constituir una única etapa dentro del tratamiento del agua o bien puede interponerse como proceso de depuración complementario entre el pre tratamiento y el tratamiento biológico.

En cualquiera de los dos casos, el vertido procedente del pre tratamiento es sometido a las distintas fases de depuración físico-químicas:

- Coagulación
- Coadyuvacion
- Floculación.

El proceso de **coagulación** se efectúa en un sistema que permita una mezcla rápida y homogénea del producto coagulante con el agua residual, llamado mezclador rápido o coagulador. Consiste en una cámara de mezcla provista de un sistema de agitación que puede ser del tipo de hélice o turbina.

El tiempo de retención es de 0,3 a 5 minutos.

**El reactivo** (coagulante) se almacena en un depósito específico que puede ser de material diverso como PRFV, polietileno, metálico con imprimación, etc.

**El coagulante** debe ser dosificado al vertido en forma de disolución; a una concentración determinada. En algunos casos, el reactivo se recibe en la planta disuelta y se almacena en los depósitos. Otras veces se recibe en estado sólido, en cuyo caso, el tanque utilizado para su almacenamiento debe estar provisto de un sistema de agitación para la preparación de la disolución.

La **coadyuvación** tiene como finalidad llevar el vertido a un pH óptimo para ser tratado. Para ello se utilizan ciertos productos químicos llamados coadyuvantes o ayudantes de coagulación.

Como en el caso del coagulante, el coadyuvante se prepara en un dispositivo aparte provisto de un sistema de agitación. Igualmente, para la adición del reactivo al agua residual se emplea una bomba dosificadora.

El vertido, una vez coagulado, pasara a la siguiente etapa, denominada **floculación**. En dicha etapa, se le añade al agua un producto químico llamado floculante (polielectrolito), cuya función fundamental es favorecer la agregación de las partículas individuales o floculos formados durante la coagulación. Se originan floculos de mayor tamaño, los cuales, debido a su aumento de peso, decantarán en la última etapa del tratamiento físico-químico.

**La floculación** puede tener lugar en un floculador separado o bien en el interior de un decantador.

Los floculadores son depósitos provistos de sistemas de agitación que giran con relativa lentitud para no romper los flóculos formados durante la coagulación. El tiempo de retención en estos sistemas suele ser de 10 a 30 minutos.

#### **3.2.4 DETERMINACIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD DEL JACINTO DE AGUA EN LOS CUERPOS DE AGUA DE LA CUENCA DE TOLOMOSA**

Para determinación de la capacidad de producción se procedió a la siembra inicial de la especie Jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*), en el predio (atajado), introducidas en un **Marco flotante** con área de 2.81m<sup>2</sup>, el cual nos facilitó recolectar datos relacionados con el número de individuos, y peso de la biomasa, por **Kg./Sup./m<sup>2</sup>** obteniendo datos de información quincenalmente, durante cuatro meses obteniendo un total de 8 muestras.

Para la determinación de la tasa de productividad, en primer lugar se determinó, la diferencia obtenida entre la biomasa introducida al inicio y la biomasa obtenida durante todo el transcurso del estudio.

Las plantas recolectadas del sitio se lavaran alternadamente sumergiéndolas entre agua destilada, para eliminar todas las partículas adheridas a la planta. Por lo que la obtención de las partículas nos será de suma importancia ya que es lo que se va a determinar en el punto anterior.

Al finalizar la investigación el cual nos dio un desarrollo y peso determinado de la biomasa de la especie, con el fin de lograr una caracterización y modelación de la

planta *Eichhornia crassipes* y que a su vez permitió identificar y evaluar posibles causas y efectos en cuanto a su influencia en un cuerpo de agua en este caso atajado, mediante comparaciones realizadas en programas estadísticos y gráficos en este caso Microsoft Excel, nos permitió conocer datos comparativos de su capacidad de producción de la especie ya que es muy significativa durante un periodo corto.

### **3.2.5 DETERMINAR ACCIONES PREVENTIVAS Y CORRECTIVA EN LA PRODUCCIÓN DEL JACINTO DE AGUA EN LOS CUERPOS DE AGUA.**

El impacto que estas plantas causan en lagos y charcas si no se mantienen bajo control es muy grave, ya que pueden cubrir estas extensiones completamente, impidiendo que la luz del sol llegue a las plantas acuáticas nativas y agotando el oxígeno del agua.

Mediante la investigación se buscó los beneficios tanto de remediación y utilización de esta especie al tenerla presente en nuestro medio, ya que si no se tiene un manejo adecuado de la misma, se presenta como un problema tanto para la sociedad como para el medio ambiente.

Este estudio busca mejorar más la calidad tanto de efluente, lagos, atajados, aguas residuales, utilizando los beneficios de esta plantas acuáticas mediante el grado de influencia en absorción que se obtuvo de esta especie, por su capacidad de absorción tanto de sedimentos como de nutrientes, y al mismo tiempo su capacidad productiva en el medio acuático.

Se cree que el Jacinto de agua es la especie más eficiente en la absorción, como también remueve toxinas, tales como cianidas, un proceso que es de beneficio ambiental en las zonas que han sufrido las operaciones de minería.

Por la problemáticas que genera la especie el cual son esencialmente colonizadoras primarias de los ecosistemas acuáticos, como también puede llegar a provocar la eutrofización de las fuentes de agua, con la aplicación de este estudio se buscara soluciones de remediación referente a la repoblación que causa la especie

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4. RESULTADOS DE MEDICIÓN DE LOS PARÁMETROS FÍSICOS QUÍMICOS Y BIOLÓGICOS DE INVESTIGACIÓN

- **Características del agua:**

La remoción de nutrientes es de gran importancia, ya que su aumento en cuerpos de agua especialmente lagos y atajados, genera el fenómeno de eutrofización. El cual consiste en un enriquecimiento excesivo de los elementos nutritivos del agua, que da lugar a una serie de cambios sistemáticos indeseables, entre ellos la producción perjudicial de algas y otras plantas acuáticas, el deterioro de la calidad de agua, la aparición de malos olores y sabores desagradables y la muerte de peces en el cuerpo de agua. La floración excesiva de algas y plantas acuáticas es un fenómeno visible que puede complicar considerablemente la utilización y la calidad estética de los cuerpos de agua.

Las mediciones que se realizaron en la zona de muestreo se hicieron con la finalidad de observar las variaciones en el tiempo de los parámetros fijados en el proyecto de investigación, durante un periodo de 4 meses. Estas pruebas no solamente consistieron en hallar el porcentaje de absorción, sino apreciar el comportamiento del cuerpo de agua en presencia del *Eichhornia crassipes*.

Los análisis que se realizaron fueron de pH, Temperatura, turbiedad, oxígeno disuelto, Fosforo disuelto ( $\text{PO}_4^{-3}$ ), Nitrógeno disuelto (mediante Nitratos ( $\text{NO}_3^-$ ) y Nitritos ( $\text{NO}_2^-$ )), Potasio disuelto ( $\text{K}^+$ ), Partículas en suspensión (Sedimentos), las cuales se midieron en un periodo quincenal de muestreos, con el fin de investigar si la especie influye o no considerablemente, durante el tiempo de investigación. Las mediciones de nutrientes como el Nitrógeno disueltos, Fósforo disueltos, Potasio disueltos, y Partículas en suspensión (Sedimentos), fueron los objetivos a alcanzar en esta investigación. Los muestreos tomados se muestran en el Tabla N° 4.

Tabla N° 4

## OBSERVACIONES DE LAS VARIABLES FÍSICO, QUÍMICO EN LOS CUERPOS DE AGUA.

Atajado	Julio		Agosto		Septiembre		Octubre	
Días de muestreo	2		2		2		2	
Parámetros	Inicio	Fin	Inicio	Fin	Inicio	Fin	Inicio	Fin
<b>1.- PH</b>	8,7	8,7	7,19	7,06	7,67	6,20	6,91	6,86
<b>2.- Turbiedad</b>	7875	7550	7550	2525	1603	2525	1100	1100
<b>3.- Temperatura ° C</b>								
T °C Agua	12	8	12	18	25	16	21	23
T°C Ambiente	18	11	15	27	29	28	27	29
<b>4.- Oxígeno disuelto</b>								
Agua	10,5	11,5	10,5	9,5	7,7	9,8	8,9	8,6
<b>5.-Partículas en suspensión</b>								
Arena	11,00	6,00	13,50	11,00	29,15	21,00	28,50	32,90
Limo	43,00	48,00	38,00	43,00	34,00	40,50	30,50	27,20
Arcilla	46,00	46,00	48,50	46,00	36,85	38,50	41,00	39,90
<b>6.- Nitrógeno disueltos mg/l</b>								
Nitratos	6118,65	6118,75	87,5	78,5	11,5	96,8	1480	-
Nitritos	12,7	12,7	6,23	1,98	1,6	16,3	16	-
<b>7.- Fosforo disueltos mg/l</b>								
Fosfatos	27,75	25	5,5	21,75	1,25	27,75	22,5	-
<b>8.- Potasio disueltos mg/l</b>								
Potasio	1,80	1,92	1,58	1,10	0,85	0,77	0,90	0,89
<b>9.- Productividad</b>								
N° de Bulbos	348	340	480	603	740	1099	1979	2619
Desarrollo quincenal	-	140	123	137	359	880	640	635

Fuente: Elaboración Propia

#### 4.1 DETERMINACION DE LA CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DE *Eichhornia crassipes* SOBRE LAS PARTÍCULAS EN SUSPENSIÓN (SEDIMENTOS) Y NUTRIENTES EN LOS CUERPOS DE AGUA.

##### a) Características Físicas

##### ➤ Temperatura

Tabla N° 5

#### PROMEDIO DE TEMPERATURAS °C

Promedio Mensual					
Mes	Temperatura (°C) del muestreo			Temperatura (°C)	
	hora	T° ambiente	T° H2O	Mínima	Máxima
Julio	17:00	12°	18°	1,9°C	29°C
	14:00	8°	6°		
Agosto	10:00	12°	15°	5,8°C	29,6°C
	15:48	18°	27°		
Septiembre	15:15	29°	25°	11,6	31°C
	12:20	16°	28°		
Octubre	10:45	21°	27°	14,3° C	37°C
	15:55	23°	29°		

Fuente: Elaboración propia

La temperatura es considerada, uno de los parámetros de gran importancia ya que interviene en los todos los procesos biológicos y fisiológicos que se desempeñan en el desarrollo de la especie.

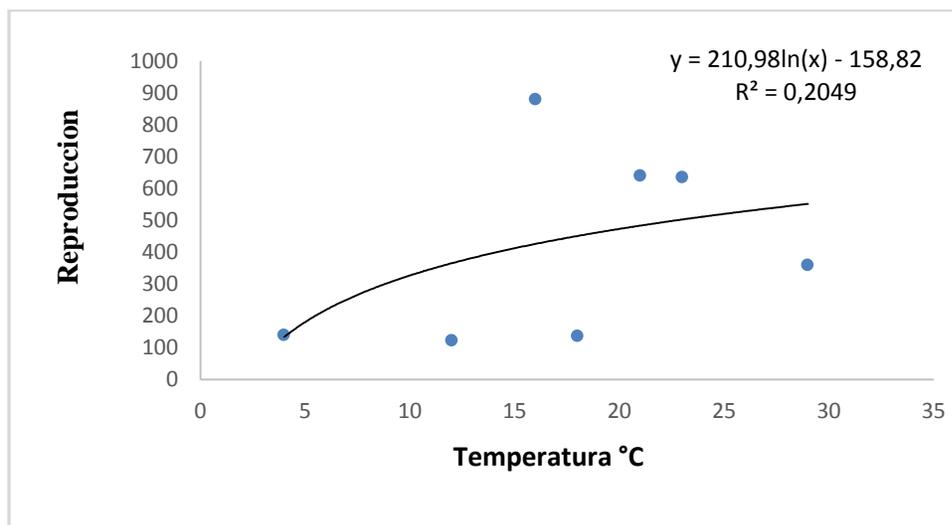
Este parámetro presentó variaciones disminuyendo a lo largo de los meses desde julio hasta octubre. En la cual durante estos periodos de muestreo se presentó un máximo de 29°C, y un mínimo de 6°C, la temperatura influyo considerablemente tanto en la especie como en el comportamiento de los cuerpos de agua, beneficiando las altas temperatura en la asimilación de estos en pro de la especie.

**Según (Burton, 2005).** Aunque *E. crassipes* tolera una amplia gama de condiciones para su crecimiento, no tolera los cambios climáticos extremos ni las heladas.

La investigación realizada, nos afirma la definición que plantea Burton 2005, el cual se comprobó, que la especie *E. crassipes* paso por un periodo de adaptación inestable a causas de las bajas temperaturas que se presentaron en las primeras fechas de muestreo.

**Gráfico N° 1**

**Relación de la temperatura con la productividad**



Se aprecia en la Gráfico N°1, la *Eichhornia crassipes*, alcanza un desarrollo óptimo a los 16°C, interpretándose como la temperatura optima, mientras incrementa la temperatura, la producción tiende a ascender relativamente.

La temperatura es un medio del cual dependió el comportamiento y desarrollo de la especie, como de los cuerpos de agua, en los primeros meses de muestreo se presentaron bajas temperaturas, por lo cual se observó en el desarrollo de adaptación de la planta acuática que la especie no tolero las bajas temperaturas presentándose hasta un 1,9 °C, dificultando el desarrollo óptimo tanto de adaptación y reproducción por parte del Jacinto de agua, a medida que se presentaron las temperaturas altas, la planta acuática manifestó paulatinamente su desarrollo normal.

➤ **TURBIEDAD:**

**Tabla N° 6**

**Turbiedad en unidad esferometría (UNT ò FOU)**

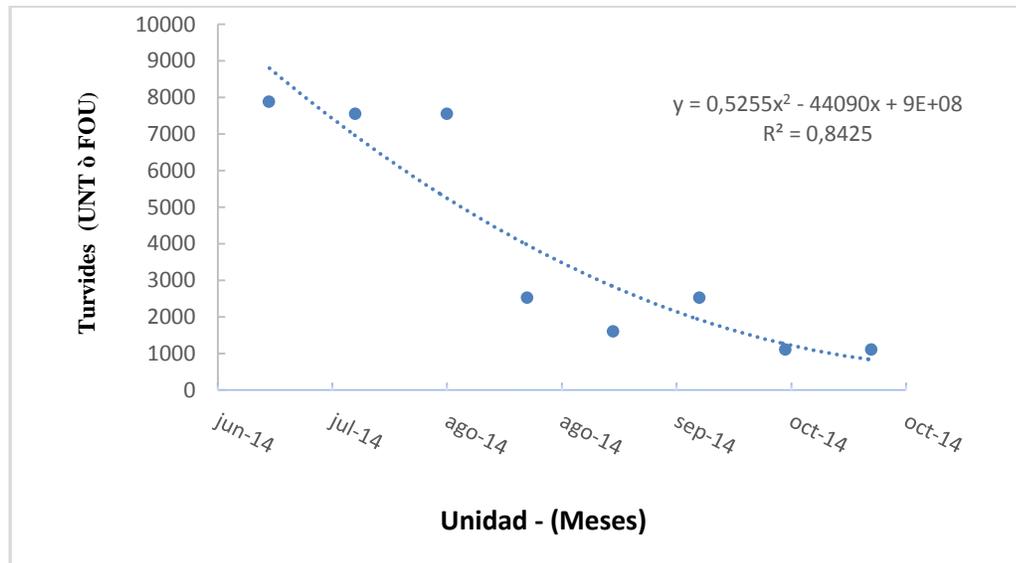
<b>Muestra</b>		<b>Turbiedad UNT ò FOU</b>	
<b>#</b>	<b>Fecha</b>	<b>Hora</b>	<b>Prom.</b>
<b>1</b>	<b>09/07/2014</b>	17:00	7875
<b>2</b>	<b>24/07/2014</b>	14:00	7550
<b>3</b>	<b>09/08/2014</b>	10:00	7550
<b>4</b>	<b>23/08/2014</b>	15:48	2525
<b>5</b>	<b>07/09/2014</b>	15:15	1603
<b>6</b>	<b>22/09/2014</b>	12:20	2525
<b>7</b>	<b>07/10/2014</b>	10:45	1100
<b>8</b>	<b>22/10/2014</b>	15:55	1100

Fuente: Elaboración propia

Se aprecia de los datos obtenidos, del parámetro de la Turbiedad con respecto al tiempo de muestreo, un comportamiento variable de absorción con respecto al parámetro de turbiedad durante su inicio alcanzó valores 7875 UNT, y removiéndose hasta 1100 NTU en el proceso desarrollo del *Eichhornia crassipes* respectivamente; representando un porcentaje variable de absorción por parte de esta especie el cual se pudo demostrar la influencia de la especie.

Gráfico N° 2

## Remoción de la Turbidez en los Cuerpos de Agua



Como se muestra en el Gráfico N° 2, *Eichhornia crassipes* es una especie que absorbe mediante las raicillas partículas de MS, disminuyendo el grado de turbidez.

**Según (Romero, 2000).** *Eichhornia crassipes* gracias a su extenso sistema de raíces tiene excelente poder de filtración y capacidad de absorber impurezas y contaminantes como el Ni, Cd, Pb, Hg, Cr, Cu, fenoles y otros. Además, la capacidad de absorber, atrapar y fijar los indistintos elementos del agua.

Tal como nos muestra la gráfica N° 2. en el los datos obtenidos de la investigación, sobre la especie acuática que manifiesta una absorción en los cuerpos de agua causando una modificación con referente a la turbidez como hace mención el autor Romero, influyendo notablemente en relación a este parámetro.

#### 4.1.1 SOLIDOS

##### 4.1.1.1 CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DE *Eichhornia crassipes* SOBRE LAS PARTÍCULAS EN SUSPENSIÓN (SEDIMENTOS)

Tabla N° 7

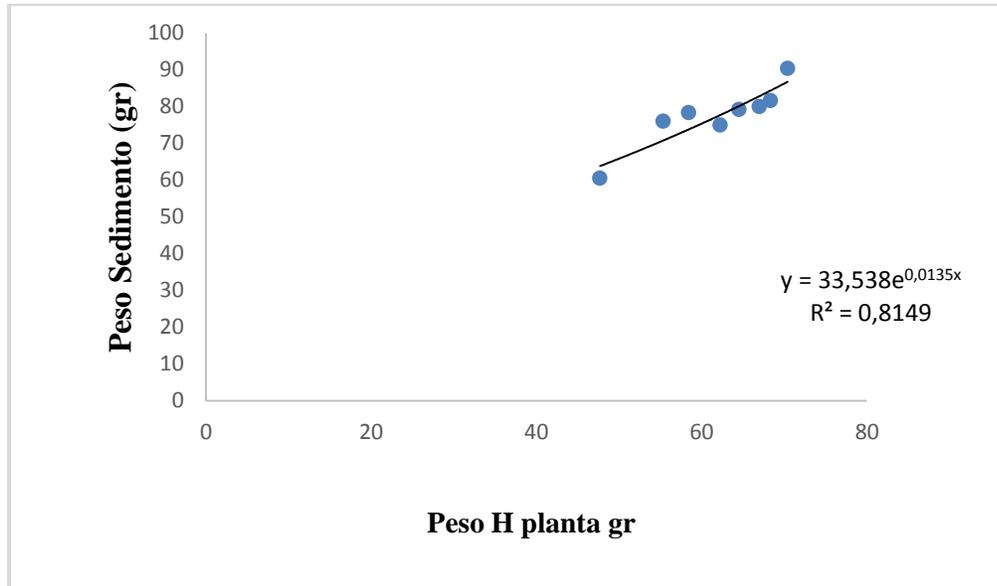
Resultados de la absorción de partículas en suspensión (sedimentos) en presencia de *E. crassipes*

Resultados de partículas en suspensión en presencia del Jacinto de agua						
Fecha	Atajado					
	Muestra	N° de bulbos	Peso H Planta gr	Peso S Planta gr	Peso Humedo Sedimento (gr)	Peso seco
09/07/2014	1	34	64,54	5,1632	79,21	6,3368
24/07/2014	2	35	67	4,69	80	7,2
09/08/2014	3	36	62,23	4,9784	75	6
23/08/2014	4	40	70,4	5,632	90,4	9,04
07/09/2014	5	34	55,34	2,767	76	6,08
22/09/2014	6	29	47,7	3,816	60,56	6,056
07/10/2014	7	34	58,45	5,2605	78,34	6,2672
22/10/2014	8	37	68,34	6,834	81,7	6,536

Fuente: Elaboración propia

Gráfico N° 3

## Remoción de partículas en suspensión



La Gráfica N° 3 se observa en relación a la absorción de sedimento, el Jacinto de agua, por las características que presenta sus raíces, favorece a la absorción de sedimentos (MS), logrando valores de un 60, 65gr. a un 90,4 gr absorbida, lo que se manifiesta que es una especie que podría ser utilizada para la clarificación de las aguas con altos porcentajes de turbidez.

**Según (Romero, 2000).** Gracias a su extenso sistema de raíces tiene excelente poder de filtración y capacidad de absorber impurezas y contaminantes como el Ni, Cd, Pb, Hg, Cr, Cu, fenoles y otros. Además, la capacidad de adsorber, atrapar y fijar los distintos elementos del agua.

Relacionando el párrafo que describe el autor se observa mediante la Gráfica N° 3 que se afirma lo mencionado, demostrando que la especie Jacinto de agua tiende a tener una producción y desarrollo favorable, interfiere significativamente en los sedimentos, MS que presenta los cuerpos de agua.

- **Características químicas**

- **El PH**

**Tabla N° 8**

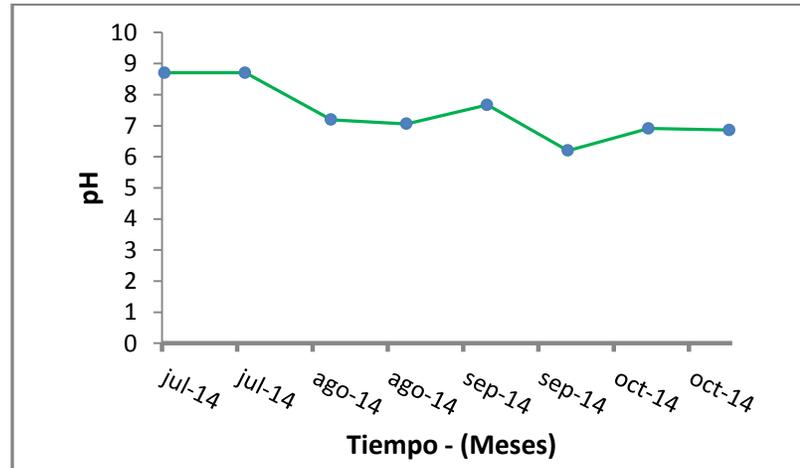
**Muestreo del ph obtenido en los cuerpos de agua**

<b>Muestra</b>		<b>pH</b>	
<b>#</b>	<b>Fecha</b>	<b>Hora</b>	<b>Prom.</b>
<b>1</b>	<b>09/07/2014</b>	17:00	8.7
<b>2</b>	<b>24/07/2014</b>	14:00	8.7
<b>3</b>	<b>09/08/2014</b>	10:00	7,19
<b>4</b>	<b>23/08/2014</b>	15:48	7,06
<b>5</b>	<b>07/09/2014</b>	15:15	7,67
<b>6</b>	<b>22/09/2014</b>	12:20	6,2
<b>7</b>	<b>07/10/2014</b>	10:45	6,91
<b>8</b>	<b>22/10/2014</b>	15:55	6,86

Fuente: Elaboración propia

Es necesario mencionar que la descomposición de materia orgánica o de ácidos orgánicos puede también incrementar el nivel de pH en aguas. Mediante la determinación de esta se puede dar un tratamiento al presentar un pH ácido o base, adecuándolas ya sea para uso de riego u otros, tiene que oscilar un rango de 6.5 a 9.0, para determinarlas como aceptables.

**Gráfica N° 4**  
**Comportamiento del PH en los cuerpos de agua**



La Gráfica N°4 nos indican un comportamiento variable en concentración del pH, cuyos valores oscilan entre un promedio de 8.7 disminuyendo a un 6.2 y donde se manifiestan ligeros incrementos y decesos manifestando un nivel límite de 7.6, influyendo relevantemente con respecto al PH presentes en los cuerpos de agua.

**Según Valderrama y Clostre, 2007**, los niveles de pH pueden alterarse durante el tratamiento de aguas 6.5 y 8.5. **Meas-Vong, 2002**, menciona la rapidez de crecimiento de esta especie, el cual restringe los accesos a cuerpos de agua, cambia los niveles de temperatura, pH y oxígeno.

Al relacionar la investigación con los niveles de pH que interpretan los mencionados autores, el componente del pH en el cuerpo de agua que fue muestreado, oscilan en los niveles promedios aceptables para su uso.

La gráfica mencionada nos muestra de cómo la planta acuática interfirió variablemente sobre la absorción de este parámetro, el cual gráficamente se demuestra que interfiere la especie en el pH utilizándolas en pro de su desarrollo.

➤ **Oxígeno disuelto mg/l**

**Tabla N° 9**

**Comportamiento de oxígeno disuelto en los cuerpos de agua**

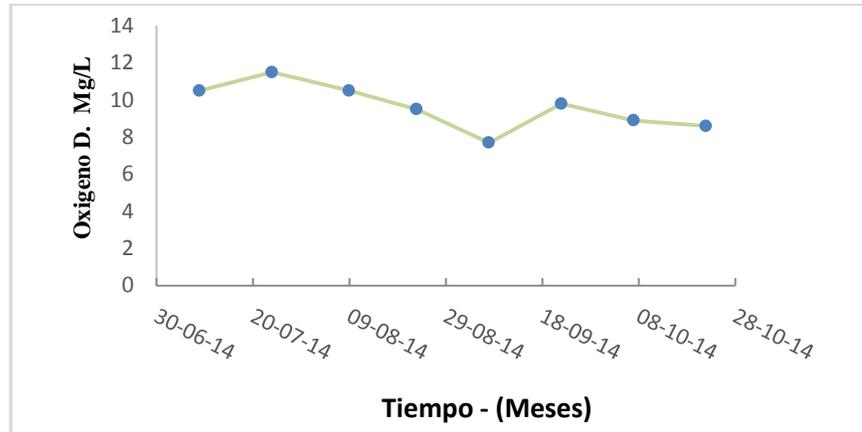
Muestra		Oxígeno disuelto	
		OD mg/l	
#	Fecha	Hora	Prom.OD H2O
1	09/07/2014	17:00	10,5
2	24/07/2014	14:00	11,5
3	09/08/2014	10:00	10,5
4	23/08/2014	15:48	9,5
5	07/09/2014	15:15	7,7
6	22/09/2014	12:20	9,8
7	07/10/2014	10:45	8,9
8	22/10/2014	15:55	8,6

Fuente: Elaboración propia

La Tabla N° 9 muestra el comportamiento del Oxígeno disuelto, realizado por plantas acuáticas *Eichhornia crassipes*. Puesto que esta especie no realiza la fotosíntesis, es conocida como ciclo C4 que minimiza el proceso de foto respiración. Este ciclo ocurre en el citosol de las células del mesófilo, lo hace en los cloroplastos de las células de la vaina por a ver desarrollado una estrategia para optimizar la capacidad de asimilación del CO<sub>2</sub> atmosférico, e incorporarlo a la planta. Para ello modificaron convenientemente su genoma.

Gráfica N° 5

## Comportamiento del Oxígeno Disuelto



La Gráfica N° 5 la influencia que dio lugar la planta acuática con respecto al Oxígeno Disuelto removidos a concentraciones promedios menores a 7.7 mg/l. Sin embargo se observó que el Oxígeno Disuelto también es decreciente, como ascendente, debido a las diferencias de temperaturas que se presentaron durante todo el transcurso de la investigación, el cual mientras más bajas temperaturas se presenta, mayor es la presencia de oxígeno disuelto presente en el agua.

Existe leves variaciones relacionados con la presencia de esta especie en los cuerpos de agua poco acentuadas de 10.5, a un 7.7, y un 8,6 mg/l, presentes en el agua se demuestra que este parámetro es de preferencia de la especie influyendo levemente en ella.

**Según Meas-Vong, 2002,** La rapidez de crecimiento de esta especie, el cual restringe los accesos a cuerpos de agua, cambia los niveles de temperatura, pH y oxígeno.

Al igual que lo mencionado por el autor se observó que la especie *E. Crassipes* ejerce influencia sobre el oxígeno presente en el cuerpo de agua, debiéndose a la facilidad de reproducción en temperaturas favorables para la especie, y por no realizar la fotosíntesis modificando su genoma para optimizar el CO<sub>2</sub> para incorporarlo a ella.

#### 4.1.2 CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DE *Eichhornia crassipes* SOBRE LOS NUTRIENTES EN LOS CUERPOS DE AGUA.

Tabla N° 10

Observaciones de la absorción de nutrientes en presencia de *E. crassipes*

Resultados de Nutrientes en presencia del Jacinto de agua					
Fecha	Atajado	Nitrógeno disuelto		Fosforo disuelto	Potasio disuelto
	Muestra	Nitratos Mg/L	Nitritos Mg/L	Fosfato Mg/L	“ Mg/L
9/07/2014	1	6118,65	12,7	27,75	1,80
24/07/2014	2	6118,75	12,7	25	1,92
9/08/2014	3	87,5	6,23	5,5	1,58
23/08/2014	4	78,5	1,98	21,75	1,10
7/09/2014	5	115	1,6	1,95	0,85
22/09/2014	6	96,8	1,63	27,75	0,77
7/10/2014	7	1480	16	22,5	0,90
22/10/2014	8	-	-	-	0,89

Fuente: Elaboración propia

La Tabla N° 10 nos muestra los niveles de absorción que produjo la especie acuática, tanto en Nitrógeno disueltos, Fósforo disuelto y Potasio disuelto presentes en los cuerpos de agua, de cómo fue interviniendo según datos de las fechas muestreadas, presenciando absorción de concentraciones de nutrientes mg/L desde las segundas fechas del muestreo y fue disminuyendo paulatinamente en cada muestreo, el cual nos indica que la especie fue teniendo una obtención satisfactoria de estos nutriente de acuerdo a los parámetros tomados.

Los niveles de absorción nos muestran un comportamiento relativamente variable en la remoción, el cual no es muy elevada, pero existen mayores obtención de nutriente

en mg/l por la especie *Eichhornia crassipes*, de Nitratos y nitritos, donde la reducción de la concentración de este parámetro se disminuyó de una forma decreciente.

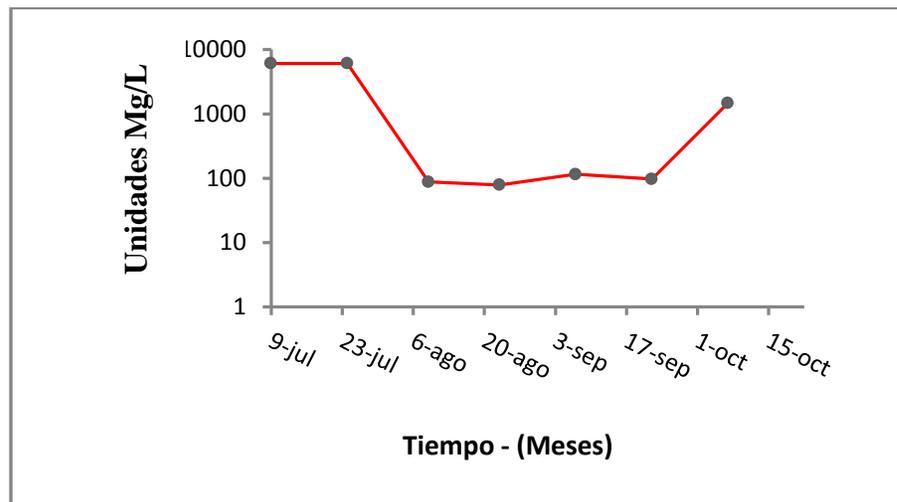
**Según Harley, 1996.** El crecimiento del *E. crassipes* es favorecido por aguas ricas en nitrógeno, fósforo y potasio. La habilidad de esta planta para absorber nutrientes y otros elementos ha sido ampliamente investigado, ya que también absorbe calcio, magnesio, azufre, hierro, manganeso, aluminio, boro, cobre, molibdeno y zinc

En relación a lo mencionado por el autor Harley, se afirma que la planta acuática necesita de estos nutrientes para su desarrollo tanto físico como biológico, tomándolos de una manera aceptable en beneficio de ella mostrándonos con más detalle en los resultados que se muestra a continuación.

#### 4.1.2.1 Comportamiento del Jacinto de agua en la absorción del nitrógeno mediante Nitratos ( $\text{NO}_3^-$ ), y Nitritos ( $\text{NO}_2^-$ ).

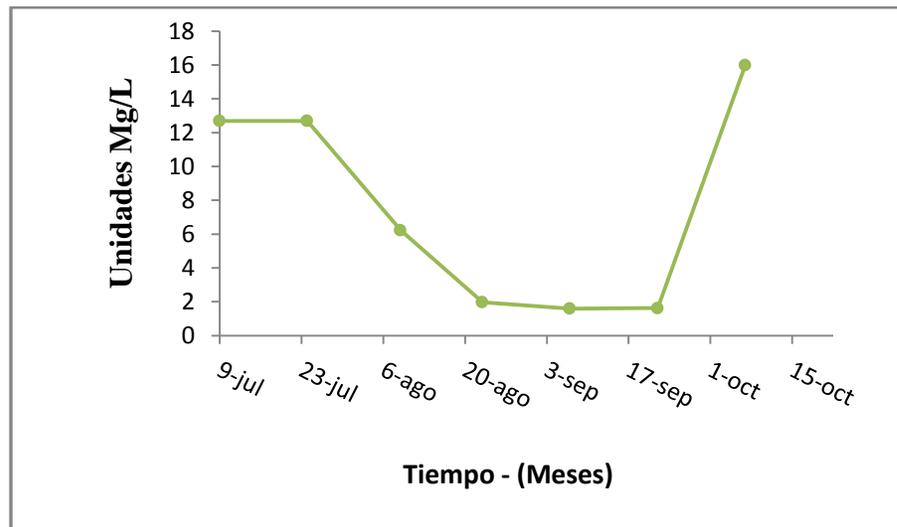
**Gráfica N° 6**

#### **Absorción de Nitratos Mg/L**



La Gráfica N° 6 muestra las mediciones obtenidas de la disminución de Nitratos promedio, que fueron tomados durante un periodo de cuatro meses, puesto que este nutriente es de preferencia del Jacinto de agua para su desarrollo, en la cual los valores de este parámetro fluctuó de 6118,65mg/l disminuyendo hasta un promedio de 78,5mg/l.

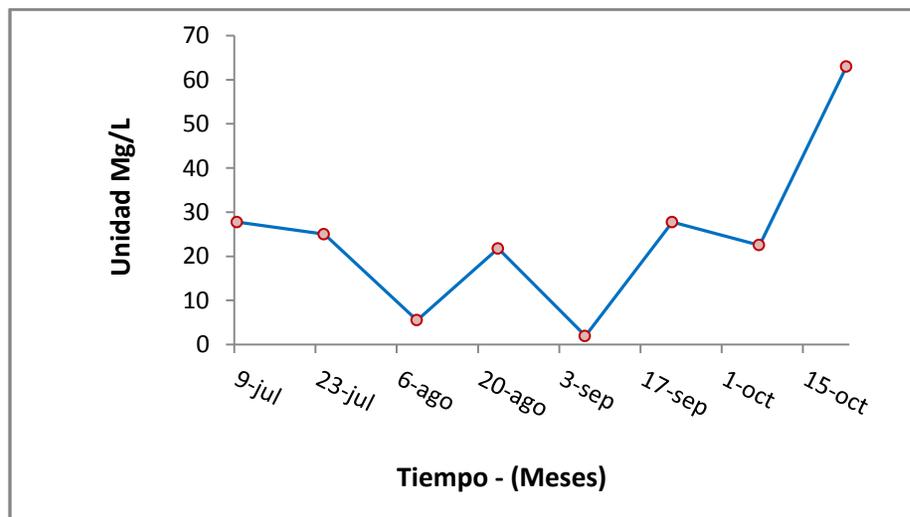
**Gráfica N° 7**  
**Absorción de Nitritos Mg/L**



La Gráfica N° 7 nos muestra que al igual que el Nitrato este nutriente es también de preferencia de la especie *Eichhornia crassipes*, dándonos a conocer la forma gráfica una absorción decreciente, comprobando la aceptabilidad para el crecimiento y desarrollo de esta planta acuática, obteniendo datos sobre la disminución de Nitritos promedio, que fueron tomados en periodo de cuatro meses de muestreo, en la cual los valores de este parámetro fluctuó de 12,7 mg/l disminuyendo a 1,6 mg/l. teniendo una influencia remoción de este nutriente a partir de la segunda fecha muestreada.

#### 4.1.2.2 Comportamiento del Jacinto de agua en la absorción del Fosfatos (PO<sub>4</sub><sup>-3</sup>)

**Gráfica N° 8**  
**Absorción de Fosfatos Mg/L.**



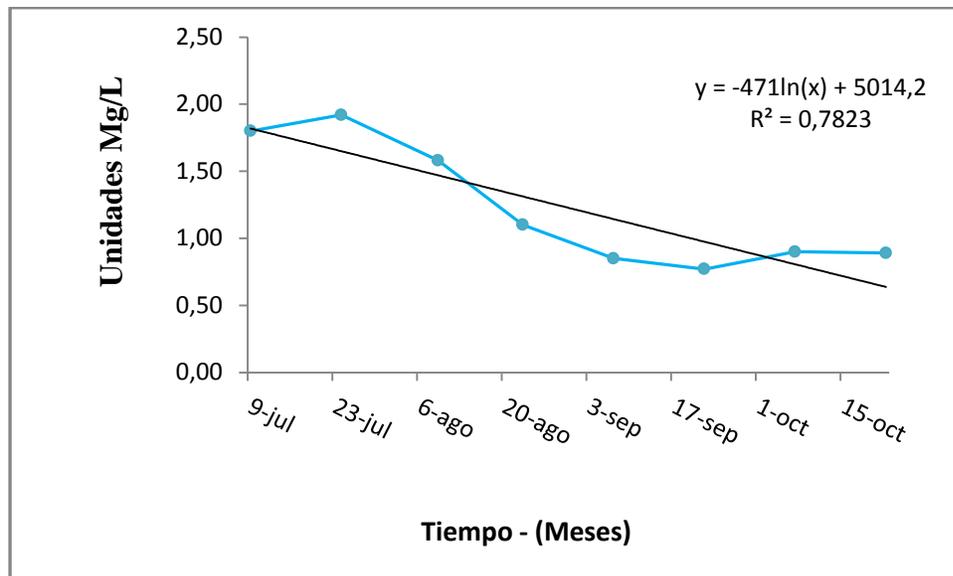
La Gráfica N° 8 nos demuestra la remoción del Fosfato que es absorbida por la especie *Eichhornia crassipes*, manteniéndose inestable considerablemente la aceptabilidad de este nutriente, por lo que se podría decir que no fue de preferencia de la especie pero si requiere de ciertos porcentajes en relación a este nutrientes, en el proceso de su desarrollo de esta planta acuática.

Las concentraciones de los Fosfatos fluctuaron de 27.75 mg/l a una disminución de un 22,5 mg/l, teniendo una tendencia de ascender y decrecer influyendo la planta acuática sobre la absorción hasta el 3er muestreo y 6to muestreo, siendo variables respectivamente. La planta tiende a consumir de mejor manera los nitratos y nitritos, dejando para última instancia el topacio, por la forma que expresa la gráfica manteniéndola inestable durante todo el trascurso de muestreo.

#### 4.1.2.3 Comportamiento del Jacinto de agua en la absorción del Potasio ( $K^{-1}$ )

Gráfica N° 9

Absorción de Potasio Mg/L.



La Gráfica N°9 nos muestra una clara tendencia decreciente, en la absorción del Potasio, por la *Eichhornia crassipes* con respecto a este parámetro, demostrada en la figura una pendiente en relación a la línea de tendencia, representando la cantidad absorbida de Potasio, que es removida por cada fecha muestreada, es decir los valores de este parámetro fluctuó de 1,80 mg/l disminuyendo a 0.89 mg/l, por lo cual se puede decir que es de preferencia, para el proceso de desarrollo de del Jacinto de agua, al tener presente este nutriente los cuerpo de agua. La preferencia de la especie por este nutriente es significativa, como se observa gráficamente, desde el segundo muestreo la planta realiza una absorción, considerable para su desarrollo.

### 4.1.3 DETERMINACIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD DEL JACINTO DE AGUA

Tabla N° 11

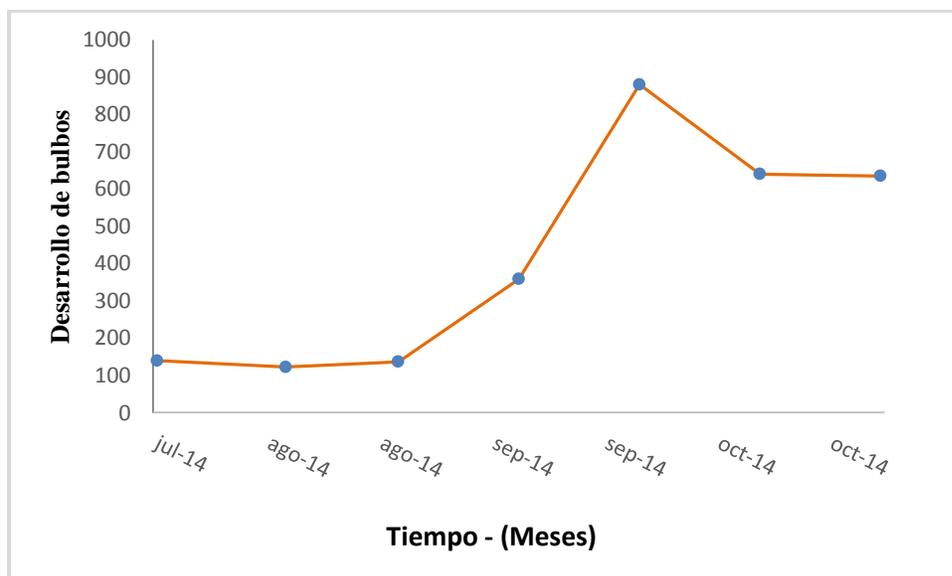
#### Productividad del Jacinto de agua

PRODUCTIVIDAD DEL JACINTO DE AGUA								
# Muestreo	1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Fecha</b>	09/07/2014	24/07/2014	09/08/2014	23/08/2014	07/09/2014	22/09/2014	07/10/2014	22/10/2014
<b>Bulbos</b>	348	340	480	603	740	1099	1979	2619
<b>Peso Húmedo Kg</b>	3,8	2,5	6,2	7,55	10,9	11,6	13,1	15,2
<b>Peso seco Kg</b>	0,19	0,25	0,372	0,755	0,545	0,928	1,31	1,52
<b>Desarrollo de bulbos</b>		140	123	137	359	880	640	635
<b>Desarrollo diario</b>		8,75	8,79	9,13	23,93	58,67	42,67	41,00

Fuente: Elaboración propia

De los datos obtenidos en Tabla N° 11, nos muestra que la productividad en los primeros meses fue limitado, y se atribuye a que esta se encontró en un proceso de adaptación y desarrollo, por lo cual la especie no amerita gran desarrollo. Se muestra en la gráfica que en la fechas muestreadas (entre Julio a Septiembre) una relación inestable por deberse al cambio de temperatura y adaptabilidad de la especie, donde alcanza un desarrollo estable a partir del tercer mes de muestreo donde se obtuvieron temperaturas altas favorecieron los procesos fisiológicos y físicos de la *Eichhornia crassipes*.

Gráfica N° 10

Tasa de reproducción del *Eichhornia crassipes*

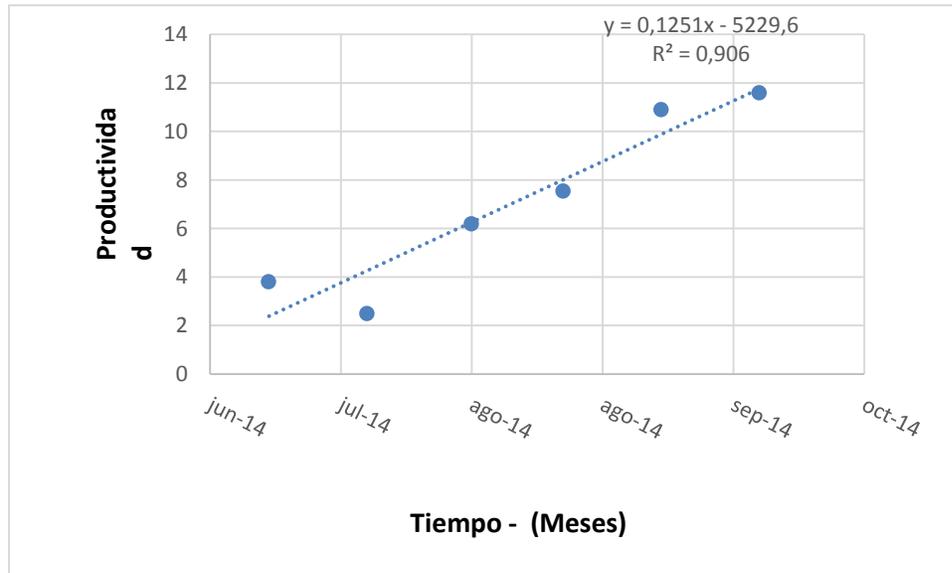
La presente Gráfica N° 10 nos muestra el desarrollo de la producción del *Eichhornia crassipes* demostrando un comportamiento diferente desde el inicio del muestreo, necesito de 30 días aproximadamente para que alcance niveles de crecimiento aceptables, partiendo de una siembra inicial de 348 bulbosa una producción final muestreada de 219 bulbos, llegando a un tope de desarrollo de bulbos muestreado de 880 bulbos en 50 días, obteniendo un desarrollo promedio de 18 bulbos por día.

**Según Williams, ND.** La *E. crassipes* invade los cuerpos de agua con facilidad, debido al tipo de dispersión (a través de propágulos) que desarrolla, y es capaz de duplicar su biomasa cada 6-18 días, dependiendo de las condiciones ambientales .

El lirio acuático se caracteriza por su tolerancia a climas extremos (Burton, 2005).

En relación al desarrollo con la especie acuática con lo mencionado por el autor Williams, obteniendo un periodo de desarrollo favorable, cabe mencionar que la realización de la investigación se inició cuando se presentaron bajas temperatura, por lo que influyo de una manera notoria en relación a la adaptación del Jacinto de agua, obteniendo una reproducción notoria a finalizar el segundo mes de muestreo, alcanzando una productividad y adaptación favorable de la especie.

Gráfica N° 11

Desarrollo de la productividad del *Eichhornia Crassipes*

Como se puede apreciar en la Gráfica N°11 el crecimiento de *E. crassipes* tiende a incrementarse a medida que transcurre el tiempo logrando alcanzar valores de 11,6 Kg en un área de 2,88 m<sup>2</sup>. Permitiendo alcanzar valores de productividad de 80 gr/m<sup>2</sup>/día, deduciendo que es una especie de con alta tasa de reproducción.

- **CARACTERÍSTICAS VEGETALES EN LOS CUERPOS DE AGUA**

Luego de realizar una verificación e la zona de muestreo, se percató que no existía ninguna otra especie que afecte o interfiera en la toma de datos del predio, por lo que se realizó sin intervención de otra especie que no esté relacionada con el estudio.

#### **4.1.4 DETERMINAR ACCIONES PREVENTIVAS Y CORRECTIVAS EN LA PRODUCCIÓN DEL JACINTO DE AGUA EN LOS CUERPOS DE AGUA**

El gran aporte de nutrientes a los sistemas acuáticos por malas prácticas en actividades agrícolas, domésticas e industriales, ha ocasionado a nivel mundial que gran parte de las lagunas, lagos, canales y embalses sufran grandes procesos de eutrofización y, por lo tanto, presencia masiva de algas y plantas acuáticas causando impactos significativos en los procesos físicos, químicos y bióticos de los ecosistemas. El Jacinto de agua es una especie invasora que por su alta capacidad adaptativa y reproductiva ocupa el puesto 8 entre las 10 malezas más invasivas del mundo (Arteaga & Cuellar 2011), que podría afectar en el manejo de cuencas de Rio Tolomosa.

La presencia masiva del Jacinto de agua en los cuerpos de agua de la Cuenca del Tolomosa, permite la generación de una planeación e implementación de medidas de control integrales (físicas, químicas, mecánicas y de cuenca), con el fin de reducir los impactos negativos y potenciar los beneficios de esta planta. La condición relativamente crítica de esta problemática se evidencia en el embalse San Jacinto, cuerpo de agua eutrófico y con excelentes condiciones abióticas donde se han obtenido porcentajes de invasión entre el año 1997 a 2000 del 50% del espejo de agua con una invasión equivalente a 300 hectáreas (Laviolette, 2010).

El Jacinto de agua genera graves problemas en cuerpos de agua no permite el ingreso de la radiación solar y el intercambio gaseoso de la masa de agua con la atmósfera, procesos básicos para la fotosíntesis, la degradación de la materia orgánica, la disponibilidad de oxígeno y otros procesos físico-químicos y bióticos que permiten los equilibrios en biodiversidad en la columna de agua.

Igualmente se presentan problemas en la reproducción de vectores (zancudos) con importancia en la transmisión de enfermedades de salud pública (Malaria) y un incremento en la evapotranspiración del sistema.

#### 4.1.4.1 Medidas Preventivas y Correctiva

En general, las medidas de manejo y control del Jacinto de agua que se proponen comprenderán controles físicos, mecánicos, químicos y biológicos, que se emplean según el grado de infestación y deben utilizarse integradamente para lograr mayor efectividad.

La introducción del Jacinto de agua en la cuenca del Tolomosa se dió en las comunidades de Bellavista y San Andrés, durante la introducción de la especie de pez Carpa (*Cyprinus carpio*) en los años 1990 a 1995, planta acuática que era utilizada como medio de sustrato de desove de los peces. Por un mal manejo, el Jacinto de agua tomó presencia en los cursos principales de agua de la cuenca.

Es importante aplicar un “Manejo integrado de plantas” (MIP) y que aplica igualmente al manejo de plantas acuáticas.

- **Las opciones de control que se propone, se basa en:**

- **Control físico**

Retiro manual de plantas acuáticas, reducción de los niveles o desagüe de cuerpos para lograr la deshidratación de las plantas, barreras para confinar e impedir el crecimiento, quema de plantas deshidratadas y dragados de cuerpos de agua. Los resultados han sido exitosos en cuerpos de agua pequeños (represas o atajados) pero poco efectivos o muy costosos en cuerpos de agua con grandes invasiones.

- **Control mecánico:**

Utilización de máquinas para cortar, picar, aplastar, prensar, tirar o remover las plantas acuáticas. El control mecánico ha sido usualmente restringido a pequeñas áreas donde es necesario aplicarlo inmediatamente.

Los resultados han sido exitosos en cuerpos de agua pequeños, pero poco efectivos en cuerpos de agua con grandes invasiones donde las máquinas más grandes y eficientes tan sólo pueden limpiar entre 3 y 4 hectáreas por día (Castro, 2009).

➤ **Control biológico:**

La introducción de enemigos naturales como insectos, peces, patógenos (hongos, bacterias) para el control del crecimiento, el incremento de la mortalidad, la reducción en la producción de flores y semillas de plantas acuáticas, hacen parte de este control.

En el lago San Jacinto se ha utilizado insectos para reducir la presencia del Jacinto de agua. Sin embargo han reducido el tamaño y vigor de la planta y su producción de flores y semillas, pero han sido insuficientes para el control de grandes áreas.

➤ **Control químico:**

El uso de herbicidas es el método más utilizado para el manejo de plantas acuáticas invasoras, pero son las menos recomendadas por el impacto negativo que provoca en las aguas.

Sin embargo, las medidas de control deben estar orientadas a la educacional sobre la especie, en las comunidades de la cuenca del Tolomosa. Orientación sobre la especie acuática que podría convertirse beneficiosa para la producción de compost en grandes cantidades, permitiendo una producción agroecológica y un manejo integral de la cuenca del Río Tolomosa.

## CAPITULO V

### CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIÓN

#### 5.1 CONCLUSIONES

En base a los resultados obtenidos en el presente trabajo, de investigación sobre la influencia del *Eichhornia crassipes* sobre los cuerpos de agua se arribaron a las siguientes conclusiones:

Capacidad de absorción sobre las partículas en suspensión, el Jacinto de agua, por las características que presenta sus raíces, favorece a la absorción de sedimentos (MS), logrando valores de un 60, 65gr. a un 90,4 gr absorbida, lo que se manifiesta que es una especie que podría ser utilizada para la clarificación de las agua con alto porcentajes de turbidez.

Se aprecia de los datos obtenidos, del parámetro de la Turbiedad con respecto al tiempo de muestreo, un comportamiento variable de absorción con respecto al parámetro de turbiedad durante su inicio alcanzó valores 7875 UNT, y removiéndose hasta 1100 NTU, gracias a su extenso sistema de raíces tiene excelente poder de filtración y capacidad de absorber impurezas y contaminantes.

Los niveles de absorción de nutrientes que produjo la especie acuática, tanto en Nitrógeno disueltos, Fósforo disuelto y Potasio disueltos presentes en los cuerpos de agua, nos muestran un comportamiento relativamente variable, pero existe mayor aceptación de nutriente en mg/l de Nitratos y Nitritos, donde la reducción de la concentración de este parámetro se disminuyó de una forma aceptable, para su desarrollo tanto físico como biológico por ser de preferencia de la planta acuática.

Oxígeno disuelto ejerce influencia sobre la especie, debiéndose a la facilidad de reproducción en temperaturas favorables para la especie, y por no realizar la fotosíntesis modificando su genoma para optimizar el CO<sub>2</sub> para incorporarlo a ella. El oxígeno disuelto influye tanto en la adaptación de la especie como en la descomposición de los nutrientes y otras materias orgánicas he inorgánicas presentes en los cuerpos de agua.

Se presenta la determinación de la productividad del Jacinto de agua en los primeros meses un nivel limitado, esto se atribuye a que esta se encontró en un proceso de adaptación y desarrollo, por lo cual la especie no amerita gran desarrollo.

La productividad *E. crassipes* tiende a incrementarse a medida que transcurre el tiempo logrando alcanzar valores de 11,6 Kg en un área de 2,88 m<sup>2</sup>. Permitiendo alcanzar una productividad de 80 gr/m<sup>2</sup>/dia, deduciendo que es una especie con alta tasa de reproducción. La temperatura es considerado, uno de los parámetros de gran importancia ya que interviene en los todos los procesos biológicos y fisiológicos que se desempeñan en el desarrollo de la especie como de los cuerpos de agua.

El Ph se aprecia un nivel variable en concentración, cuyos valores oscilan entre un promedio de 8.7 disminuyendo a un 6.2 y donde se manifiestan ligeros incrementos y decesos manifestando un nivel límite de 7.6. Los niveles de ph presente en los cuerpos de agua favorecen en la rapidez de crecimiento de esta especie, el cual restringe los accesos a cuerpos de agua, cambia los niveles de temperatura, pH y oxígeno.

Determinar acciones preventivas y correctivas mediante un manejo y control del Jacinto de agua, comprenderá controles físicos, mecánicos, químicos y biológicos, que se emplean según el grado de infestación y deben utilizarse integradamente para lograr mayor efectividad.

Control físico, retiro manual de plantas acuáticas, reducción de los niveles o desagüe de cuerpos para lograr la deshidratación de las plantas, barreras para confinar e impedir el crecimiento, quema de plantas deshidratadas y dragados de cuerpos de agua.

Control mecánico mediante la utilización de máquinas para cortar, picar, aplastar, prensar, tirar o remover las plantas acuáticas.

Control biológico la introducción de enemigos naturales como insectos, peces, patógenos (hongos, bacterias) para el control del crecimiento, el incremento de la mortalidad, la reducción en la producción de flores y semillas de plantas acuáticas, hacen parte de este control.

Control químico el uso de herbicidas es el método más utilizado para el manejo de plantas acuáticas invasoras, pero son las menos recomendadas por el impacto negativo que provoca en las aguas.

## **5.2 RECOMENDACIONES**

Después de la realización de la presente investigación, la principal recomendación es lograr un manejo de esta especie acuática a través de continuas remociones combinadas con aspersión de agentes químicos para evitar la rápida multiplicación de esta especie que altera las condiciones hidrológicas de los cuerpos de agua.

Por la capacidad de la especie de ocupar grandes extensiones e infestarlas, ocasionan importantes problemas de salud, debido a que aquella parte de la planta que permanece sobre la superficie libre del agua (zona foliar) el cual se considera un hábitat ideal para el desarrollo de insectos, en especial zancudo. Por lo tanto, se considera conveniente realizar estudios considerando que el problema sea tratado mancomunadamente por parte de las entidades encargadas de velar por el medioambiente, salud pública y empresas prestadoras de servicios públicos o de carácter privado.

De igual forma se recomienda la instauración de un programa para controlar la presencia excesiva de la planta *Eichhornia crassipes* en algunos sectores donde se encuentran presente esta especie como en el caso del lago San Jacinto, con el fin de evitar atascamientos y conglomeraciones de residuos y plantas que restringen el desarrollo afectando impacto ecológico por su capacidad de colonizar grandes extensiones de agua en poco tiempo, lo que tiene consecuencias nefastas en los ecosistemas acuáticos.

Realizar práctica educativa en las Universidades referentes a la especie, por lo que se encuentra en nuestro medio, y de qué forma considerando que el problema sea tratado se pueda erradicar la especie y utilizarlas en beneficio comunidades donde se encuentra presente.

Se recomienda dar utilidad en las comunidades donde se encuentra presente esta especie como forrajes para el ganado, puesto que es de preferencia tanto de animales como de aves, otra alternativa es utilizarlas como abono orgánico.

Utilizarlas de una forma controladas como, refugio para los peses, protegiéndolos del sol excesivo, de las heladas.

Realizar estudios más detallados *Eichhornia crassipes*, sobre todo en épocas de verano que es donde la especie se encuentra en su óptimo desarrollo favoreciéndolas el clima para su reproducción, mediante estolones que produce la planta madre, llegando a gran parte del cuerpo de agua que ocupa, causando graves daños ecológicos.