



**UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRÍGUEZ DE
MENDOZA DE AMAZONAS**

**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO
PROFESIONAL DE INGENIERO AMBIENTAL**

**CAPACIDAD ADSORBENTE DE SÓLIDOS TOTALES
DE LA BIOMASA SECA DE JACINTO DE AGUA
(*Eichhornia crassipes*), QUEBRADA ALTOMAYO, LA
PECA, AMAZONAS, 2018**

Autor: Bach. Anderson Julón Pérez

Asesor: Mg. Jefferson Fitzgerald Reyes Farje

CHACHAPOYAS – PERU

2019



**UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRÍGUEZ DE
MENDOZA DE AMAZONAS**

**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO
PROFESIONAL DE INGENIERO AMBIENTAL**

**CAPACIDAD ADSORBENTE DE SÓLIDOS TOTALES
DE LA BIOMASA SECA DE JACINTO DE AGUA
(*Eichhornia crassipes*), QUEBRADA ALTOMAYO, LA
PECA, AMAZONAS, 2018**

Autor: Bach. Anderson Julón Pérez

Asesor: Mg. Jefferson Fitzgerald Reyes Farje

CHACHAPOYAS – PERU

2019

DEDICATORIA

La presente investigación la dedico a mis padres que día tras día trabajaron incansablemente para verme superar, y ese ejemplo de superación poder llevar siempre presente como un mensaje de amor superación y éxito. A mis hermanos, familiares y amigos por contribuir y ser parte de este proceso de aprendizaje. A mis docentes quienes con sus enseñanzas fortalecieron mis habilidades y destrezas para poder alcanzar este nuevo peldaño de la vida.

AGRADECIMIENTO

A Dios por darme la vida y guiar mi caminar por el sendero de la vida.

Mi asesor Mg. Jefferson Fitzgerald Reyes Farje, y a los docentes de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, por la orientación y tiempo dedicados en la ejecución del presente trabajo de investigación.

A la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas y principalmente a la Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental por todo el apoyo incondicional.

A todas las demás personas que hicieron posible la realización de la presente tesis.

**AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO
RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS**

Dr. Policarpio Chauca Valqui
Rector

Dr. Miguel Ángel Barrena Gurbillón
Vicerrector Académico

Dra. Flor Teresa García Huamán
Vicerrectora de Investigación

M.Sc. Edwin Adolfo Díaz Ortiz
Decano de la Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental

VISTO BUENO DEL ASESOR

Yo, Mg. Jefferson Fitzgerald Reyes Farje identificado con el DNI N° 16634664, con domicilio en Jr. triunfo 235– Chachapoyas. Ingeniero Químico, con colegiatura N° 59100, docente adscrito a la Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas.

DOY VISTO BUENO, a la tesis titulada:

CAPACIDAD ADSORBENTE DE SÓLIDOS TOTALES DE LA
BIOMASA SECA DE JACINTO DE AGUA (*Eichhornia*
crassipes), QUEBRADA ALTOMAYO, LA PECA, AMAZONAS,
2018

Que fue realizado por el bachiller en Ingeniería Ambiental: Bach. Anderson Julón Pérez para optar el título de Ingeniero Ambiental de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas.

POR LO TANTO

Procedo a firmar la presente para constancia.

Chachapoyas, setiembre 2019



Mg. Jefferson Fitzgerald Reyes Farje
DNI N° 16634664

JURADO EVALUADOR



M.Sc. Lenin Quiñones Huatangari
Presidente



M.Sc. Gino Alfredo Vergara Medina
Secretario



M.Sc. Elí Pariente Mondragón
Vocal



ANEXO 3-K

**DECLARACIÓN JURADA DE NO PLAGIO DE TESIS
PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL**

Yo Anderson Julón Pérez
identificado con DNI N° 71419849 Estudiante()/Egresado (X) de la Escuela Profesional de
Ing. Civil y Ambiental de la Facultad de:
ING Ambiental
de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas.

DECLARO BAJO JURAMENTO QUE:

1. Soy autor de la Tesis titulada: Capacidad adsorbente de sólidos totales de la biomasa seca de juncos de agua (Eichhornia crassipes), quebrada Altomayo, la Peca, Amazonas
que presento para obtener el Título Profesional de: Ingeniero Ambiental
2. La Tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente, y para su realización se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas.
3. La Tesis presentada no atenta contra derechos de terceros.
4. La Tesis presentada no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
5. La información presentada es real y no ha sido falsificada, ni duplicada, ni copiada.

Por lo expuesto, mediante la presente asumo toda responsabilidad que pudiera derivarse por la autoría, originalidad y veracidad del contenido de la Tesis para obtener el Título Profesional, así como por los derechos sobre la obra y/o invención presentada. Asimismo, por la presente me comprometo a asumir además todas las cargas pecuniarias que pudieran derivarse para la UNTRM en favor de terceros por motivo de acciones, reclamaciones o conflictos derivados del incumplimiento de lo declarado o las que encontraren causa en el contenido de la Tesis.

De identificarse fraude, piratería, plagio, falsificación o que la Tesis para obtener el Título Profesional haya sido publicado anteriormente; asumo las consecuencias y sanciones civiles y penales que de mi acción se deriven.

Chachapoyas, 09 de octubre de 2019

Firma del(a) tesista



ANEXO 2-N

ACTA DE EVALUACIÓN DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS

En la ciudad de Chachapoyas, el día 09 de Octubre del año 2019, siendo las 5:00pm horas, el aspirante: Anderson Julón Pérez defiende públicamente la Tesis titulada: "Capacidad adsorbente de sólidos totales de la biomasa seca de jacinto de agua (Eichhornia Crassipes), quebrada Altomayo, la Peca, Amazonas para optar el Título Profesional en Ingeniería Ambiental otorgado por la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, ante el Jurado, constituido por:
 Presidente: M.Sc. Lenin Quisones Huatangan
 Secretario: M.Sc. Gino Alfredo Vergara Medina
 Vocal: M.Sc. Eli Pariente Mondragón



Procedió el (los) aspirante (s) a hacer la exposición de los antecedentes, contenido de la tesis y conclusiones obtenidas de la misma, haciendo especial mención de sus aportaciones originales. Terminada la defensa de la tesis presentada, los miembros del jurado pasaron a exponer su opinión sobre la misma, formulando cuantas cuestiones u objeciones consideran oportunas, las cuales fueron contestadas por el los aspirante (s).

Tras la intervención de los miembros del jurado y las oportunas contestaciones del aspirante, el Presidente abre un turno de intervenciones para los miembros del jurado presentes en el acto, a fin de que formulen las cuestiones u objeciones que consideren pertinentes.

Seguidamente, a puerta cerrada, el jurado determinará la calificación global concedida a la tesis, en términos de:

Notable o sobresaliente () Aprobado (X) No apto ()

Otorgada la calificación el presidente del Jurado comunica, en sesión pública, la calificación concedida. A continuación se levanta la sesión.

Siendo las horas 6:00pm del mismo día, el jurado concluye el acto de sustentación del Trabajo de Investigación.

PRESIDENTE

SECRETARIO

VOCAL

OBSERVACIONES: _____



INDICE

DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS	v
VISTO BUENO DEL ASESOR.....	vi
JURADO EVALUADOR.....	vii
INDICE	x
INDICE DE TABLAS	xii
INDICE DE FIGURAS	xiii
RESUMEN	xiv
ABSTRACT.....	xv
I. INTRODUCCIÓN	16
II. MATERIAL Y MÉTODOS.....	20
2.1 Lugar de estudio	20
2.2 Materiales	23
2.3 Diseño de investigación	22
2.4 Metodología.....	23
2.5 Métodos para recolección de muestras.....	26
2.6 Métodos para determinar los parámetros fisicoquímicos.....	26
2.7 Población, muestra y muestreo	28

III.	RESULTADOS	30
	3.1 Análisis físicoquímicos.	30
	3.2 Análisis de resultados	30
	3.3 Análisis de varianza de un diseño completo al azar (DCA)	36
IV.	DISCUSIÓN	42
V.	CONCLUSIONES	43
VI.	RECOMENDACIONES	44
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	45
VIII.	ANEXOS	48

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Análisis fisicoquímicas de la muestra problema.....	30
Tabla 2. Resultados de los análisis fisicoquímicos en las ocho repeticiones (Turbidez, sólidos pasados por un filtro de Jacinto de Agua, Sólidos pasados por filtro de arena).....	30
Tabla 3. Medidas Estadísticas de las ocho repeticiones (Turbidez, Sólidos Totales pasados por un filtro de Jacinto de Agua, Sólidos Totales pasados por filtro de arena).....	34
Tabla 4. Análisis de varianza de un modelo diseño completo al azar.....	36
Tabla 5. Análisis de varianza de un modelo diseño completo al azar.....	36

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Composición de los sólidos totales en el agua contaminada.....	17
Figura 2. Se muestra la ubicación del área de estudio: La quebrada Altomayo de la provincia de Bagua, en el distrito La Peca.....	21
Figura 3. Proceso de elaboración de biomasa seca de Jacinto de agua.....	24
Figura 4. Balance de masa.....	25
Figura 1. Determinación de la Turbidez.....	27
Figura 6. Metodología para captura de imágenes SIG.....	28
Figura 7. Análisis fisicoquímicos en las ocho repeticiones (Turbidez, Sólidos Totales pasados por un filtro de Jacinto de Agua, Sólidos Totales pasados por filtro de arena).....	31
Figura 8. Análisis fisicoquímicos en las ocho repeticiones (Turbidez).....	32
Figura 9. Análisis fisicoquímicos en las ocho repeticiones (Sólidos Totales pasados por un filtro de Jacinto de Agua).....	32
Figura 10. Análisis fisicoquímicos en las ocho repeticiones (Sólidos Totales pasados por filtro de arena).....	33
Figura 11. Análisis fisicoquímicos en las ocho repeticiones (Turbidez, Sólidos Totales pasados por un filtro de Jacinto de Agua, Sólidos Totales pasados por filtro de arena).....	33
Figura 12. Medidas Estadísticas (Promedio) de las ocho repeticiones (Turbidez, Sólidos Totales pasados por un filtro de Jacinto de Agua, Sólidos Totales pasados por filtro de arena).....	35

RESUMEN

El presente estudio tuvo como objetivo demostrar la capacidad de la planta Jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*), para adsorber sólidos totales así como metales pesados en la quebrada Altomayo del distrito la peca, se utilizó la biomasa seca para la remoción de sólidos totales y metales pesados en el tratamiento de aguas contaminadas. Se ofrece así una alternativa simple y económica para resolver dos problemas ambientales debido a su capacidad de adsorción de sólidos totales y otros metales pesados. La planta ha sido empleada en sistemas de purificación biológica o fitorremediación para mejorar la calidad del agua. Es por ello que es aprovechada con el fin de su acción benéfica como descontaminante del agua. Se utilizan especialmente para remover metales pesados, sólidos totales, sólidos suspendidos y colorantes convirtiéndolas en una buena alternativa desde el punto de vista ecológico y económico para la descontaminación de aguas. (J. Ariza, P. Gañan, F.E. Chigbo), La metodología empleada consistió en tomar 8 muestras a diferente turbidez, el agua enturbada a diferentes valores, para luego ser colocado en el filtro ecológico de biomasa seca de Jacinto de agua, dentro de este filtro contaba con biomasa seca, el cual estuvo a diferente diámetro en el cual hicimos una comparación con un filtro de arena, con respecto al Jacinto de agua se acondicionó con sales de cloruro de zinc en una proporción de 1:1, para luego ser activada en una estufa a 90 °C, por 2 horas. Luego fue enjuagado con 0,5 N de HCl y abundante agua destilada, y secado nuevamente a 90 °C, durante 12 horas. El resultado fue un material activado con proporcionalidad a un carbón activado se variaron las proporciones de cloruro de zinc y biomasa para ver cuál de las expresiones activaba mejor. De las 8 muestras de agua que tuvieron una concentración desde los 160 y 200 ppm de sólidos totales; cambio después del tratamiento con el filtro ecológico, con Jacinto de agua, donde el mínimo fue 55,625 ppm y con el filtro de arena fue 79,38 ppm de sólidos totales. De esta manera se concluye que el Jacinto de agua es más eficiente para la eliminación de sólidos totales que con un filtro de arena.

Palabras claves: Sólidos totales, Jacinto acuático, biomasa, filtro ecológico.

ABSTRACT

The present study aims to demonstrate the capacity of the water hyacinth plant (*Eichhornia crassipes*), to adsorb total solids as well as heavy metals in the Altomayo ravine of the freckle district, dry biomass was used for the removal of total solids and metals heavy in the treatment of contaminated water. Thus, a simple and economical alternative is offered to solve two environmental problems due to its adsorption capacity of total solids and other heavy metals. The plant has been used in biological purification or phytoremediation systems to improve water quality. That is why it is used for the purpose of its beneficial action as a water decontaminant. They are especially used to remove heavy metals, total solids, suspended solids and dyes making them a good alternative from an ecological and economic point of view for water decontamination. (J. Ariza, P. Gañan, F.E. Chigbo), The methodology used consisted of taking 8 samples at different turbidity, the water clouded to different values, and then being placed in the ecological filter of dry water Hyacinth biomass, within this filter it had dry biomass, which was at different diameter in which we made a comparison with a sand filter, with respect to water hyacinth, it was conditioned with zinc chloride salts in a ratio of 1: 1, and then activated in an oven at 90 ° C, for 2 hours. It was then rinsed with 0.5 N HCl and plenty of distilled water, and dried again at 90 ° C, for 12 hours. The result was an activated material proportionally to an activated carbon; the proportions of zinc chloride and biomass were varied to see which of the expressions activated best. Of the 8 water samples that had a concentration from 160 and 200 ppm of total solids; change after treatment with the ecological filter, with water hyacinth, where the minimum was 55,625 ppm and with the sand filter it was 79.38 ppm of total solids. This concludes that water hyacinth is more efficient for the elimination of total solids than with a sand filter.

Keywords: Total solids, water hyacinth, biomass, ecological filter.

I. INTRODUCCIÓN

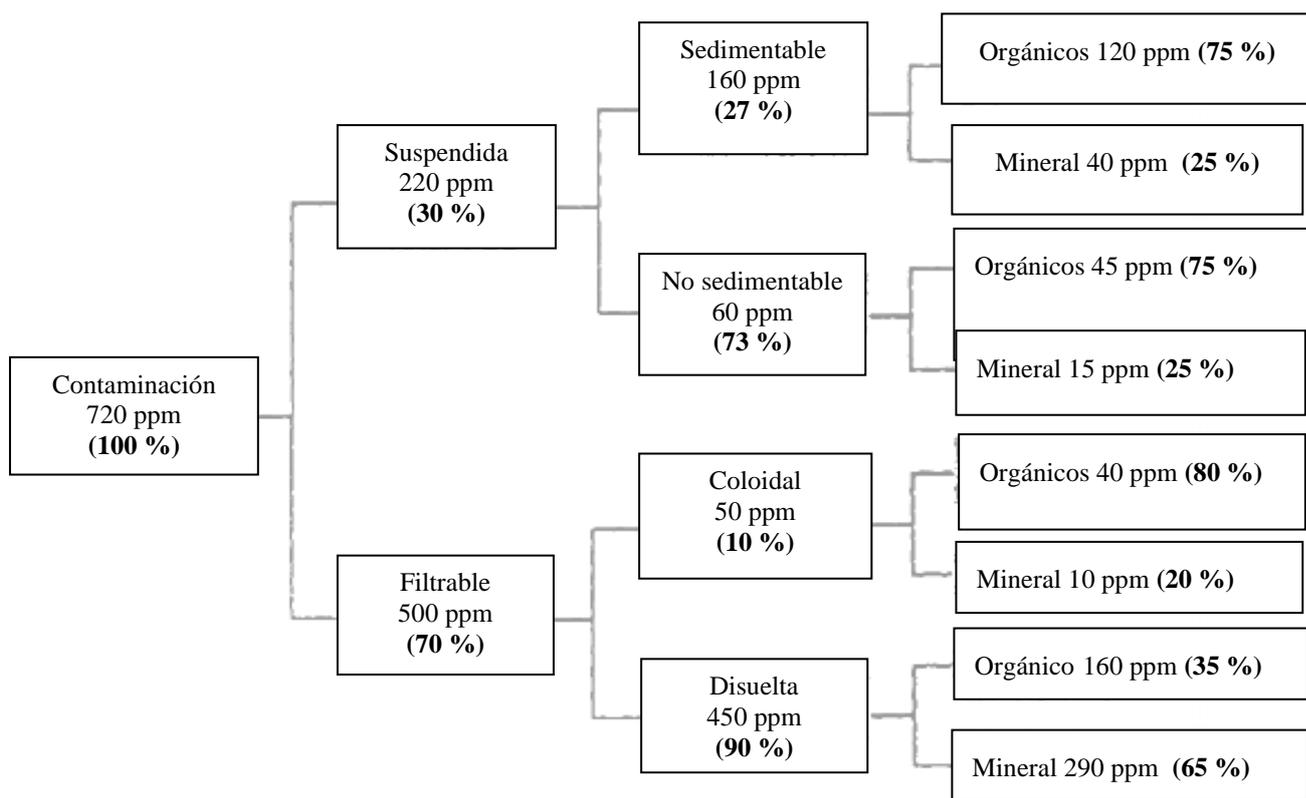
La importancia del agua es una realidad creciente en todo el mundo en vía de desarrollo. Los caudales de agua para consumo humano están bajo la amenaza creciente de la contaminación, con consecuencias de gran alcance para la higiene de niños y para el desarrollo económico y social de comunidades y naciones (UNICEF, 2014). Investigaron a la *Eichhornia crassipes*, en las raíces, tallos y hojas de muestras tomadas en la zona rural de Ourofino, MG. Comprobaron que 1 kg de la planta entera posee las siguientes cantidades de nutrientes: Nitrógeno:10,3 mg, Fosforo:1,6 mg, Potasio: 49,0 mg, Calcio: 25,8 mg, Magnesio: 10,5 mg, Azufre: 3,3 mg, Boro: 25mg, Carbono: 10436 mg, Cobre: 10,2 mg, Hierro: 8969 mg, Manganeso: 1415mg, Molibdeno:2,3 mg, Níquel: 4,0 mg y Zinc: 41,6 mg. Se hizo una comparación entre los nutrientes contenidos en el aguapé y en el estiércol de corral y se discute su posible uso como abono verde, fuente de materia orgánica y de minerales, entre estas malezas flotantes (macrofitas) se encuentra el Jacinto de Agua (*Eichhornia crassipes*), el cual tiene una amplia presencia en los cuerpos húmedos de Cundinamarca (Colombia), al presentar una alta capacidad invasiva desarrollando un esparcimiento elevado en estos sistemas acuáticos. Pero esta planta tiene la capacidad de transformar la materia orgánica y sobre todo acumular diferentes metales pesados en su morfología. En la presente investigación, se diseñó y construyó un biosistema de tratamiento para la retención y remoción de sólidos totales de aguas contaminadas por los residuos del proceso de las curtiembres, siendo la *Eichhornia crassipes*, el agente retenedor de estos compuestos contaminantes, donde se evidenció una solución económica y tecnológicamente viable para el sector industrial. (Malavolta et al., 1989). La utilización de plantas acuáticas como la *Eichhornia crassipes* ha sido desarrollada como un tratamiento secundario o terciario alternativo de aguas residuales o aguas contaminadas por sólidos totales y metales pesados, y ha demostrado ser eficiente en la remoción de una amplia gama de dichas sustancias, El agua puede contener, tanto, partículas en suspensión como compuestos solubilizados. Se definen los sólidos totales como, los residuos de material que quedan en un recipiente después de la evaporación de una muestra y su consecutivo secado en estufa a temperatura definida. Los sólidos totales incluyen los sólidos suspendidos - porción de sólidos totales retenidos por un filtro - y los sólidos disueltos totales, - porción que atraviesa el filtro. El origen de los sólidos disueltos puede ser múltiple, orgánico e inorgánico, tanto en aguas superficiales

como subterráneas. Los sólidos totales son el residuo que queda después que una muestra de agua residual ha sido evaporada y secada a una temperatura específica de 103 a 105°C (López, 2000).

a. Sólidos totales

Analíticamente, se define el contenido de sólidos totales como la materia que se obtiene como residuo después de someter al agua a un proceso de evaporación entre 103 y 105 °C. No se define como sólida aquella materia que se pierde durante la evaporación debido a su alta presión de vapor. Los sólidos sedimentables se definen como aquellos que sedimentan en el fondo de un recipiente de forma cónica (cono de Imhoff) en el transcurso de un periodo de 60 minutos (Muyibi y Evison, 1995).

En la **Figura 1** se indican los principales tipos de materiales que integran los sólidos filtrables y los no filtrables, y su tamaño aproximado (Olivero et al., 2013).



Fuente: (Tejada, 2015).

Figura 1. Composición de los sólidos totales en el agua contaminada

Los sólidos disueltos están compuestos de moléculas orgánicas e inorgánicas e iones en disolución en el agua. No es posible eliminar la fracción coloidal por sedimentación. Normalmente, para eliminar la fracción coloidal es necesaria la oxidación biológica o la coagulación complementadas con la sedimentación (Zhang, et al., 2006).

b. Sólidos sedimentables (SS)

Los sólidos sedimentables son aquellos sólidos que se sedimentan cuando el agua se deja en reposo durante 1 hora. Se determinan volumétricamente con el uso del *cono Imhoff*. Los sólidos sedimentables son los causantes de la turbiedad, debido a que producen dispersión de la luz que atraviesa la muestra de agua; se indica la profundidad a que deja de ser visible una marca u objeto patrón.

La turbidez es una medida importante en aguas potables, pues las pequeñas partículas coloidales, pueden portar gérmenes patógenos. En los cursos naturales de agua, la turbidez produce falta de penetración de luz natural, y por tanto, modifica la flora y fauna subacuática (Arboleda, 2000). Las aguas naturales, residuales o residuales tratadas con altos contenidos de sólidos sedimentables, no pueden ser utilizadas en forma directa por las industrias o las plantas potabilizadoras. La materia sedimentable se define como la cantidad de sólidos que en un tiempo determinado se depositan en el fondo de un recipiente en condiciones estáticas (Contreras et al., 2015).

c. Sólidos suspendidos totales (SST)

Son sólidos constituidos por sólidos sedimentables, sólidos y materia orgánica en suspensión y/o coloidal, que son retenidos en el elemento filtrante. Los sólidos suspendidos totales o el residuo no filtrable de una muestra de agua natural o residual industrial o doméstica, se definen como la porción de sólidos retenidos por un filtro de fibra de vidrio, que posteriormente se seca a 103 – 105 °C hasta un peso constante. El incremento de peso del filtro representa el total de sólidos suspendidos (Muyibi y Evison, 1995).

d. Sólidos disueltos totales (SDT)

Son las sustancias orgánicas e inorgánicas solubles en el agua y que no son retenidas en el material filtrante. El término *sólidos* hace alusión a materia suspendida o disuelta en un medio acuoso. La determinación de sólidos disueltos totales, mide específicamente el total de residuos sólidos filtrables (sales y residuos orgánicos) a través de una membrana con poros de 2.0 μm (o más pequeños). Los sólidos disueltos pueden afectar adversamente la calidad de un cuerpo de agua o de un efluente, de varias formas. Las aguas para el consumo humano, con un alto contenido de sólidos disueltos, son por lo general de mal agrado para el paladar y pueden inducir una reacción fisiológica adversa en el consumidor. Los análisis de sólidos disueltos son, también, importantes como indicadores de la efectividad de procesos de tratamiento biológico y físico de aguas residuales. El promedio de sólidos disueltos totales, para los ríos de todo el mundo, ha sido estimado en alrededor de 120 ppm. En el caso de los lagos, los valores de sólidos disueltos presentan una gran variación. La calidad del agua residual municipal, no debe exceder de 860 mg/L (Samia, 1989).

II. MATERIAL Y MÉTODOS

2.1 Lugar de estudio

La investigación se desarrolló en el distrito de La Peca, provincia de Bagua, región Amazonas, Perú, Geográficamente se encuentra entre las coordenadas UTM 784189 E y 9378787 N y la coordenada UTM 782837 S y 9378537 N, ocupando una longitud de 1.68 km, con un rango altitudinal que van desde los 720 m.s.n.m., hasta los 840 m.s.n.m., aproximadamente. El cual se encuentra ubicado a la altura del Parco, a 5 kilómetros de la Ciudad de Bagua, a la salida del centro poblado Achaguay, A los alrededores de dicha fuente de agua existen prácticas agrícolas, forestales y ganaderas las cuales ponen en riesgo la calidad y cantidad del agua

Criterios de selección para determinar longitud y cause:

Se tomaron criterios técnicamente que se puedan integrar a un sistema de integración gráfica (SIG) para determinar la longitud y cauce de la quebrada Altomayo, estos criterios fueron:

- Mapa de ubicación.
- Mapa base de la quebrada.
- Mapa del clima.
- Mapa geológico.
- Mapa de altura.
- Mapa de zona de vida y Mapa de ecosistema.

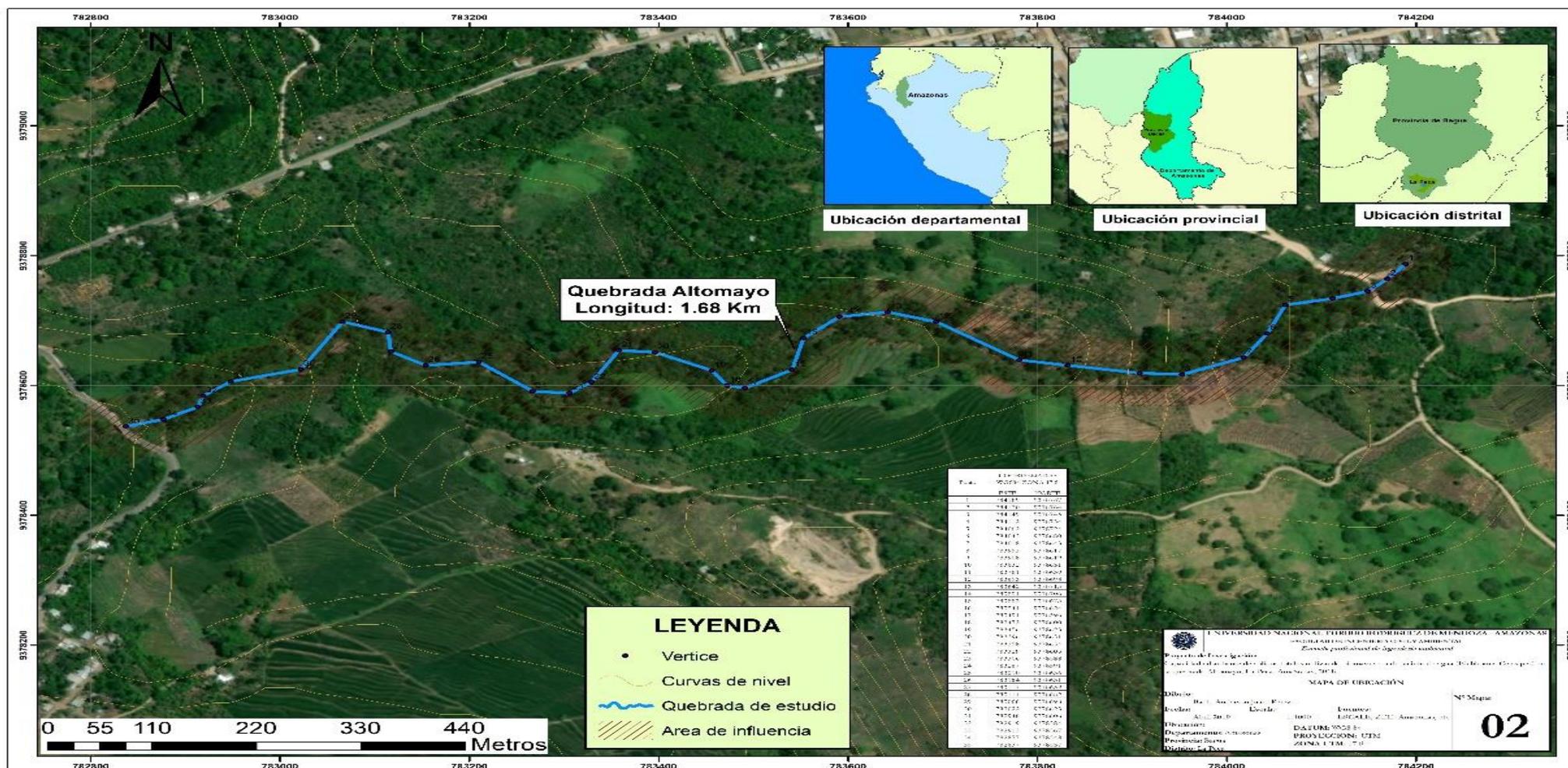
Datos cartográficos:

Se trabajó en formato vectorial con puntos poligonal, lineal y en formateo ráster como el modelo de elevación del terreno e imágenes satelitales sobre la quebrada Altomayo.

Generación de datos cartográficos:

Los insumos cartográficos se obtuvieron de fuentes oficiales del MINAM, ANA, INEI y ZEE – AMAZONAS.

Figura 02. Se muestra la ubicación del área de estudio: La quebrada Altomayo de la provincia de Bagua, en el distrito La Peca



Fuente: Elaboración propia

Figura 2. Mapa base de la quebrada Altomayo. Para la localización y ubicación geográfica a la que se refiere.

2.2 Diseño de investigación

Se desarrolló una investigación con diseño descriptivo, el mismo que fue orientado al cumplimiento de los objetivos del proyecto.

- Se diseñó la construcción de un piloto de laboratorio ecológico para la evaluación de la concentración de los sólidos totales del agua procedente de la quebrada Altomayo.
- La muestra de agua, fue envasada según normas de protección y seguridad para el análisis de aguas (Metcalf, 1995).
- Sometido a depuración de sólidos totales y por inherencia de la turbidez del agua, se procedió a determinar la eficiencia del filtro ecológico construido para el fin depurativo.
- El rendimiento del filtro ecológico construido fue comparado con una unidad de filtración convencional.
- La investigación fue descriptiva respecto a la normatividad vigente para la depuración y remediación de aguas (Directiva sobre Desinfección de Agua para Consumo Humano (Resolución de Superintendencia 190-97- SUNASS y la Directiva sobre Control de Calidad de Agua Potable (Resolución de Superintendencia 1121-99- SUNASS). Además, para la comprensión cabal de la calidad del agua, se realizó un estudio longitudinal prospectivo e instrumentos estandarizados como la observación estructurada, data secundaria estadística, normas estándares sobre las aguas superficiales, listas de chequeo, mapas de identificación del cauce del agua, etc.) desde el cauce de la quebrada Altomayo hasta el punto de llegada a población beneficiada.
- La investigación fue cuantitativa, por cuanto fue necesario aplicar metodologías de tratamiento de aguas para su purificación, tomándose como referencia las que enunció Metcalf, 1995. Los procedimientos de análisis y cálculos fueron graficados en el presente estudio con la toma de fotografías en el laboratorio de Esta investigación se basó en los resultados obtenidos en el Laboratorio de Suelos y Aguas (INDES-CES) – UNTRM. los perfiles del área de estudio mediante el uso de Sistema de Información Geográfica (SIG) y ArcGIS, las cuales se plasmaron en imágenes satelitales.

2.3 Materiales

❖ **Materiales, equipos y reactivos para los análisis Fisicoquímicos.**

Para la presente tesis se utilizaron los siguientes materiales, equipos y reactivos:

a) Materiales

- vasos de precipitación de 1 L
- 1 balanza electrónica.
- Pipetas de 1 y 5 ml
- 1 cucharilla
- 1 varilla de agitación
- pizetas para agua destilada

b) Equipos

- 1 pH-metro
- 1 equipo multiparámetro
- 1 estufa
- Cápsulas de porcelana para medición de sólidos totales

c) Reactivos

- $ZnCl_2$ (Cloruro de Zinc)
- HCl (Ácido Clorhídrico)

❖ **Materiales y equipos para la toma de muestras**

Para la toma de muestras se debe tener en cuenta el siguiente Protocolo de procedimientos. Preservación, conservación, transporte, almacenamiento y recepción de agua para consumo humano” (DIGESA, 2015). En esta investigación se utilizó lo siguiente.

a) Materiales

- Libreta de campo
- Etiqueta par la identificación de frasco de la toma de agua.
- Plumón indeleble
- Cinta masking
- Frasco de vidrio de 1 litro
- Guantes descartables

a) Equipos

- Cámara fotográfica
- Sistema de Posicionamiento Global (GPS)

2.4 Metodología

El agua utilizada para esta investigación procede de la quebrada Altomayo, y las plantas de (*Eichhornia crassipes*) obtenida del distrito de la peca del terreno de la familia Gonzales Salazar, insumos que sirvieron para el diseño del filtro ecológico.

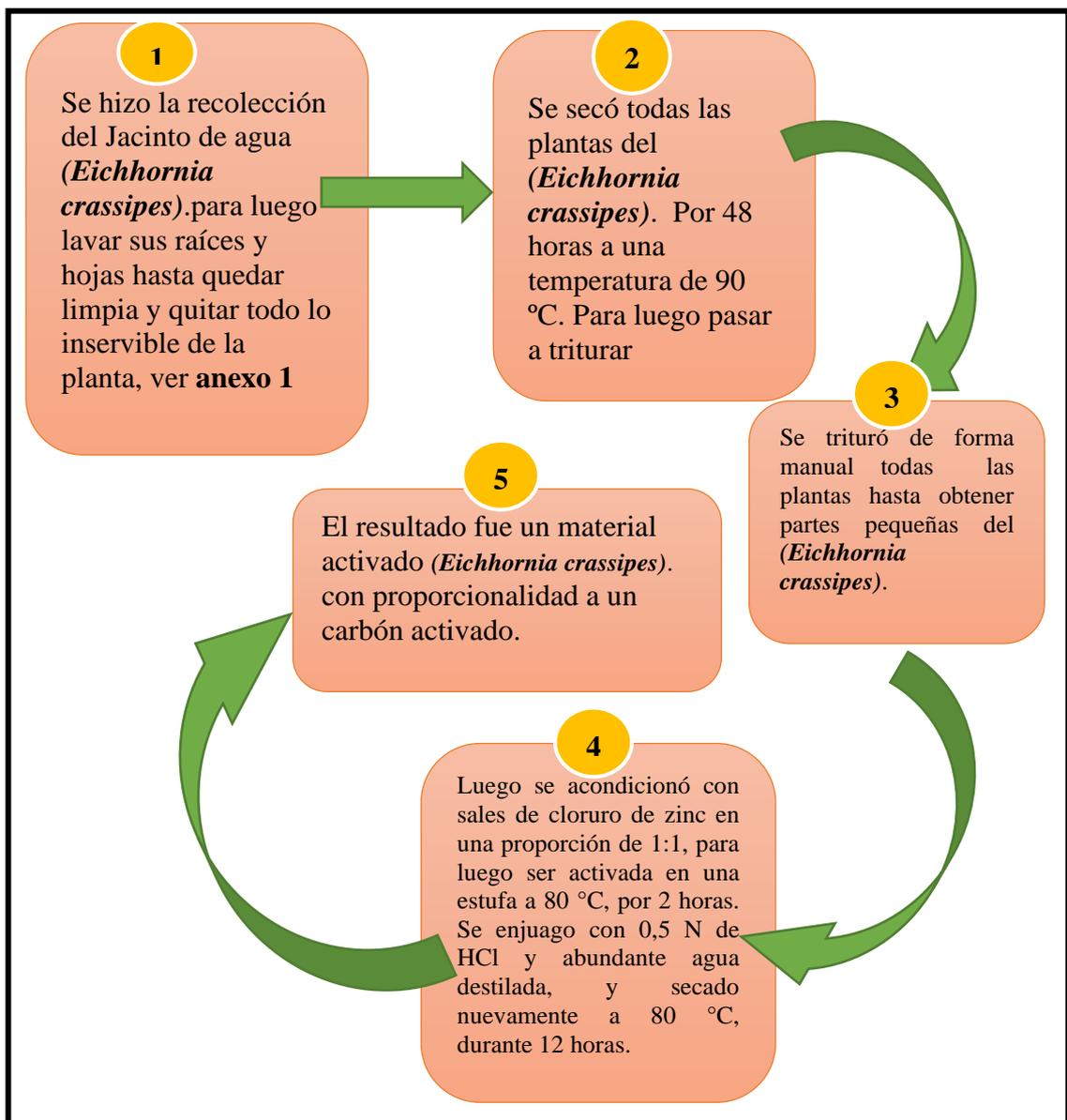
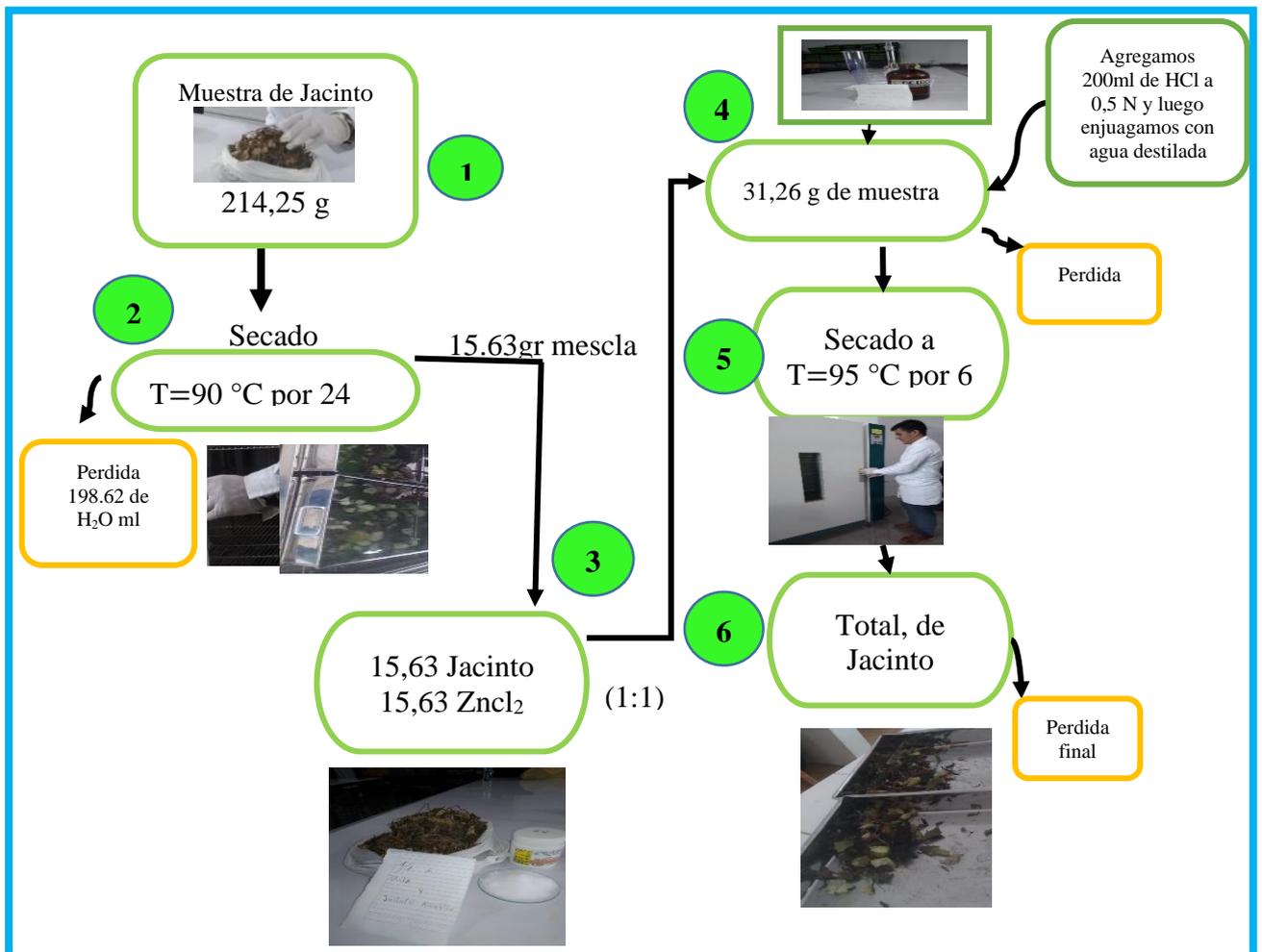


Figura 3. Proceso de elaboración de biomasa seca de Jacinto de agua.



Fuente: Elaboración Propia

Figura 4. Balance de masa

En la **Figura 4**. Se ha sintetizado el balance de masa del proceso de obtención de la biomasa seca del Jacinto de agua. En este esquema se observa que para el procesamiento se utilizó 214,25 gr de Jacinto de agua, teniendo una pérdida de masa de 198.62 g generadas por cada una de las etapas que conforman este proceso, el cual solo se obtuvo 15,63 g de Jacinto de agua con las cuales se trabajó en la investigación ver **Anexo 4**.

2.5 Métodos para recolección de muestras

❖ Selección de puntos de muestreo

Para la siguiente investigación se siguió el procedimiento del Protocolo de Procedimientos para la Toma de Muestras, Preservación, Conservación, Transporte, Almacenamiento y Recepción de agua , indica que se debe programar la ubicación y numero de muestras a tomar, previo estudio de las facilidades del acceso y medio de transporte hasta el punto de muestreo (DIGESA, 2015).

❖ Recolección de muestras de agua

Para el recojo de muestras de agua de los diferentes puntos se empleó la metodología del Protocolo de Procedimientos para la Toma de Muestras, Preservación, Conservación, Transporte, Almacenamiento y Recepción de agua (DIGESA, 2015).

Para los análisis fisicoquímicos la muestra se tomó en baldes de 50 litros de volumen; no se utilizó preservantes, hasta llegar al laboratorio (**Anexo 1**),

❖ Rotulación de las muestras

Se utilizó una cinta masking para rotular las muestras de agua y un lapicero indeleble la cual se añadieron los siguientes datos: Coordenadas, localidad, Fecha y hora del muestreo, tipo de análisis requerido y nombre del muestreado.

❖ Transporte de las muestras

Las muestras fisicoquímicas luego de ser colectadas del campo y debidamente rotuladas se trasladaron a un lugar fresco.

2.6 Métodos para determinar los parámetros fisicoquímicos

❖ Determinación de turbidez

La determinación de turbidez se realizó a través del método Nefelométricas, el cual se basa en una comparación de la intensidad de la luz dispersada por una muestra (muestra de agua objeto de estudio) a condiciones definidas junto con la intensidad de la luz dispersada por una suspensión estándar de referencia a las mismas condiciones, en otras palabras, una muestra la cual no deba tener turbiedad alguna y que pueda ser usada como referencia, en este caso agua

destilada. Cuanto mayor sea la intensidad de la luz dispersada por la muestra de agua, mayor es la turbidez, es decir; existe una relación directa entre la dispersión de la luz proveniente de la muestra y la turbidez (Ceron y Garzon, 2015).

Se utilizó el multiparámetro (DR 900- HACH) del Laboratorio de Suelos y Aguas del (INDES-CES), debidamente calibrado ver Figura 5.

Procedimiento de la muestra.

- Al equipo se configuró para realizar la medición de turbidez.
- Se limpió y agregó agua destilada a la cubeta de calibración.
- Se calibró el equipo introduciendo la cubeta y obteniendo valores de cero.
- Se procedió a retirar la cubeta de calibración, se limpió y agregó la muestra en otra cubeta donde se introdujo al equipo para su lectura.
- Se registró los datos que fueron expresado en Unidad Nefelométricas de Turbidez (UNT).
- Se enjuagó las cubetas con agua destilada y se procedió al apagado y guardado del equipo.



Figura 2. Determinación de la Turbidez

La Figura 5 muestra el funcionamiento del equipo multiparametro (DR 900 - HACH) medidor de turbidez, dentro de la celda que se encuentra en la parte superior se dispuso la muestra de agua de diferente objeto de estudio y se procede a hacer la lectura de la turbidez.

2.7 Población, muestra y muestreo

2.7.1 Población:

La población de esta investigación, fue un total de 50 litros de agua porque se utilizaron 5 litros para cada prueba se creyó conveniente realizar 8 muestras debido a que se hizo comparaciones de filtros de arena con un filtro de Jacinto de agua para comparar resultados. Para su evaluación se recurrió a la siguiente metodología ver Figura 6:

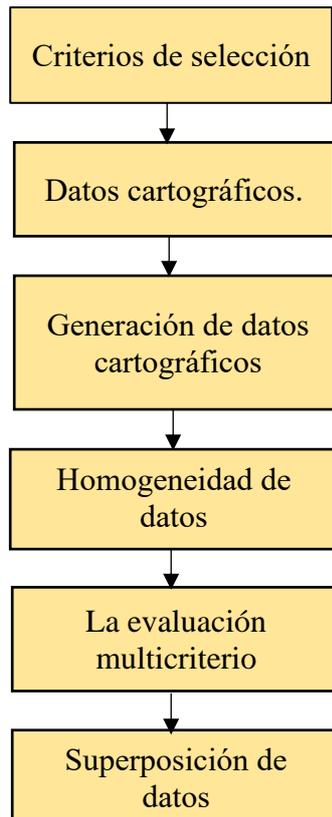


Figura 6. Metodología para captura de imágenes SIG

2.7.2 Muestra:

Para realizar la toma de la muestra fue necesario viajar a la quebrada Altomayo tomando en cuenta todas las recomendaciones técnicas formuladas por (Metcalf y Eddy, 1995) y así extraer 50 litros, las muestras fueron tomadas en diferentes puntos, con el fin de obtener valores de turbidez, el volumen del agua fue utilizado para el análisis inicial de los parámetros físicoquímico, sobre la toma de muestras líquidas para el análisis de agua en el Laboratorio de Suelos y Aguas del Instituto de Investigación para el Desarrollo Sustentable de Ceja de Selva (INDES-CES)

2.7.3 Muestreo:

El muestreo se realizó a lo largo de la quebrada Altomayo de acuerdo al “Protocolo de procedimientos para la toma de muestras, preservación, conservación, transporte de agua realizado por el DIGESA en el año 2015.

Para obtener los puntos de Muestreo y tener la ubicación geográfica exacta donde se realizó el estudio, fue referenciado con un navegador GPS.

2.7.4 Análisis de datos

Se utilizaron tres tratamientos (T_1 =Turbidez; T_2 = Sólidos pasados por un filtro de Jacinto de Agua; T_3 = Sólidos pasados por filtro de arena) con ocho repeticiones cada tratamiento y se utilizó el Diseño Completamente al Azar (DCA), donde se determinó si es altamente significativo (**) o solo significativo (*) y la no significancia (NS) de los parámetros, de los datos de cada parámetro:

- 1) Se planteó las hipótesis nula (donde indica que los tratamientos son iguales es decir no existe diferencia significativa) además se planteó la hipótesis alternativa (que al menos un tratamientos es diferente).
- 2) Se realizó el análisis de varianza, que tiene por finalidad definir si existe diferencia altamente significativa (**), significativa (*), no significativo (ns), para ello se realizaron los cálculos respectivos con respecto a los parámetros trabajados.
- 3) Se realizara las gráficas para demostrar si existe interacción entre los tratamientos o no existe, si existe interacción es porque las variables de los factores son dependientes y cuando no existe interacción es porque las variables de los factores son independientes.
- 4) En los parámetros trabajados se ha obtenido que existe una diferencia altamente significativa es por ello que se desarrolló la prueba DUNCAN, para determinar cuál tratamiento tiene menor promedio diferencia altamente significativa.
- 5) Además se puede realizar la prueba T de student para analizar si existe diferencia significativa entre ambos grupos.

III. RESULTADOS

3.1 Análisis fisicoquímicos.

❖ Características fisicoquímicas de las muestras tratadas, pasadas por un filtro con Jacinto de agua y un filtro de arena.

Una vez realizado el tratamiento con un filtro de Jacinto de agua y un filtro con arena a una dosis 800 ml para cada prueba, se evaluó los parámetros fisicoquímicos, analizando la turbidez y sólidos totales, Los resultados obtenidos de los análisis fisicoquímicos (Turbidez, y sólidos totales) de las muestras, se obtuvo lo siguiente

Tabla 1. Análisis fisicoquímicas de la muestra problema

Análisis fisicoquímicas de la muestra problema			
Parámetros Fisicoquímicos			
		Repeticiones	
Parámetros	Unid.	R₁	R₂
Sólidos totales	ppm	79.687	74.9
Turbidez	UNT	160	115

3.2 Análisis de resultados

Tabla 2. Resultados de los análisis fisicoquímicos en las ocho repeticiones (Turbidez, Sólidos pasados por un filtro de Jacinto de Agua, Sólidos pasados por filtro de arena).

Repeticiones	Turbidez	Sólidos pasados por un filtro de Jacinto de Agua	Sólidos pasados Por filtro de arena.
R ₁	112	56	71
R ₂	115	75	83
R ₃	148	56	79
R ₄	160	80	95
R ₅	165	78	98
R ₆	170	81	100
R ₇	180	85	118
R ₈	200	93	148

Fuente: Elaboración propia

Según la Tabla 2 se observa que los valores de los análisis fisicoquímicos según las ocho repeticiones de los tres tratamientos (Turbidez, Sólidos Totales pasados por un filtro de Jacinto de Agua, Sólidos Totales pasados por filtro de arena).

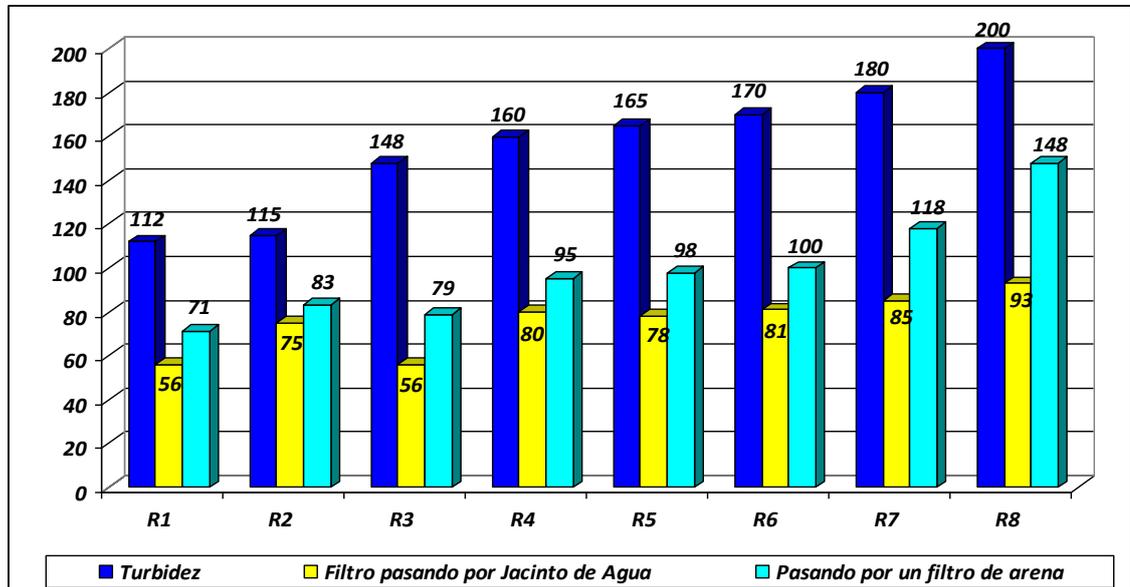


Figura 7. Análisis fisicoquímicos en las ocho repeticiones (Turbidez, Sólidos Totales pasados por un filtro de Jacinto de Agua, Sólidos Totales pasados por filtro de arena).

Según la Figura 7, se observa las ocho repeticiones de los tres tratamientos (Turbidez, Sólidos Totales pasados por un filtro de Jacinto de Agua, Turbidez, Sólidos Totales pasados por filtro de arena)

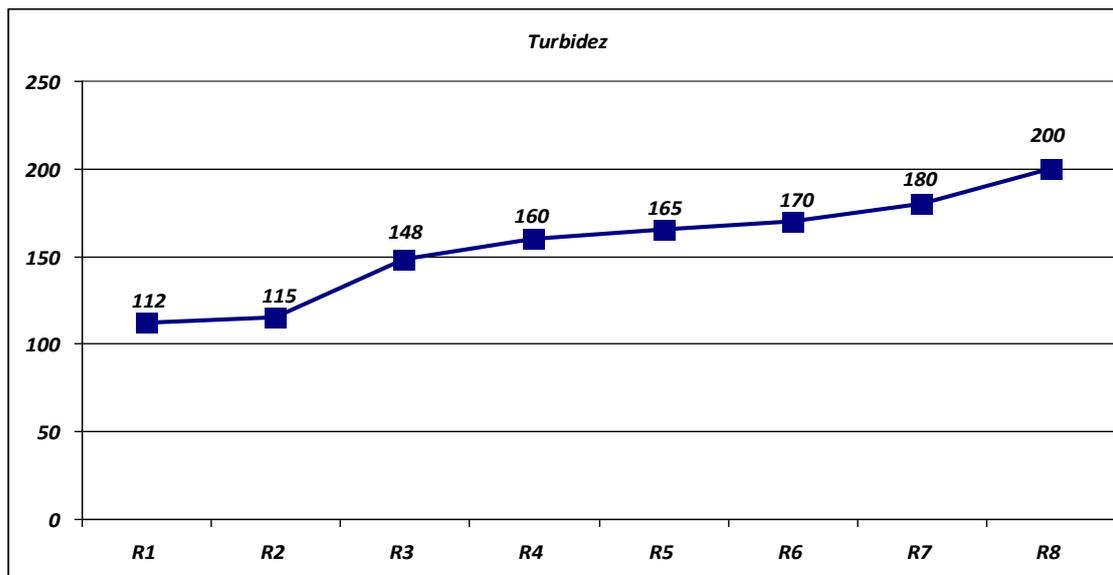


Figura 8. Análisis fisicoquímicos en las ocho repeticiones (Turbidez)

Según la Figura 8, se observa las ocho repeticiones del tratamiento Turbidez está en aumento los valores de los análisis fisicoquímicos

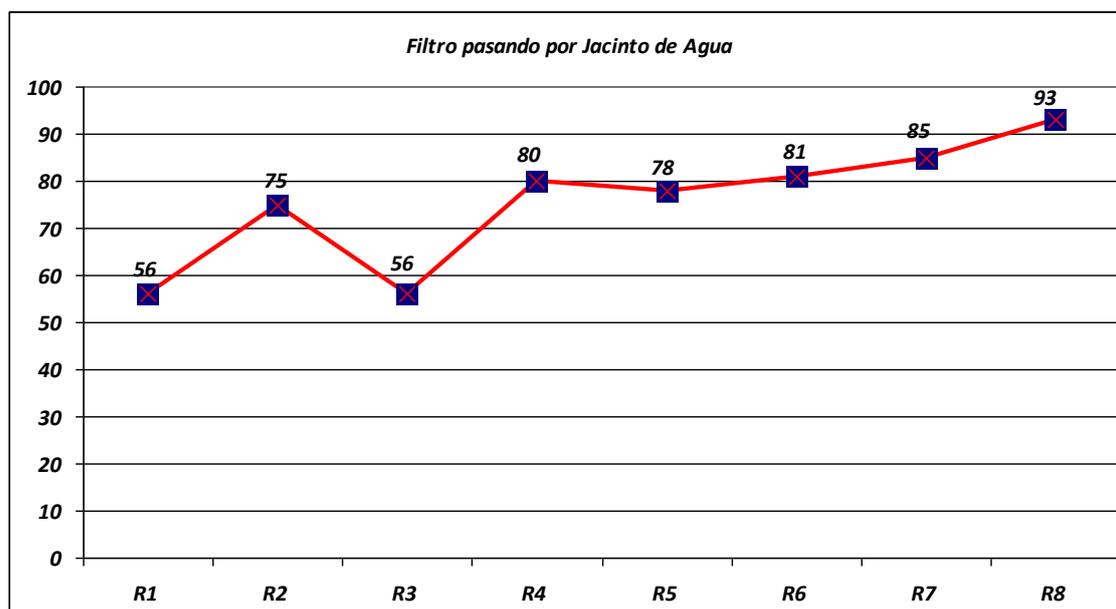


Figura 9. Análisis fisicoquímicos en las ocho repeticiones (Sólidos Totales pasados por un filtro de Jacinto de Agua)

Según la Figura 9 se observa las ocho repeticiones del tratamiento Sólidos pasados por un filtro de Jacinto de Agua está en aumento los valores de los análisis fisicoquímicos.

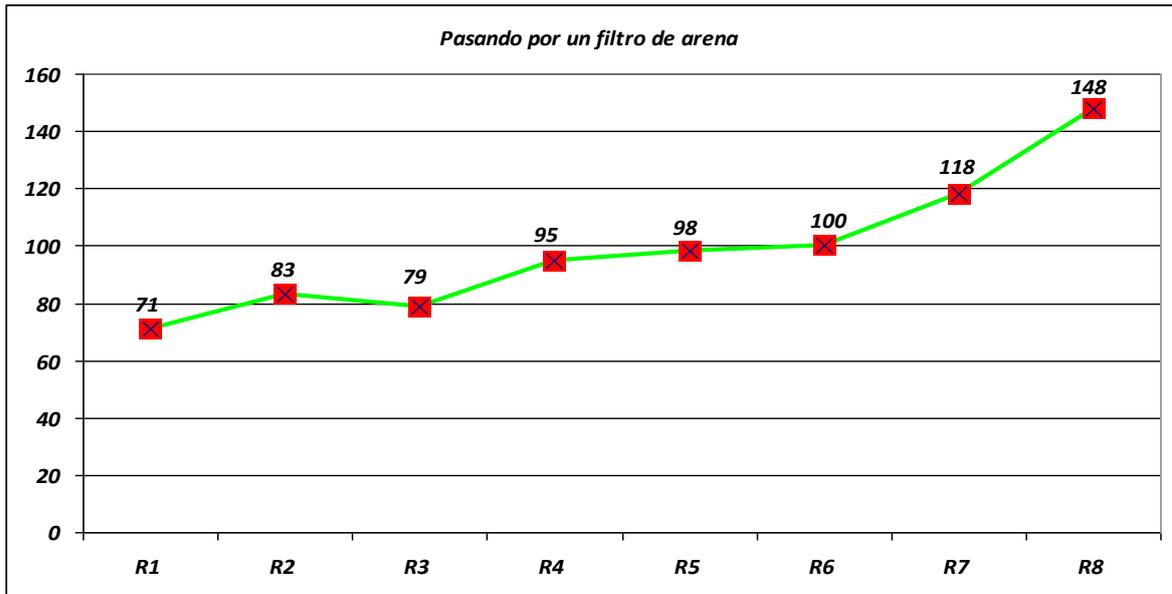


Figura 10. Análisis fisicoquímicos en las ocho repeticiones (Sólidos Totales pasados por filtro de arena).

Según la Figura 10 se observa las ocho repeticiones del tratamiento Sólidos Totales pasados por filtro de arena está en aumento los valores de los análisis fisicoquímicos.

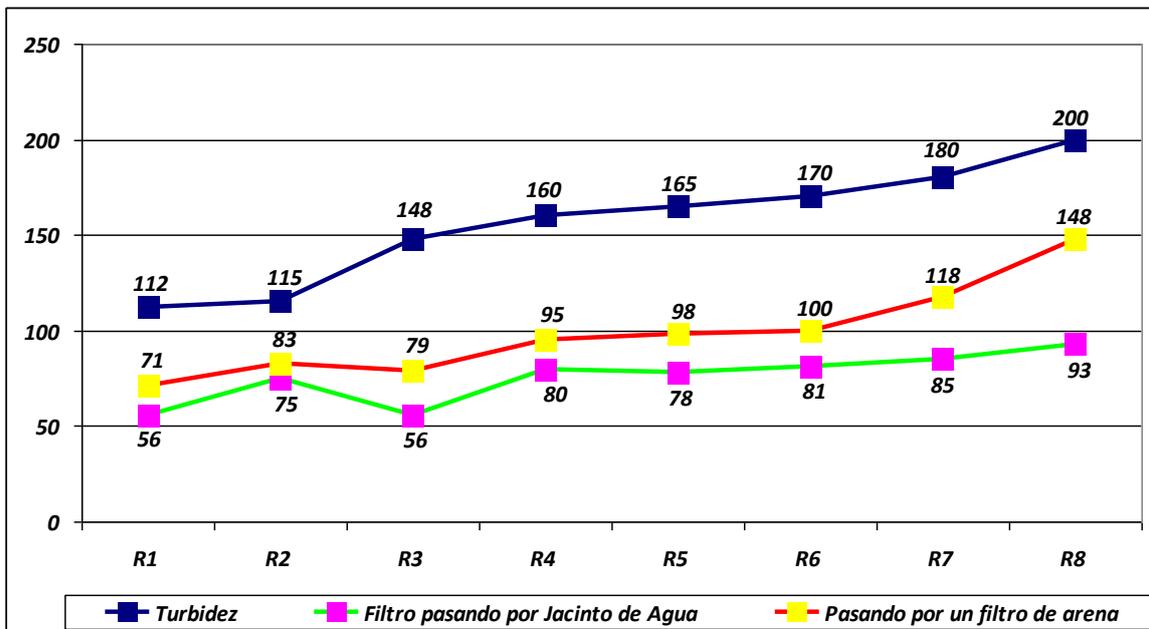


Figura 11. Análisis fisicoquímicos en las ocho repeticiones (Turbidez, Sólidos Totales pasados por un filtro de Jacinto de Agua, Sólidos Totales pasados por filtro de arena).

Según la Figura 11 se observa las ocho repeticiones de los tres tratamientos (Turbidez, Sólidos Totales pasados por un filtro de Jacinto de Agua, Sólidos Totales pasados por filtro de arena) observándose que para cada turbidez la remoción de sólidos totales es mejor con el Jacinto de Agua.

Tabla 3. Medidas Estadísticas de las ocho repeticiones (Turbidez, Sólidos Totales pasados por un filtro de Jacinto de Agua, Sólidos Totales pasados por filtro de arena).

Medidas Estadísticas	Turbidez	Sólidos pasados por un filtro de Jacinto de Agua	Sólidos pasados por filtro de arena
Media	156.5	75.5	99
Mediana	162.5	79	96.5
Moda	No hay	56	No hay
Desviación Estándar	30.44	13.17	24.55
Varianza de la muestra	926.5	173.43	602.86
Coefficiente de Asimetría	38.45	69.55	116.32
Mínimo	112	56	71
Máximo	200	93	148
Rango	88	37	77

Fuente: Elaboración propia

Según la Tabla 3 se observa las medidas estadísticas:

Turbidez el promedio es de 156.5 además hasta el 50% de los datos es 162.5 (Mediana) la dispersión de los datos es de 30.44 con un coeficiente de asimetría de 38.45% es decir los valores son heterogéneos su valor máximo es de 200 y el valor mínimo es 112 con un rango de 88.

Los Sólidos pasados por un filtro de Jacinto de Agua el promedio es de 75.5 además hasta el 50% de los datos es 79 (Mediana) el valor que más se repite es 56

(Moda) la dispersión de los datos es de 13.17 con un coeficiente de asimetría de 69.55% es decir los valores son heterogéneos su valor máximo es de 93 y el valor mínimo es 56 con un rango de 37.

Los Sólidos pasados por filtro de arena el promedio es de 99 además hasta el 50% de los datos es 96.5 (Mediana) la dispersión de los datos es de 24.55 con un coeficiente de asimetría de 116.32% es decir los valores son heterogéneos su valor máximo es de 148 y el valor mínimo es 71 con un rango de 77.

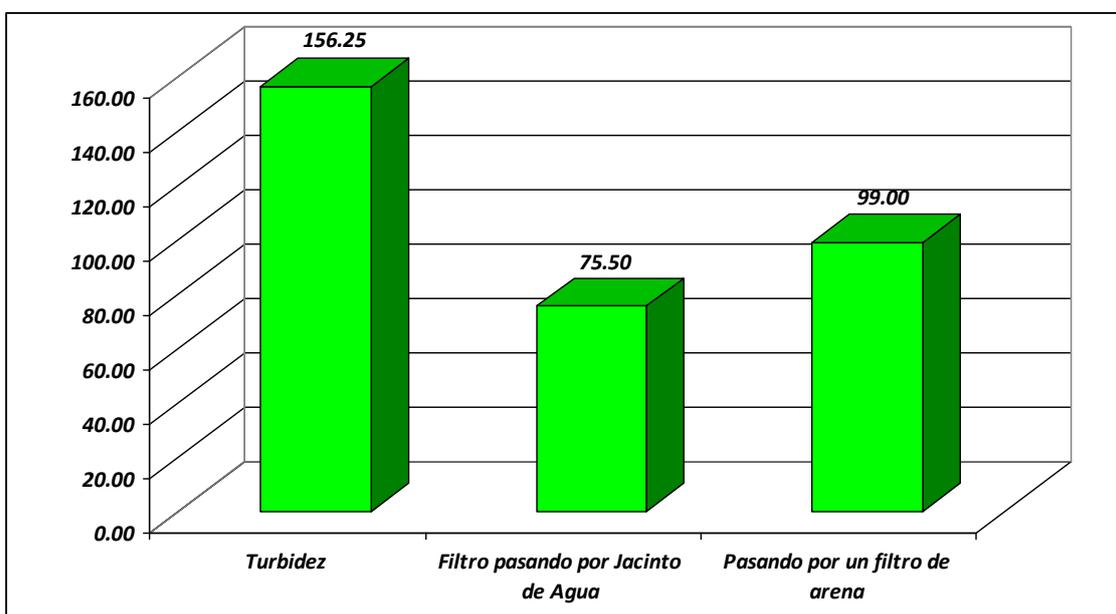


Figura 12. Medidas Estadísticas (Promedio) de las ocho repeticiones (Turbidez, Sólidos Totales pasados por un filtro de Jacinto de Agua, Sólidos Totales pasados por filtro de arena).

Según la Figura 12, se observa que los valores de los análisis fisicoquímicos el promedio de Turbidez es de 156.25 mientras que el promedio de Sólidos Totales pasados por un filtro de Jacinto de Agua es de 75.50 y el promedio de los Sólidos Totales pasados por filtro de arena es de 99.00, observándose que el tratamiento con Jacinto de agua es mejor que con arena.

3.3 Análisis de varianza de un diseño completo al azar (DCA)

HIPÓTESIS:

Hipótesis Nula.- $H_o : T_i = 0$ Los promedios de los tratamientos son iguales

Hipótesis Alternativa.- $H_i : T_i \neq 0$ Los promedios de los tratamientos son diferentes

NIVEL DE SIGNIFICANCIA: $\alpha = 0.05$

ESTADÍSTICA DE PRUEBA: ANOVA

Tabla 4. Análisis de varianza de un modelo diseño completo al azar

Fuente de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	Prueba F
Media	M_{yy}	1	$M = \frac{M_{yy}}{1}$	$F = \frac{T}{E}$
Tratamiento o Error	T_{yy}	$t - 1$	$T = \frac{T_{yy}}{t - 1}$	
	E_{yy}	$t(n - 1)$	$E = \frac{E_{yy}}{t(n - 1)}$	
Total	$\sum Y_{ij}^2$	$n_i t$		

$$M_{yy} = \frac{(\sum Y_{ij})^2}{nt} \quad T_{yy} = \frac{\sum T_i^2}{ni} - M_{yy} \quad E_{yy} = \sum Y_{ij}^2 - M_{yy} - T_{yy}$$

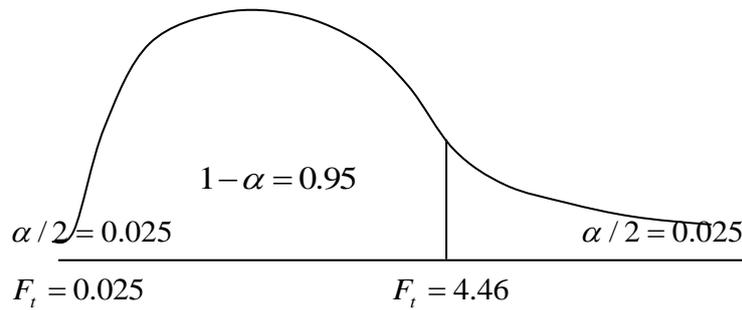
$$M_{yy} = \frac{2460^2}{8*3} = 291721.5 \quad T_{yy} = \frac{1250^2}{8} + \frac{604^2}{8} + \frac{792^2}{8} - 291721.5 = 27601$$

$$E_{yy} = 331242 - 291721.5 - 27601 = 11919.5$$

Tabla 5. Análisis de varianza de un modelo diseño completo al azar

Fuente de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	Prueba F
Media	$M_{yy} = 291721.5$	1	$M = \frac{M_{yy}}{1} = 291721.5$	$F = \frac{T}{E} = 24.31$
Tratamiento o Error	$T_{yy} = 27601$	$t - 1 = 3 - 1 = 2$	$T = \frac{T_{yy}}{t - 1} = 13800.5$	
	$E_{yy} = 11919.5$	$t(n - 1) = 3 * 7 = 21$	$E = \frac{E_{yy}}{t(n - 1)} = 567.6$	
Total	$\sum Y_{ij}^2$	$n_i t = 75$		

REGIONES:



DECISION:

Ho se Rechaza, por lo tanto los tratamientos (T_1 ; T_2 ; T_3) son diferentes, mediante el Análisis de Varianza (ANOVA) a un nivel de significancia del 5%, es por eso que se aplicara la Prueba DUNCAN para realizar cual tratamiento con menor valor de los análisis fisicoquímicos.

Aplicación de la Prueba DUNCAN

1. Utilizado para comparar pares de medias.
2. Para el Test de Duncan, las medias de los tratamientos (con el mismo tamaño de muestra) son colocadas en orden creciente y el error estándar de cada media es

Determinada por:

$$S_{yx} = \sqrt{\frac{CME}{n}}$$

FORMULA

Este procedimiento usa los valores de la tabla $t=9$ y consiste en calcular varios rangos (duncan los llama rangos significativos mínimos) dados por la formula

$$R_p = r_\alpha(p, f) \sqrt{\frac{CM_E}{n}}$$

Restricción: igual número de repeticiones en tratamientos.

Donde los valores de $r_\alpha(p, f)$ para $p=2, \dots, \alpha$ se obtienen de tablas,

α = es igual el nivel de significación

f = número de grados de libertad del error

		T₂	T₃	T₁
		75.5	99	156.25
T₁	156.25	80.75	57.25	0
T₃	99	23.5	0	
T₂	75.5	0		

1°.- Calcular las medias

Promedio 01=156.25

Promedio 02=75.5

Promedio 03=99

2° Ordenar en forma ascendente

Promedio 01

Promedio 03

Promedio 02

3°

		T₂	T₃	T₁
		75.5	99	156.25
T₁	156.25	80.75	57.25	0
T₃	99	23.5	0	
T₂	75.5	0		

$$T_1 - T_2 = 156.25 - 75.5 = 80.75$$

$$T_1 - T_3 = 156.25 - 99 = 57.25$$

$$T_3 - T_2 = 99 - 75.5 = 23.50$$

4°

Calculo del error estándar

$$S_{yx} = \sqrt{\frac{CME}{n}} = \sqrt{\frac{567.6}{3}} = 13.755$$

5°

Calculo del comparador DUNCAN

Medias	2	3
r=0.05	2.94	3.09
Sy	13.755	13.755
Cd	40.4397	42.5030

6°

Comparaciones de las medias en valores absolutos

$$T_1 - T_2 = 156.25 - 75.5 = 80.75 \quad \text{Es Significativo}$$

$$T_1 - T_3 = 156.25 - 99 = 57.25 \quad \text{Es significativo}$$

$$T_3 - T_2 = 99 - 75.5 = 23.50 \quad \text{No significativo}$$

Hay diferencia significativa entre el T₁ y T₂ (T₂ es mejor) además en el T₁ y T₃ (T₃ es mejor) mientras que el tratamiento T₃ y T₂ no hay diferencia.

Sólidos Totales pasados por un filtro de Jacinto de Agua

Sólidos Totales pasados por filtro de arena

$$\bar{X}_1 = \frac{\sum Xi}{n} = 75.50$$

$$\bar{X}_2 = \frac{\sum Xi}{n} = 99$$

$$S_1^2 = \frac{\sum (X - \text{Prom})^2}{n-1} = 173.43$$

$$S_2^2 = \frac{\sum (X - \text{Prom})^2}{n-1} = 602.86$$

$$S_1 = \sqrt{S^2} = 13.17$$

$$S_2 = \sqrt{S^2} = 24.55$$

$$n_1 = 08$$

$$n_2 = 08$$

$$S_p^2 = \frac{(n_1 - 1)S_1^2 + (n_2 - 1)S_2^2}{n_1 + n_2 - 2} = \frac{(08 - 1)173.43 + (08 - 1)602.86}{08 + 08 - 2} = 388.145$$

$$S_p = 19.701$$

CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS

HIPÓTESIS.-

Hipótesis Nula: $H_0 : U_2 = U_1$

Hipótesis Alternativa: $H_1 : U_2 > U_1$

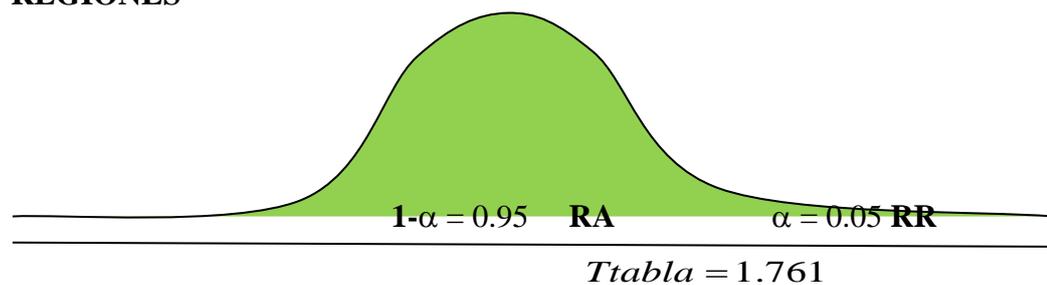
NIVEL DE SIGNIFICANCIA: $\alpha = 0.05$

ESTADÍSTICA DE PRUEBA: Distribución T de Student

$$T = \frac{(\bar{X}_2 - \bar{X}_1) - (U_2 = U_1)}{S_p \sqrt{\frac{1}{n_2} + \frac{1}{n_1}}} = \frac{(99 - 75.50) - 0}{19.701 \sqrt{\frac{1}{08} + \frac{1}{08}}} = 2.39$$

Grado de libertad $n_1 + n_2 - 2 = 08 + 08 - 2 = 14$ Tabla=1.761 con un nivel de significancia del 5%

REGIONES



DECISIÓN:

H_0 se Rechaza, por lo tanto el promedio del grupo 02 es mayor al promedio del grupo 01 es decir el que tiene menos valor de análisis fisicoquímicos (Sólidos pasados por un filtro de Jacinto de Agua) , a un nivel de significancia del 5%.-

De la parte estadística se concluye que:

- ❖ Por lo tanto los tratamientos (T_1 ; T_2 ; T_3) son diferentes, mediante el Análisis de Varianza (ANOVA) a un nivel de significancia del 5%, es.
- ❖ La Prueba DUNCAN precisa que los tratamientos T_1 y T_2 (T_2 es mejor).
- ❖ La Prueba DUNCAN precisa que los tratamientos T_1 y T_3 (T_3 es mejor).
- ❖ Por lo tanto el promedio del grupo 02 es mayor al promedio del grupo 01 es decir el que tiene menos valor de análisis fisicoquímicos (Sólidos Totales pasados por un filtro de Jacinto de Agua), a un nivel de significancia del 5%.

IV. DISCUSIÓN

- El Jacinto acuático, se convierte en un excelente bio filtro debido a la activación de sus poros lo cual permite la formación de orificios en su estructura que posibilita la retención de material particulado, mediante este procedimiento físico se pudo alcanzar una eficiencia en promedio 51.035 % con Jacinto de agua y 36.5 % con filtro de arena sobre los sólidos totales además puede ser utilizado para la retención de metales pesados por su característica morfológica. Por otra parte, es un cultivo que no requiere de exigencias para su desarrollo vegetativo, además se está demostrando que con un filtro de Jacinto de agua la retención de solidos totales es mejor en 14.35 % que de un filtro de arena.

Carreño Sayago, U. F. (2016), hace referencia al Jacinto acuático como una macrofita con "...una alta capacidad invasiva desarrollando un esparcimiento elevado en estos sistemas acuáticos. Además, tiene la capacidad de transformar la materia orgánica y sobre todo acumular diferentes metales pesados, como el cromo en su morfología...".

A su vez, (Caldera, *et al.*, 2011), utilizó sustancias coagulantes de procedencia química como el sulfato de aluminio (Al_3SO_4), y en sus investigaciones sobre efectos coagulantes obtuvo una eficiencia cercana al 75 % de remoción sobre la turbidez y sólidos totales del agua residual utilizadas en avícolas. Naturalmente, filtro activado orgánico siempre obtendrá valores mayores de remoción debido precisamente a la activación que da lugar a la formación de poros que tienen mayor capacidad de retener partículas en suspensión. Por ello en la presente investigación se ha tenido eficiencia desde el 51.035 % con Jacinto de agua y 36.5 % con filtro de arena. La única contra parte a los filtros activados es la necesidad de insumos químicos como el cloruro de zinc ($ZnCl_2$) y la necesidad de una fuente de calor.

La quebrada Altomayo, recorre una longitud de 1.68 kilómetros. Lo que se observó es la foresta en la cabecera de la cuenca, lo que por ahora garantiza la afluencia de agua (Castro, W.F. 2010). Para el distrito de La Peca.

V. CONCLUSIONES

- La quebrada Altomayo, distrito La Peca, del distrito Bagua Capital, se encuentra geográficamente entre las coordenadas UTM 784189 E y 9378787 N y la coordenada UTM 782837 S y 9378537 N, ocupando una longitud de 1.68 km, con un rango altitudinal que van desde los 720 m.s.n.m., hasta los 840 m.s.n.m., aproximadamente. El agua durante el invierno arrastra una cantidad de turbidez que llegan hasta 156.5 UNT en promedio (resultado de promediar ocho muestras), esto se explica por el arrastre de lodos. Al ser filtrados mediante el Jacinto acuático activado (con cloruro de zinc y calor) puede alcanzarse la remoción de sólidos totales hasta los 75.5 ppm en promedio y con filtro de arena de 99 ppm.
- Según la norma nacional de calidad ambiental para efluentes sobre agua dulce publicado: (Diario El Peruano, 17 marzo 2010), las quebradas naturales y expuestas a drenajes o contaminaciones deberán contener como máximo 150 ppm de sólidos totales. Por ende el biofiltro puede ser una herramienta de depuración de las aguas con alto grado de turbidez.
- Los sólidos totales no necesariamente se consignan como un contaminante del agua, a excepción cuando sobre pase los 1000 ppm. sin embargo, cuando una comunidad no tiene planta de tratamiento de agua potable, como es el caso del distrito La Peca, se hace exigente reducir la presencia de sólidos totales, por debajo de la norma establecida.
- El agua evaluada fue tomada desde la quebrada Altomayo, ubicada en las alturas del distrito La Peca, en la provincia de Bagua ; durante la época de inviernos, que tiene la particularidad de arrastrar muchos sólidos disueltos suspendidos y volátiles. Generando mucha turbidez y un alto contenido de sólidos totales , Los cálculos sobre el análisis de la turbidez fueron realizados en el laboratorio de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, encontrándose que un promedio de 156.5 UNT en el agua sin ningún tratamiento; en cambio en el agua que fue sometido a una filtración en una unidad filtrante en base al Jacinto acuático, se encontró un promedio de 75.5 ppm de sólidos totales y pasado por un filtro de arena su promedio fue de 99 ppm. A diferencia de (Contreras Lozano *et al.*, 2015), que logró reducciones menores de 200 ppm de sólidos totales al utilizar mucílago de tuna (nopal)

VI. RECOMENDACIONES

- A las autoridades municipales del distrito La Peca, se recomienda que a la brevedad posible inicie los estudios de un proyecto de inversión pública para la potabilización del agua, debido que actualmente, la población consume solamente el agua procedente de la quebrada Altomayo, con las condiciones naturales que se han discutido en la presente investigación. Ya que la norma para agua de consumo humano con respecto a turbidez es de 5 UNT.
- A las autoridades universitarias, se les recomienda fomentar investigaciones con productos regionales como lo es el Jacinto acuático, que se cultiva libremente por las sequias donde recorre una pequeña cantidad de agua, o en su defecto cultivarla para futuras investigaciones.
- La remoción de sólidos totales en el caso del filtro de Jacinto de agua es mejor a un pH alcalino, mientras que en un filtro de arena el pH es relevante.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- J. Ariza, P. Gañan. F.E. Chigbo “Materiales compuestos a partir de biopolímeros y fibras vegetales, una alternativa natural.” Universidad Científica.
- Arboleda, J. (2000). Teoría Y práctica de la purificación de agua. Tercera edición, asociación colombiana de ingeniería sanitaria. Mc Graw Hill. Colombia
- Caldera, Y., Oñate, H., Rodríguez, Y., y Gutiérrez E. (2011). *Eficiencia del sulfato de aluminio durante el tratamiento de aguas residuales de una industria avícola*. Laboratorio de Investigaciones Ambientales. Centro de Investigación del Agua, Facultad de Ingeniería, Universidad del Zulia. Maracaibo, Venezuela. Revista Impacto científico. Vol. 6 N° 2, 2011, pp. 244 – 256.
- Carreño Sayago, U. F. (2016). *Diseño y evaluación de un bio-sistema de tratamiento a escala piloto de aguas de curtiembres a través de la Eichhornia crassipes*. Revista Colombiana de Biotecnología. Vol. 18 N°2. Bogotá July/Dec.
- Contreras Lozano, Karen P;Mendoza, Jairo y; Salcedo Mendoza G; Olivero Verbel R. y Mendoza ortega G; (2015). El nopal (Opuntia Ficus-indica) como coagulante natural complementario en la clarificación de agua. revista producción + limpia - enero -Junio del 2015. Volumen. 10, N°.1-40-50. Colciencias - Universidad de Sucre Colombia
- DIGESA (2015). “Protocolo de procedimientos para la toma de muestras, preservación, conservación, transporte, almacenamiento y recepción de agua para consumo humano”. N° 160-2015/DIGESA/SA.
- López, E. (2000). *Utilización de productos naturales en la clarificación de aguas para consumo humano*. Tesis para optar el grado de Maestría. Facultad de Ingeniería Química. Universidad de la Habana. Cuba.

- Malavolta E., Malavolta M, Cabral C. y Antonioli F. (1989). *En la composición mineral de jacinto de agua (Eichhornia crassipes)*. Revista Anales de la Escuela Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Vol. 46. N° 1, Piracicaba.
- Metcalf; Eddy INC. (1995). *Ingeniería de aguas residuales. Tratamiento, vertido y reutilización*. Tercera edición. Editorial McGraw-Hill. Madrid (España). 2 volúmenes.
- Muyibi, A y Evison, L (1995). *Optimización de los parámetros físicos que afectan a la coagulación de la turbia el agua*. Mc Graw Hill. Chile.
- Remoción de la turbidez del agua del río Magdalena usando el mucílago del nopal *Opuntia ficus-indica*. (s. f.). Recuperado 26 de junio de 2019, de <http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S1909-> Repositorio Institucional INGEMMET: Yacimientos paleontológicos del Perú y su puesta en valor para el conocimiento geohistórico de los Andes. (s. f.). Recuperado 30 de junio de 2019, de http://repositorio.ingemmet.gob.pe/handle/ingemmet/208604552013000100003&script=sci_abstract&tlng=es
- Samia, J. (1989). Uso apropiado de coagulantes naturales africanos para el abastecimiento de agua en el medio rural. Perú: CEPIS/OPS/OMS.
- Tejada B., (2015). *Efecto del uso del coagulante natural de (opuntia ficus-indica) en la calidad del agua del lado bajo del centro poblado San Antonio, distrito de Moquegua en la provincia Mariscal Nieto, región Moquegua 2015*. Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Ambiental. Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental. Universidad José Carlos Mariátegui. Moquegua. Perú.

Utilizacion-agroindustrial-del-nopal.pdf. (s. f.). Recuperado de

<http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/120301/Utilizacion-agroindustrial-del-nopal.pdf?sequence=1>

Olivero Verbel R; Mercado Martinez I. Y Montes Gazabon L. (2013) Remocion de la turbidez del agua del rio Magdalena Usando el mucilago del Opuntia ficus-Indica. Revista Produccion + Limpia -Enero -Junio de 2013. Vol. 8 , N°1-19.27. COLCIENCIAS -Universidad de Sucre. Colombia.

UNICEF. Agua, saneamiento e higiene ,12 de enero 2019. Disponible en Web: http://www.unicef.org/spanish/wash/index_43106.html.

Zhang J, et al. (2006) | SGD. (s. f.). Recuperado 30 de junio de 2019, de <https://www.yeastgenome.org/reference/S000117267>

VIII. ANEXOS

ANEXO 1: Análisis de varianza de un diseño completo al azar (DCA)

HIPÓTESIS:

Hipótesis Nula.- $H_o : T_i = 0$ Los promedios de los tratamientos son iguales

Hipótesis Alternativa.- $H_i : T_i \neq 0$ Los promedios de los tratamientos son diferentes

NIVEL DE SIGNIFICANCIA: $\alpha = 0.05$

ESTADÍSTICA DE PRUEBA: ANOVA

Tabla 4. Análisis de varianza de un modelo diseño completo al azar

Fuente de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	Prueba F
Media	M_{yy}	1	$M = \frac{M_{yy}}{1}$	$F = \frac{T}{E}$
Tratamiento	T_{yy}	$t - 1$	$T = \frac{T_{yy}}{t - 1}$	
Error	E_{yy}	$t(n - 1)$	$E = \frac{E_{yy}}{t(n - 1)}$	
Total	$\sum Y_{ij}^2$	$n_i t$		

$$M_{yy} = \frac{(\sum Y_{ij})^2}{nt} \qquad T_{yy} = \frac{\sum T_i^2}{ni} - M_{yy} \qquad E_{yy} = \sum Y_{ij}^2 - M_{yy} - T_{yy}$$

$$M_{yy} = \frac{2460^2}{8 * 3} = 291721.5 \qquad T_{yy} = \frac{1250^2}{8} + \frac{604^2}{8} + \frac{792^2}{8} - 291721.5 = 27601$$

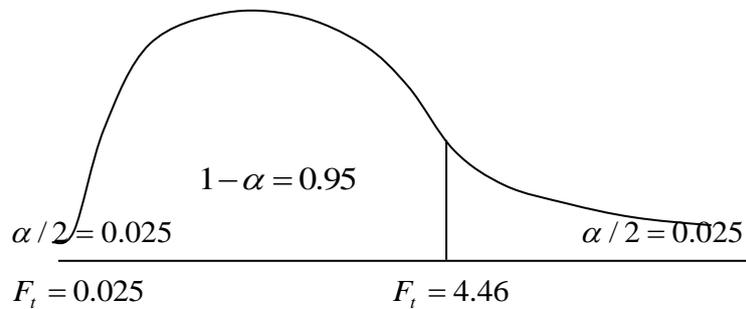
$$E_{yy} = 331242 - 291721.5 - 27601 = 11919.5$$

Tabla 5. Análisis de varianza de un modelo diseño completo al azar

Fuente de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	Prueba F
Media	$M_{yy} = 291721.5$	1	$M = \frac{M_{yy}}{1} = 291721.5$	$F = \frac{T}{E} = 24.31$
Tratamiento	$T_{yy} = 27601$	$t - 1 = 3 - 1 = 2$	$T = \frac{T_{yy}}{t - 1} = 13800.5$	

Error	$E_{yy} = 11919.5$	$t(n-1) = 3*7 = 21$	$E = \frac{E_{yy}}{t(n-1)} = 567.6$	
Total	$\sum Y_{ij}^2$	$n_t t = 75$		

REGIONES:



DECISION:

Ho se Rechaza, por lo tanto los tratamientos (T_1 ; T_2 ; T_3) son diferentes, mediante el Análisis de Varianza (ANOVA) a un nivel de significancia del 5%, es por eso que se aplicara la Prueba DUNCAN para realizar cual tratamiento con menor valor de los análisis fisicoquímicos.

Aplicación de la Prueba DUNCAN

- Utilizado para comparar pares de medias.
- Para el Test de Duncan, las medias de los tratamientos (con el mismo tamaño de muestra) son colocadas en orden creciente y el error estándar de cada media es

Determinada por:
$$S_{yx} = \sqrt{\frac{CME}{n}}$$

FORMULA

Este procedimiento usa los valores de la tabla $t=9$ y consiste en calcular varios rangos (duncan los llama rangos significativos mínimos) dados por la formula

$$R_p = r_a(p, f) \sqrt{\frac{CME}{n}}$$

Restricción: igual número de repeticiones en tratamientos.

Donde los valores de $r_{\alpha}(p, f)$ para $p=2, \dots, \alpha$ se obtienen de tablas,

α = es igual el nivel de significación

f = número de grados de libertad del error

		T₂	T₃	T₁
		75.5	99	156.25
T₁	156.25	80.75	57.25	0
T₃	99	23.5	0	
T₂	75.5	0		

1°.- Calcular las medias

Promedio 01=156.25

Promedio 02=75.5

Promedio 03=99

2° Ordenar en forma ascendente

Promedio 01

Promedio 03

Promedio 02

3°

		T₂	T₃	T₁
		75.5	99	156.25
T₁	156.25	80.75	57.25	0
T₃	99	23.5	0	
T₂	75.5	0		

$$T_1 - T_2 = 156.25 - 75.5 = 80.75$$

$$T_1 - T_3 = 156.25 - 99 = 57.25$$

$$T_3 - T_2 = 99 - 75.5 = 23.50$$

4°

Calculo del error estándar

$$S_{yx} = \sqrt{\frac{CME}{n}} = \sqrt{\frac{567.6}{3}} = 13.755$$

5°

Calculo del comparador DUNCAN

Medias	2	3
r=0.05	2.94	3.09
Sy	13.755	13.755
Cd	40.4397	42.5030

6°

Comparaciones de las medias en valores absolutos

$$T_1 - T_2 = 156.25 - 75.5 = 80.75 \quad \text{Es Significativo}$$

$$T_1 - T_3 = 156.25 - 99 = 57.25 \quad \text{Es significativo}$$

$$T_3 - T_2 = 99 - 75.5 = 23.50 \quad \text{No significativo}$$

Hay diferencia significativa entre el T₁ y T₂ (T₂ es mejor) además en el T₁ y T₃ (T₃ es mejor) mientras que el tratamiento T₃ y T₂ no hay diferencia.

Sólidos Totales pasados por un filtro de Jacinto de Agua

Sólidos Totales pasados por filtro de arena

$$\bar{X}_1 = \frac{\sum Xi}{n} = 75.50$$

$$\bar{X}_2 = \frac{\sum Xi}{n} = 99$$

$$S_1^2 = \frac{\sum (X - \text{Prom})^2}{n-1} = 173.43$$

$$S_2^2 = \frac{\sum (X - \text{Prom})^2}{n-1} = 602.86$$

$$S_1 = \sqrt{S^2} = 13.17$$

$$S_2 = \sqrt{S^2} = 24.55$$

$$n_1 = 08$$

$$n_2 = 08$$

$$S_p^2 = \frac{(n_1 - 1)S_1^2 + (n_2 - 1)S_2^2}{n_1 + n_2 - 2} = \frac{(08 - 1)173.43 + (08 - 1)602.86}{08 + 08 - 2} = 388.145$$

$$S_p = 19.701$$

CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS

HIPÓTESIS.-

Hipótesis Nula: $H_0 : U_2 = U_1$

Hipótesis Alternativa: $H_1 : U_2 > U_1$

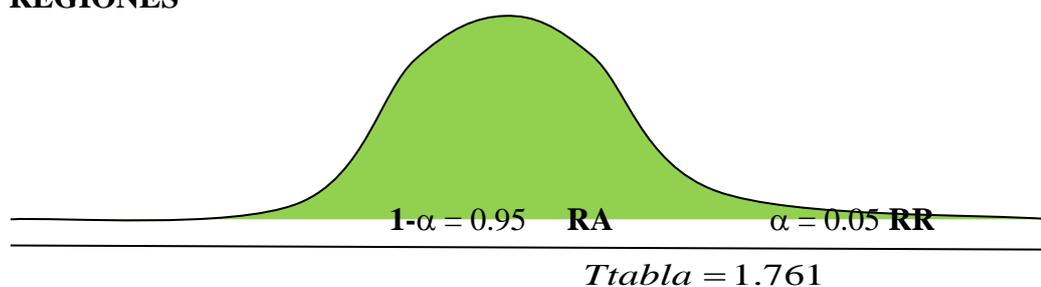
NIVEL DE SIGNIFICANCIA: $\alpha = 0.05$

ESTADÍSTICA DE PRUEBA: Distribución T de Student

$$T = \frac{(\bar{X}_2 - \bar{X}_1) - (U_2 = U_1)}{S_p \sqrt{\frac{1}{n_2} + \frac{1}{n_1}}} = \frac{(99 - 75.50) - 0}{19.701 \sqrt{\frac{1}{08} + \frac{1}{08}}} = 2.39$$

Grado de libertad $n_1 + n_2 - 2 = 08 + 08 - 2 = 14$ Tabla=1.761 con un nivel de significancia del 5%

REGIONES



DECISIÓN:

Ho se Rechaza, por lo tanto el promedio del grupo 02 es mayor al promedio del grupo 01 es decir el que tiene menos valor de análisis fisicoquímicos (Sólidos pasados por un filtro de Jacinto de Agua) , a un nivel de significancia del 5%.-

De la parte estadística se concluye que:

- ❖ Por lo tanto los tratamientos (T_1 ; T_2 ; T_3) son diferentes, mediante el Análisis de Varianza (ANOVA) a un nivel de significancia del 5%, es.
- ❖ La Prueba DUNCAN precisa que los tratamientos T_1 y T_2 (T_2 es mejor).
- ❖ La Prueba DUNCAN precisa que los tratamientos T_1 y T_3 (T_3 es mejor).
- ❖ Por lo tanto el promedio del grupo 02 es mayor al promedio del grupo 01 es decir el que tiene menos valor de análisis fisicoquímicos (Sólidos Totales pasados por un filtro de Jacinto de Agua), a un nivel de significancia del 5%.

Anexo 2: Toma de muestras de agua para análisis fisicoquímicos



Anexo 3. Proceso de la semilla de *Jacinto de agua* triturada.



Anexo 4. Proceso de coagulación y floculación de las muestras, para determinar solidos totales y turbidez.



Anexo. 5 Recolección de la semilla de *Jacinto de agua*.

