



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA  
AMBIENTAL**

**“Efecto del coagulante obtenido de Maíz Amarillo en la disminución de  
turbidez del agua en la bocatoma de Paiján septiembre 2016”**

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

**AUTOR**

**SALAVERRY VERA, RONY STEEWARD**

**ASESOR**

**Ms. WALTER MORENO EUSTAQUIO**

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN**

**CALIDAD Y GESTIÓN DE LOS RECURSOS NATURALES**

**TRUJILLO – PERÚ**

**2016**

## **JURADO EVALUADOR**

---

**Ing. MEDARDO ALBERTO QUEZADA**

---

**Ing. MISAEL YDILBRANDO VILLACORTA**

---

**Ing. WALTER MORENO EUSTAQUIO**

## **DEDICATORIA**

La Presente tesis es dedicada a mi Padre y Madre ya que son lo más importante que tengo, su apoyo, cariño y comprensión que me han dado desde niño han sido el factor más importante para que pueda lograr lo que me proponga, porque si en algún momento pasamos momentos difíciles eso nunca mermo en la felicidad de nuestros corazones, sé que con mi ausencia ellos al igual que yo sentíamos un gran vacío y tristeza pero sabíamos que todo ello traería una gran recompensa, decirle a ellos que mi objetivo del día a día es lograr que ellos sientan orgullo por mí, es una de las alegrías más grandes que puedo conseguir.

Así mismo a mi primo Jhonny Rivadeneira, porque ha sido como mi hermano mayor siempre, quien apostó por mí en cada momento, me brindó su apoyo en el inicio de mi formación profesional y quien supo darme los consejos necesarios que poco a poco van dando resultados.

**SALAVERRY VERA RONY.**

## **AGRADECIMIENTO**

En primer lugar, agradecer a Dios, por guiar mí camino y cuidarme siempre.

Al Ingeniero. Walter Moreno Eustaquio, quien me brindó su apoyo en el desarrollo de esta investigación.

A mis tíos, Lució Salaverry y Edith Vera, quienes me han hecho sentir siempre un gran cariño.

A mis mejores amigos Wilfredo Parravicini, Diego Estrada y Olenka Baca, su apoyo siempre fue incondicional.

Agradezco así mismo a la Empresa Moncada Inspec, por el apoyo logístico para el desarrollo de esta investigación.

### **DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD**

*Yo, SALAVERRY VERA, RONY STEEWARD con DNI N° 70341084, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Cesar Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Ambiental, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y auténtica.*

*Asimismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces.*

*En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponde ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo.*

*Trujillo, Diciembre del 2016*

**SALAVERRY VERA, RONY STEEWARD**

## **PRESENTACIÓN**

Señores miembros del jurado, en cumplimiento del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Cesar Vallejo presento ante ustedes la tesis titulada “Efecto del coagulante obtenido de Maíz Amarillo en la disminución de turbidez del agua en la bocatoma de Paiján septiembre 2016” describe el trabajo realizado para la obtención de resultados óptimos de los ensayos realizados.

En la primera parte se redacta la introducción la cual menciona la realidad problemática que motivo a la realización de la investigación posteriormente se encuentra la recopilación de información proveniente de investigaciones previas que servirán para comparar los resultados de esta investigación. Luego se hace mención a las teorías relacionadas al tema.

Se formuló el problema de la investigación con su respectiva justificación debido a que la turbidez es un parámetro determinante para considerar que el agua sea apta para consumo humano, luego se plantea una hipótesis en la cual se estima la obtención de mejores resultados en la disminución de la turbidez con la variación de factores como la dosis de coagulante, la forma de extracción del mismo y la velocidad de agitación.

La segunda parte muestra la metodología utilizada, los análisis realizados, la población y muestra empleada y los resultados.

Como solución de esta investigación se obtuvo que el coagulante obtenido de maíz amarillo disminuye los niveles de turbidez de la muestra de agua tomada en la bocatoma Paijan del Rio Chicama, habiendo utilizado la prueba de jarras para realizar el proceso de coagulación – floculación y realizando las mediciones de turbidez del antes y después de los ensayos con ayuda de un turbidímetro.

# INDICE

I.	INTRODUCCIÓN.....	11
1.1.	Realidad Problemática.....	11
1.2.	Trabajos previos.....	12
1.3.	Teorías relacionadas al tema.....	18
1.3.1.	Marco Teórico.....	18
1.4.	Formulación del problema.....	22
1.5.	Justificación del estudio.....	22
1.6.	Hipótesis.....	23
1.7.	Objetivos.....	23
1.7.1.	Objetivo General.....	23
1.7.2.	Objetivo Específicos.....	23
II.	MÉTODO.....	23
2.1.	Diseño de investigación.....	23
2.2.	VARIABLES, OPERACIONALIZACIÓN.....	24
2.2.1.	Variable Independiente.....	24
2.2.2.	Variable Dependiente.....	24
2.2.3.	Operacionalización de las variables.....	25
2.3.	Población y muestra.....	26
2.3.1.	Población.....	26
2.3.2.	Muestra.....	26
2.3.3.	Unidad de Análisis.....	26
2.4.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.....	26
2.4.1.	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	26
2.5.	CALIBRACIÓN Y VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS.....	27
2.6.	Métodos de análisis de datos.....	28
	PARA ANÁLISIS DE DATOS.....	28
2.7.	Aspectos éticos.....	28
III.	RESULTADOS.....	29
IV.	DISCUSIONES.....	34
V.	CONCLUSIONES.....	37
VI.	RECOMENDACIONES.....	38
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	39
VIII.	ANEXOS.....	41

## INDICE TABLAS

Tabla 1: Diseño Experimental con la Dosificación, Tipo de Extracto Salino y Velocidad de Agitación.....	24
Tabla 2: Operacionalización de las Variables .....	25
Tabla 3: Instrumentos de recolección de datos.....	26
Tabla 4: Técnicas de recolección de datos en base teórica .....	27
Tabla 5: Validación y Calibración de los Instrumentos. ....	27
Tabla 6: Registro de Campo.....	29
Tabla 7: Resultados de la Caracterización Físico - Química de la Muestra. ....	29
Tabla 8: Cantidad de Coagulante a Utilizar en la Experimentación .....	30
Tabla 9: Cantidad de Insumos para la Preparación del Coagulante .....	30
Tabla 10: Resultado de los ensayos realizados.....	31
Tabla 11: Análisis de Varianza para la Disminución de la Turbidez.....	33
Tabla 12: Factores inter Sujetos.....	47
Tabla 13: Descripción estadística para la Variable Dependiente .....	48
Tabla 14: Medias Marginales en la Velocidad de Agitación.....	49
Tabla 15: Medias Marginales para los tipos de Extracto Acuoso Salino.....	49
Tabla 16: Medias Marginales para las Dosis.....	49
Tabla 17: Medias Marginales para la Interacción de la Velocidad de Agitación y el Tipo de Extracto Acuoso Salino .....	49
Tabla 18: Medias Marginales de la Interacción de la Velocidad de Agitación y la Dosis.....	50
Tabla 19: Medias Marginales de la Interacción entre el Extracto Acuoso Salino y la Dosis.....	50
Tabla 20: Medias Marginales de las Interacciones de los 3 Factores.....	50
Tabla 21: Comparaciones múltiples de la influencia de los diferentes factores en la disminución de la Turbidez .....	51
Tabla 22: Prueba Post Hoc para el Factor Velocidad de Agitación.....	52

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Interacción de la Velocidad de Agitación y el Tipo de Extracto Acuoso a una Dosificación de 8 Mililitros.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Figura 2: Interacción de la Velocidad Agitación y el Tipo de Extracto Acuoso a una Dosificación de 12 Mililitros. ....	32
Figura 3: Imagen Satelital de Punto de Muestreo .....	41
Figura 4: Muestreo de Agua en el Río Chicama .....	41
Figura 5: Maíz Amarillo Molido .....	42
Figura 6: Deslipidificación del Maíz Amarillo. ....	42
Figura 7: Pesaje de Cloruro de Sodio.....	43
Figura 8: Extracción del Componente Activo .....	43
Figura 9: Extracción del Componente Activo .....	44
Figura 10: Alcohol de 96° luego de la deslipidificación del Maíz .....	44
Figura 11: Equipo Utilizado para la Prueba de Jarras .....	45
Figura 12: Turbidímetro Utilizado en la Investigación.....	45

## RESUMEN

La investigación fue realizada con la finalidad de conocer las propiedades de coagulación que puede tener el maíz amarillo, por ser un grano de precio muy asequible, muy conocido y fácil de encontrar, además se utilizó muestras de agua del Rio Chicama, en la zona de la bocatoma de Paijan en el mes de Septiembre del año 2016, para conocer la eficiencia en la disminución de la turbidez de este coagulante, se eligieron a la velocidad de agitación, la dosis y el extracto acuoso salino de maíz como los factores que influyen en el proceso siendo esto comprobado con el análisis de varianza, los porcentajes de eficiencia en los ensayos han sido muy favorables obteniendo porcentajes de eficiencia al reducir la turbidez mayores de 80% cuando se utilizó 12 ml de dosis, el extracto acuoso salino con una concentración de 0.5 Molar y a una velocidad de agitación de 80 revoluciones por minuto.

**Palabras Claves:** Coagulación, Turbidez, Dosis, Agitación, Extracto.

## **ABSTRACT**

The research was performed with the purpose of knowing the coagulation properties that could have the yellow corn, a well know and easy to find grain of affordable price. Water of the Chicama River were used, specifically in the zone of The Paijan bocatoma in the month of September of 2016, to know the efficiency in the diminution of the turbidity of this coagulant. Speed of agitation, the dose and the saline aqueous extract of maize were chosen as the factors that influence in the process, the results were verified with analysis of the variance, the percentages of the efficiency in the tests had been favorable obtained the percentages of the reduction turbidity efficiency greater than 80% when using 12 ml of dosage, with a 0.5 Molar concentration saline aqueous extract and at a stirring speed of 80 revolutions per minute.

**Key Words:** Coagulation, Turbidity, Dose, Stirring, Extract.

## **I. INTRODUCCIÓN**

### **1.1. Realidad Problemática**

El recurso hídrico es la sustancia más importante para el desarrollo de la vida, lastimosamente a lo largo del mundo este recurso no es aprovechado de la manera más adecuada, por lo contrario es alterada y contaminada volviéndola muy nociva. El Perú no es ajeno a esta problemática, el agua para consumo humano escasea por muchas causas, una de ellas es que en la zona de costa, la cual tiene características áridas y donde no se encuentran con facilidad los cuerpos naturales de agua es donde la mayor cantidad de población se sitúa, otra causa es que en la zona de costa es donde las cuencas hídricas terminan, esto quiere decir de que el agua ha venido transcurriendo desde la cabecera de cuenca arrastrando todo tipo de material particulado, residuos sólidos, vertimientos industriales, vertimientos municipales, restos de animales muertos, etc., todo ello genera que las características físicas, químicas y biológicas naturales del agua se modifiquen haciendo de esta forma más difícil y costoso el tratamiento de potabilización del agua.

La región , La Libertad , está compuesta por dos zonas, costa y sierra es por ello que posee una variedad de ríos, quebradas, lagunas, etc , pero al igual que la problemática nacional la mayor población se encuentra en la ciudad de Trujillo mientras que los cuerpos naturales de agua se encuentran en la zona de la sierra es por ello que se dificulta de gran manera poder abastecer de agua tanto para consumo humano como para actividades productivas que se dan en la zona como la agricultura y ganadería.

El río Chicama, nace en la zona de sierra muy cerca de las minas de Callapullay, tiene un trascurso que casi en su totalidad está contaminado, este río es denominado río Perejil, hasta llegar a Coina, es a partir de ahí donde adquiere el nombre de río Chicama. El problema principal de este río, especialmente en la zona en estudio, de la

Bocatoma Paiján ubicada en el tramo de Ascope, además de la contaminación por acción de pobladores que viven a riberas del río, ya sea con la agricultura, ganadería o actividades domésticas y problemas climatológicos o de la naturaleza; es la contaminación por relaves mineros, provenientes de minas aledañas, ya sean legales o artesanales, cabe mencionar que las minas artesanales suelen ser quienes más contaminan debido a la falta de control. Específicamente en los alrededores del río se encuentra una minera de carbón, la cual arroja relaves mineros que lo perjudican en muchos aspectos, además de esto, laboran más de 1000 mineros informales, en su mayoría, a lo largo de todo el río contribuyendo en altos porcentajes con su contaminación. (BACA, ESTRADA, PEREDA Y TAMAYO, 2013).

En la bocatoma de Paiján se realiza la captación de agua, esta se utilizará en actividades agrícolas, ganaderas y recreativas en donde el parámetro de turbidez es muy elevado siendo un problema ya que limita mucho la actividad ganadera, genera problemas en la agricultura colmatando los terrenos a través de los lodos que se sedimentan y restan atractivo al desarrollo de actividades recreativas.

## **1.2. Trabajos previos**

A lo largo de la historia el ser humano se ha preocupado por su bienestar y salud, es por ello que sabiendo que el agua es la sustancia elemental para la vida su preocupación fue de consumir agua sin contaminantes que puedan mermar su salud, es por ello que en diferentes sociedades del mundo han sido utilizados diferentes métodos de mejoramiento de la calidad de agua en este caso métodos que disminuyan la turbidez que pueda presentarse por diferentes causas.

GUZMAN ANTONIO (2016). En la investigación denominada “Polvo de la semilla *Cassia Fistula* como coagulante natural en el tratamiento de agua cruda”, identificamos como objetivo general el estudio de la utilización del polvo de la semilla de *Cassia Fistula* como coagulante

natural, la muestra utilizada para la experimentación fue agua del Canal del Dique, determinaron parámetros como el color, turbidez, alcalinidad total y dureza total, la metodología utilizada fue emplear el polvo de la semilla de *Cassia Fistula* en diferentes concentraciones para posteriormente realizar los análisis respectivos y ver la eficiencia del coagulante natural, los resultados que se obtuvieron fueron que tanto el pH como la alcalinidad total no presentaron variaciones significativas, mientras que la turbidez y el color se encuentran cerca a los estándares establecidos por la normativa colombiana.

RAMÍREZ HILDEBRANDO. (2016). En su artículo denominado “Uso potencial de agentes clarificantes y desinfectantes de origen natural para el tratamiento integral del agua caracterizado por pisos térmicos”, presenta una metodología que fue producto de una investigación experimental y comparativa, la cual evaluó y caracterizó los agentes naturales derivados de semillas, hojas, cortezas, etc., dentro de ellos algunas variedades de maíz, con la finalidad de darle una utilidad en el tratamiento integral de agua de tal forma que la población pueda manejar, conocer y determinar los agentes que tienen la capacidad de brindar condiciones para clarificar y desinfectar el recurso hídrico.

TRUJILLO DANIELA. (2014). Realizó una investigación la cual denomino “Remoción de turbiedad en agua de una fuente natural mediante coagulación/floculación usando almidón de plátano”, donde analizaron la remoción de la turbidez presente en el agua que tenía un origen natural, para esta remoción emplearon el almidón de plátano, empleando un diseño experimental factorial aleatorio con cuatro factores los cuales fueron el pH, dosis de coagulante, la velocidad de agitación de mezcla rápida y lenta, con las pruebas de jarras determinaron los valores óptimos de los factores, mostrando una mejor eficiencia al estar en un pH 5, tener concentraciones de 50:50 de peso de sulfato de alúmina y el almidón de plátano, una velocidad de mezcla rápida de 150 rpm y una velocidad de mezcla lenta de 20 rpm.

APAZO HUGO. (2010). En su tesis “Tratamiento ecológico, una alternativa sustentable para la purificación de aguas contaminadas destinadas al riego de cultivos en Arequipa. Arequipa – Perú” Este estudio utiliza al nopal en ambas bases como un polvo y de manera directa, teniendo una elección previa de las plantas de tuna, posteriormente se hace un tratamiento de jarras en los cuales se comprobó los poderes de coagulación de esta planta, posteriormente se crea un sistema de purificación de agua en el campo, este sistema consto de un reservorio de 8 m<sup>3</sup> de agua en el cual se colocó el coagulante y posteriormente se instaló un filtro físico en la salida del reservorio, todo este procedimiento dio como resultado agua con muy buenas características para consumo humano.

MELO Y TURRIAGO (2012) En su tesis titulada “ Evaluación de la eficiencia de la utilización de semillas de moringa olefeira como una alternativa de biorremediacion en la purificación de aguas superficiales del caño cola de pato ubicado en el sector rural del municipio de acacias”, la cual tuvo como objetivo general evaluar la eficiencia de la utilización de semillas de Moringa Olefeira al utilizarla como un coagulante primario en la purificación de aguas superficiales del caño cola de pato en el sector de la Universidad Nacional Abierta y a distancia UNAD – en el Municipio de acacias, la metodología utilizada fue madurar en el árbol las bayas vainas de Moringa Olefeira y recolectarlas cuando estén secas, abrirlas y extraer la pequeña semilla la cual será molida, se utilizó de 150 a 300 mg de semilla molida por litro de agua turbia, se agita por 2 minutos y se deja reposar por una hora, llegando a la conclusión de que el uso de semillas de Moringa Olefeira es eficiente en la remoción de sólidos suspendidos ya que se obtuvo una remoción superior al 84% pasando de 230 NTU a 36 NTU, demostrando una posibilidad viable y eficiente.

OJEDA LIZSETH (2012) realizo una investigación la cual tuvo como título “Determinación de la eficiencia de las características coagulantes y floculantes del *Tropaeolum Tuberosum*, en el tratamiento

del agua cruda de la planta de Puengasí de la EPMAPS”, esta investigación tuvo como objetivo principal determinar la eficiencia de las características coagulantes y floculantes del *Tropaeolum Tuberosum*, en el tratamiento del agua cruda de la planta de Puengasi de la EPMAPS, se extrajo de la mashua un almidón con el cual se realizaron pruebas de jarras con lo que se pudo determinar la concentración y dosis óptima de la solución aplicando, se evaluó la turbiedad, el color y pH, y se varió en algunos parámetros como lo son la temperatura, pH, velocidad y tiempo de mezcla, llegando a la conclusión de que para tratar un metro cubico de agua cruda los costos para el uso de almidón de mashua no son muy altos, además de que tuvo una gran eficiencia en la disminución de la turbidez

SOLIS R, LAINES J y HERNÁNDES J. (2012). En este estudio se compararon mezclas con potencial coagulante compuestas por almidón de yuca (*Manihotesculenta* Crantz) y sulfato de aluminio grado comercial, que permitirían reducir la cantidad sulfato de aluminio usado en plantas de tratamiento de agua. Mediante prueba de jarras se determinó la dosis óptima del sulfato de aluminio (30 mg/L, tratamiento 1), en la clarificación de una muestra de agua de río (color de 85 CU, turbiedad de 70 NTU y pH de 6.8). Esta dosis, sirvió como base para la preparación de seis mezclas con distintas composiciones de almidón y sulfato de aluminio (tratamientos 2 a 7). En cada tratamiento se midieron tres parámetros físico-químicos relevantes en ensayos de coagulación-floculación: color, turbiedad y pH. Los resultados indican que la mayor reducción de color (94 % de eficiencia) se obtuvo con el tratamiento 2 (2 mg/L de yuca más 28 mg/L de sulfato de aluminio). La remoción de color en los tratamientos 3 y 4 (4 mg/L de yuca más 26 mg/L de sulfato de aluminio y 6 mg/L de yuca más 24 mg/L de sulfato de aluminio, respectivamente), son estadísticamente iguales al tratamiento 1 de acuerdo con la prueba de comparación de medias de Dunnett. En cuanto a la remoción de turbiedad se observa que los tratamientos 1 y 2 son estadísticamente iguales de acuerdo con la prueba de comparación de medias de Dunnett, con una reducción del 98.7 y 97.9 %

respectivamente. Finalmente, el pH no varió significativamente para todos los tratamientos.

JIMÉNEZ D y PISCAL B (2015) en su tesis titulada “Estudio y evaluación del Almidón de Maíz como alternativa natural en el proceso de coagulación de agua para consumo humano”, esta investigación tuvo como objetivo general estudiar y evaluar el Almidón de Maíz como alternativa natural en el proceso de coagulación para el tratamiento del agua de la quebrada Vuelta Larga en el Municipio de San Juan de Pasto – Nariño, posteriormente se realizó la obtención del coagulante, caracterizando el maíz luego atraviesa un proceso químico para la extracción del Almidón y finalmente un método de gelatinización, luego se realizó el proceso de toma de muestras en donde se recolectó 105 litros de agua a 1.5 metros de la orilla y de 5 a 10 cm de profundidad, esta investigación llegó a la conclusión de que el coagulante natural utilizado presentó deficiencia en la remoción de color, por lo tanto se es necesario implementar un proceso de filtración eficiente, es por ello que recomiendan utilizarlo como un auxiliar de coagulación.

BEATRIZ G (2007). Presentó su investigación la cual lleva por nombre “Metodología de extracción in situ de coagulantes naturales para la clarificación de agua superficial. Aplicación en países en vías de desarrollo”, el objetivo principal fue el de estudiar la utilización de coagulantes naturales extraídos de semillas autóctonas como un método de potabilización de agua para países en vías de desarrollo, uno de los coagulantes naturales utilizados fue el de las semillas de maíz las cuales fueron recolectadas secadas y molidas, pasando por un tamiz de 0.5 mm, seguidamente se procederá a extraer el aceite de las semillas, con la utilización de etanol, posteriormente se hace la extracción del componente activo diluyendo el sólido en disoluciones de agua destilada, NaCl 0.5 M, 0.25 M y 0.125 M, luego se filtra y el resultante es conocido como extracto crudo acuoso, si este es obtenido con la soluciones de NaCl se conocerá como extracto crudo salino el cual será el coagulante natural, las conclusiones de esta investigación indican que

los extractos de crudo salino tienen un mayor efecto de coagulación, además que los resultados obtenidos son comprables a los de la Moringa oleífera el cual es el coagulante natural más conocido y estudiado.

TRUJILLO D (2014). Realizaron la investigación denominada “Remoción de turbiedad en agua de una fuente natural mediante coagulación / floculación usando almidón de plátano” en la cual se realizó el análisis de la remoción de turbiedad en agua proveniente de una fuente natural, mediante coagulación/floculación, usando almidón de plátano, plantearon un diseño experimental factorial aleatorio de cuatro factores variables los cuales son el Ph, la dosis de coagulante, la velocidad de mezcla rápida y la velocidad de mezcla lenta, para ello se realizaron una serie de prueba de jarras logrando determinar los valores con mejores resultados, siendo el mejor resultado a un Ph DE 5, UN PORCENTAJE DE 50/50 de coagulante de plátano y sulfato de alúmina a una velocidad de mezcla rápida de 150 rpm y velocidad de mezcla lenta 20 rpm.

GURDIÁN R (2011). Presentaron una investigación denominada “ Estudio preliminar del uso de la semilla de tamarindo (Tamarindus Indica) en la coagulación – floculación de aguas residuales” se llegaron a comparar los desempeños de dos tipos de coagulantes de uso convencional los cuales son el sulfato de aluminio y el cloruro férrico, comparados con el realizado de semillas de tamarindo, en dos diferentes tipos de aguas residuales, la primera tenía una turbidez elevada y venía de la industria textil y la otra agua era de una turbidez menor y su procedencia era de tipo doméstico.

Los resultados no fueron los esperados ya que la semilla de tamarindo no mostró un desempeño óptimo en la disminución de turbidez en las aguas residuales de baja turbidez mientras que con DQO si podría ser un sustituto de otros coagulantes tradicionales, pero cuando las aguas eran más turbias el efecto de disminución si era mayor.

RAMIREZ H y JARAMILLO J (2014). Este artículo, el cual lleva por nombre “Uso potencial de agentes clarificantes y desinfectantes de origen natural para el tratamiento integral del agua caracterizado por pisos térmicos”. En el artículo podemos apreciar que la investigación es de tipo experimental y comparativa, la cual evaluara los agentes naturales provenientes de algunas semillas cortezas, hojas, etc. según su debido piso térmico ya sea cálido, templado o frío, la finalidad de la investigación es aportar un método para que la población pueda ser capaz de cumplir con las condiciones de clarificación y desinfecte el agua.

### **1.3. Teorías relacionadas al tema**

#### **1.3.1. Marco Teórico**

- La Turbidez del agua

La turbidez es la medida del grado en el cual el agua llega a perder su transparencia debido a la presencia de partículas en suspensión, en pocas palabras mide la claridad del agua, también puede ser definida como la medida de cuántos sólidos hay en suspensión en el agua, mientras más sucia se presente, más alta será la turbidez. (OLIVERO MERCADO,2013).

La turbiedad en un agua puede ser ocasionada por una gran variedad de materiales en suspensión que varía en tamaño, desde dispersiones coloidales hasta partículas gruesas, entre otras arcillas, limo, materia orgánica e inorgánica finamente dividida, organismos plantónicos y microorganismos. (TENELANDA Y MUYULEMA, 2013).

Las partículas suspendidas absorben calor de la luz del sol, haciendo que las aguas turbias se vuelvan más calientes, y así reduciendo la concentración de oxígeno en el agua. Además, algunos organismos no pueden sobrevivir en agua más caliente. Las partículas en suspensión dispersan la luz, disminuyen la actividad fotosintética en plantas y algas, que contribuye a bajar más la concentración de oxígeno. (GONZALES, 2011).

- **Coagulación y Floculación.**  
La coagulación es, por definición, el fenómeno de la desestabilización de las partículas coloidales producido por medio de la neutralización de sus cargas eléctricas negativas. Se lleva a cabo en una cámara de agitación rápida diseñada con un gradiente y tiempo de contacto óptimos para mezclar el coagulante (sales de aluminio, hierro o calcio) con el agua.
- La floculación significa formar flóculos y consiste en agrupar las partículas ya desestabilizadas y aglomerarlas. Ocurre por la formación de puentes químicos o por la creación de una red física. En la práctica para flocular se construyen una o varias cámaras de agitación lenta (GARCÍA V, 2011).
- **Medición de Turbidez.**  
De acuerdo al SM 2130 B. Método Nefelométrico, este método se basa en la comparación entre la intensidad de la luz dispersada por la muestra bajo condiciones definidas y la intensidad de luz dispersada por una suspensión de referencia bajo las mismas condiciones. Las lecturas son realizadas empleando un turbidímetro calibrado con una suspensión de referencia de formacina preparada bajo condiciones específicas. El turbidímetro consiste en un nefelómetro con una fuente de luz para iluminar la muestra y uno o varios detectores fotoeléctricos con un dispositivo de lectura exterior para indicar la intensidad de la luz dispersada a 90° de la dirección de haz de la luz incidente. (NMX-AA-038-SCFI-2001).
- **Características del Maíz (Zea Mays).**  
Las partes principales del grano de maíz difieren considerablemente en su composición química. La cubierta seminal o pericarpio se caracteriza por un elevado contenido de fibra cruda, aproximadamente el 87 %, la que a su vez está formada fundamentalmente por hemicelulosa 67 %, celulosa 23 % y lignina 0,1 %. El endospermo, en cambio, contiene un nivel elevado de

almidón 87% aproximadamente 8 % de proteínas y un contenido de grasas crudas relativamente bajo.

Por último, el germen se caracteriza por un elevado contenido de grasas crudas, el 33 % por término medio, y contiene también un nivel relativamente elevado de proteínas y minerales. (FAO, 1993).

- Extracción del Componente Activo.

El proceso de extracción del compuesto activo, se inicia con la extracción de las semillas, de las vainas o del interior de las frutas, manualmente o bien con la ayuda de un cuchillo (según el caso) moliéndolas a continuación con ayuda de un mortero. Posteriormente, se procede a la extracción del aceite de las semillas. Para ello, se preparan suspensiones al 5 % (p/v) de semillas pulverizadas en etanol al 95 %. La fracción de sólidos resultantes se deja secar a temperatura ambiente durante 24 horas. Por último, se procede a la extracción del componente activo de las semillas. Para la extracción, se preparan disoluciones al 5 % (p/v) compuestas por los sólidos secos y los siguientes disolventes: agua destilada, una disolución de NaCl 0,5 M o una disolución amortiguadora de Acetato de Amonio 10mM. Dichas disoluciones se agitan durante 1 hora y finalmente se filtran en un filtro de fibra de vidrio de 0,45 µm. El líquido filtrado, constituye el extracto crudo acuoso (ECA), extracto crudo salino (ECS), o el extracto crudo en tampón de Acetato de Amonio (ECT). El extracto del compuesto activo obtenido se conserva refrigerado a 4° C o bien congelado a -20° C hasta su uso posterior. (GARCIA, 2007).

- Coagulación por proteínas.

Las proteínas, debido al gran tamaño de sus moléculas, forman con el agua soluciones coloidales. Estas soluciones pueden precipitar con formación de coágulos al ser calentadas a temperaturas superiores a los 70°C o al ser tratadas con soluciones salinas, ácidos, alcohol, etc. La coagulación de las proteínas es un proceso irreversible y se debe a su desnaturalización por los agentes indicados, que al actuar sobre la proteína la desordenan por la

destrucción de su estructura terciaria y cuaternaria. (BORBÓN, 2010).

- Extracción de lípidos con disolventes.

La Muestra de granos al estar seca se procederá a moler luego de ello se pondrá en contacto con disolventes de origen organico como el alcohol o cloroformo. Los disolventes solubilizaran las grasas y ceras que los granos y cereales puedan contener, esto se realiza a escala de laboratorio ya que a nivel industrial los costos serían muy elevados ya que los disolventes tienen un costo comercial elevado y a la vez se generan una serie de riesgos como explosiones o incendios.

### **1.3.2. Marco Conceptual**

- Turbidez

La Turbidez es la propiedad óptica del agua que causa la dispersión y absorción de los rayos de luz en el agua. Este Fenómeno puede ser causado por partículas suspendidas de gases, líquidos y sólidos. (MEDIANA, J., Quito, 2007).

- Dosificación.

Es la cantidad de coagulante que se utilizará para la remoción de turbidez a través del proceso de coagulación, este influirá en el tiempo de formación de flocs y en su precipitación.

- Velocidad de Agitación.

Una adecuada agitación es necesaria tanto en el momento de dosificación del polímero como en el proceso de formación y engorde del flóculo. La dispersión del polímero en el agua, exige una rápida agitación para favorecer una floculación homogénea en todos los puntos y crear un tamaño de flóculo igualmente homogéneo. Esta rápida agitación favorece un mayor número de colisiones entre partículas y las cadenas de polímeros, asegurando la floculación total de los coágulos. Una vez iniciada la floculación, conviene reducir la velocidad para evitar la rotura mecánica de los flóculos. De todos modos, es conveniente siempre un óptimo

estado de agitación para lograr que las partículas formen puentes de enlace y se formen agregados.

- **Coloides.**

Son soluciones de macromoléculas o bien, dispersiones de moléculas pequeñas que forman agregados. Su comportamiento está determinado por sus propiedades cinéticas, eléctricas, ópticas y superficiales. (VIADES J, 2012).

- **Test de Jarras.**

La coagulación química y la dosificación apropiada de reactivos deben ser seleccionadas por la simulación del paso de clarificación en un laboratorio a escala. La Prueba de Jarras es la que mejor simula la química de la clarificación y la operación llevada a cabo. Un arreglo simple de vasos de precipitado y paletas permite comparar varias combinaciones químicas, las cuales todas están sujetas a condiciones hidráulicas similares. Esta prueba se realiza con el fin de determinar la concentración óptima de coagulante necesaria para obtener un floc de las mejores características. (RESTREPO, 2009).

#### **1.4. Formulación del problema**

¿Cuál es el efecto del coagulante obtenido de Maíz Amarillo en la disminución de turbidez en una muestra de agua del río Chicama, en la zona de la Bocatoma de Paiján?

#### **1.5. Justificación del estudio**

El estudio es realizado con la intención de conocer las propiedades de coagulación que posee las semillas de maíz amarillo y su eficacia para la remoción de turbidez. Esta información generada puede ser de gran importancia para la implementación del maíz amarillo en los procesos de coagulación para mejorar la calidad del agua, ya que al ser un producto que no posee un costo elevado en el mercado puede sustituir la utilización de coagulantes químicos o reducir la cantidad de que se emplea de estos, además este coagulante natural

puede ser utilizada por las poblaciones que no tienen acceso a agua apta para el consumo humano, llegando a mejorar la calidad del agua que ellos poseen.

La realización de este estudio es netamente práctica, debido a que se realizarán una serie de pruebas donde se tomará en cuenta las variables elegidas para determinar la eficacia como coagulante de las semillas de maíz amarillo para poder disminuir la turbidez, en este caso se emplearán muestras de agua del río Chicama de la parte de la bocatoma de Paiján en la provincia de Ascope,

## **1.6. Hipótesis**

El coagulante obtenido de semillas de maíz amarillo tiene efectos significativos en la disminución de la turbidez que tiene la muestra de agua tomada en el Río Chicama en la zona de la bocatoma de Paiján.

## **1.7. Objetivos**

### **1.7.1. Objetivo General**

Evaluar el efecto del coagulante obtenido de las semillas de Maíz Amarillo en la disminución de la turbidez de la muestra de agua del Río Chicama en la zona de la bocatoma de Paiján.

### **1.7.2. Objetivo Específicos**

- Evaluar la eficiencia de los extractos acuosos generados de la semilla de maíz amarillo con disoluciones de NaCl 0.5 M y disolución de NaCl 0.25 M.
- Evaluar la influencia que tiene la velocidad de agitación a 60 RPM, 70 RPM, 80 RPM en la disminución de la turbidez utilizando el coagulante de maíz amarillo,
- Evaluar las concentraciones 12 ml/500 ml y 8ml/500 ml de coagulante en la disminución de turbidez de la muestra de agua del río Chicama.

## **II. MÉTODO**

### **2.1. Diseño de investigación**

El presente trabajo de investigación sigue la estrategia del diseño experimental, específicamente el DISEÑO FACTORIAL ya que se manipularán las variables con el propósito de ver como la variable independiente influye en la variable dependiente, en este caso la influencia que tiene el coagulante de maíz amarillo en la disminución de turbidez de la muestra de agua.

**Tabla 1: Diseño Experimental con la Dosificación, Tipo de Extracto Salino y Velocidad de Agitación**

TIPO DE EXTRACTO	EA1		EA2	
DOSIS	D1	D2	D1	D2
Velocidad de Agitación				
<b>AG1</b>	AG1D1EA1	AG1D2EA1	AG1D1EA2	AG1D2EA2
<b>AG2</b>	AG2D1EA1	AG2D2EA1	AG2D1EA2	AG2D2EA2
<b>AG3</b>	AG3D1EA1	AG3D2EA1	AG3D1EA2	AG3D2EA2

Fuente: Propia.

$$N = 3 \times 2 \times 2 = 12 \times 3 = 36$$

Se obtiene un total de 12 ensayos para 3 repeticiones.

Dónde: D= Dosificación;

D1= Dosificación (8ml);

D2= Dosificación (12 ml)

E= Extracto Acuoso;

E1= Extracto acuoso salido 0.5 M NaCl

E2= Extracto acuoso salino 0.25 M NaCl

Velocidad de Agitación;

AG1= 60 RPM; AG2= 70 RPM; AG3= 80 RPM

## 2.2. VARIABLES, OPERACIONALIZACIÓN.

### 2.2.1. Variable Independiente

- Coagulante de semilla de maíz amarillo

Sub Variables:

- pH
- Dosificación
- Tipo de Extracto acuoso

### 2.2.2. Variable Dependiente

- La Turbidez de la muestra de agua.

### 2.2.3 Operacionalización de las variables

**Tabla 2: Operacionalización de las Variables**

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Indicadores	Escala de Medición
<b>La Turbidez de la Muestra de agua</b>	La turbidez es una medida del grado en el cual el agua pierde su transparencia debido a la presencia de partículas en suspensión; mide la claridad del agua. Medida de cuántos sólidos hay en suspensión en el agua, mientras más sucia parecerá que ésta, más alta será la turbidez. (BARRENECHEA, 2014, p. 7)	Se evaluará los niveles de turbidez en Unidades Nefelométricas de turbidez antes y después del proceso de coagulación con ayuda de un tubímetro	Unidades Nefelométricas de Turbidez (UNT)	Cuantitativa de razón
<b>Dosificación</b>	La dosificación es la cantidad que se empleará con la búsqueda de mejores resultados, en este caso la cantidad de coagulante empleada para la disminución de la turbidez. (VILLALOBOS, 2013, p. 21)	Se evaluará con dos distintas dosis de coagulante de los dos diferentes tipos de extractos acuosos para saber con cual se obtiene mejores resultados.	Cantidad de coagulante utilizado	Cuantitativa de razón
<b>Tipo de Extracto Acuoso</b>	Son las soluciones que nos ayudaran a extraer el componente activo de las semillas de maíz amarillo que será utilizado como coagulante. (GARCIA, 2007, p. 85)	Se realizará la experimentación con los extractos acuosos a base de disoluciones de NaCl en diferentes concentraciones.	Concentración de NaCl en la disolución para la extracción del compuesto activo	Cuantitativa de razón
<b>Velocidad de Agitación</b>	La dispersión del coagulante en el agua, exige una rápida agitación para favorecer una floculación homogénea en todos los puntos y crear un tamaño de flóculo igualmente homogéneo. (SANCHEZ, 2011, p. 45)	Test de Jarras	Revoluciones por minuto (RPM)	Cuantitativa de razón

## 2.3. Población y muestra

### 2.3.1. Población

El recurso hídrico del río Chicama que transcurre por la bocatoma Paiján, provincia de Ascope, región La Libertad, en el mes de setiembre.

### 2.3.2. Muestra

La muestra consta de 18 Litros de agua del lugar antes mencionado (El punto de muestreo está ubicado en 9144737 Norte y 710909 Este), la cual servirá para la realización de las 12 pruebas de 500 ml con sus 3 respectivas repeticiones.

### 2.3.3. Unidad de Análisis

Se usará 500 ml de agua del río Chicama, de la zona donde se encuentra ubicada la bocatoma de Paiján.

## 2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

### 2.4.1. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Para la recolección de datos se utilizará los instrumentos de medición, análisis de documentos, observación directa de los hechos, los cuales nos permitirán obtener los datos confiables de la investigación.

**Tabla 3: Instrumentos de recolección de datos.**

<b>TÉCNICA</b>	<b>INSTRUMENTOS DE LABORATORIO</b>
<b>Prueba de Jarras</b>	Equipo de Test de Jarras PHIPPS & BIRD, SERIE PB-900
<b>Método Nefelométrico</b>	Turbidímetro
<b>Pesaje</b>	Balanza Electrónica
<b>Medición de Tiempo</b>	Cronómetro

**Tabla 4: Técnicas de recolección de datos en base teórica**

<b>ETAPA</b>	<b>TECNICA</b>	<b>INSTTRUMENTO</b>
<b>Levantamiento de información</b>	El Análisis de Documentos	de Análisis de Documentos
<b>Análisis y ensayos en la parte experimental</b>	Análisis experimental	Registro de Resultados
<b>Interpretación y análisis</b>	El Análisis de Documentos	de Análisis de Documentos

## **2.5. CALIBRACIÓN Y VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS**

**Tabla 5: Validación y Calibración de los Instrumentos.**

<b>INSTRUMENTO</b>	<b>CALIBRACIÓN Y VALIDACIÓN</b>
<b>Test de Jarras</b>	El equipo de test de jarras puede ser programado antes de la realización de las pruebas a las revoluciones deseadas.
<b>Turbidímetro</b>	La Calibración se realizó con soluciones de formazina de 0 NTU y 100 NTU
<b>Balanza Electrónica</b>	La calibración de este equipo fue realizada por el Laboratorio Technical Service Group SAC, calibrado en la fecha 08/05/2016, esto fue realizado según la Norma Metrológica Peruana 003:2009.
<b>Cronómetro</b>	Calibración de cronómetros – Según Postigio, Henry - Indecopi

## **2.6. Métodos de análisis de datos**

### **PARA ANÁLISIS DE DATOS.**

El análisis estadístico se realizará en base a un ANOVA factorial de tres factores, en el que se determinará la existencia de diferencias significativas entre los tratamientos aplicados, manejándolos bajo un nivel de significancia de  $\alpha = 0.05$ . Para el análisis de los datos de esta investigación se usarán la obtención de promedios ya que se trabajará en tres muestras por cada análisis planificado, en el que se podrán obtener curvas en para cada uno en el que se comparará el potencial de coagulación- floculación del coagulante.

## **2.7. Aspectos éticos**

Esta investigación se realizará con técnicas e instrumentos validados que servirán para la obtención de resultados que sean veraces, se respetará la propiedad intelectual de los autores que aportan con sus libros, tesis, artículos, etc. Para el desarrollo de esta investigación, durante toda la investigación se garantiza el cuidado y respeto por la biodiversidad y el ambiente, finalmente no se irá en contra de las convicciones políticas y morales.

### III. RESULTADOS.

Según las investigaciones consultadas se debe se realizar el muestreo del agua con la cual se realizarán los ensayos de laboratorio.

**Tabla 6: Registro de Campo**

REGISTRO DE CAMPO		
PUNTO DE MUESTREO	T-01	
LUGAR:	Bocatoma Pajjan, Ascope, La Libertad.	
DESCRIPCION:	A 5 metros de la Bocatoma Pajjan	
COORDENADAS UTM	NORTE:	9144737
	ESTE	710909
	COTA	230 m.s.n.m
FECHA:	29/09/2016	
HORA:	10:54 a.m	
pH	7.15	

Fuente: Propia

#### Caracterización físico química de la muestra:

En la tabla N°6 podremos apreciar la información correspondiente al lugar en donde fue realizado el muestreo del agua, la fecha y hora del muestreo, además se indica el nivel del Ph que fue medido en campo el cual tiene un valor neutro ligeramente básico.

Para la realización de los ensayos de laboratorio se procedió a realizar la caracterización fisicoquímica del agua muestreada.

**Tabla 7: Resultados de la Caracterización Físico - Química de la Muestra.**

CARACTERÍSTICAS FISICO-QUIMICAS					
Sólidos (ppm)			Turbidez (NTU)	pH	Conductividad (uS/cm)
Totales (mg/l)	Disueltos (mg/l)	Suspendidos (mg/l)			
2944.1	184.5	2759.6	178	7.15	369

Fuente: Propia

Se presentan los resultados de la caracterización de la muestra de agua tomadas del Rio Chicama en donde uno de los resultados más importantes son los niveles de turbidez y los sólidos, es bueno indicar que el pH de la muestra se mostró neutra ligeramente básica.

## Preparación de Coagulante:

**Tabla 8: Cantidad de Coagulante a Utilizar en la Experimentación**

T. de Extracto	DOSIS 1(8ml)	VECES A USAR	DOSIS 2( 12ml)	VECES A USAR	REPETICIONES	CANTIDAD FINAL
A 0.5 M NaCl	8	3	12	3	3	180 ml
A 0.25 M NaCl	8	3	12	3	3	180 ml

**Fuente: Propia**

En la tabla N° 8 podemos apreciar la cantidad de extracto acuoso salino que se necesita preparar para realizar las pruebas de coagulación según las cantidades elegidas de 8 ml y 12 ml respectivamente.

**Tabla 9: Cantidad de Insumos para la Preparación del Coagulante**

INSUMOS PARA PREPARACION DE 180 ML DE EXTRACTO SALINO		
INSUMOS PARA PREPARACIÓN DE DISOLUCIÓN DE NaCl		
	A 0.5 M	A 0.25 M
Peso Molecular NaCl	58 g	58 g
Agua Destilada	180 ml	180 ml
Cantidad de NaCl (g)	5.22	2.61
INSUMOS PARA DESLIPIDIFICACIÓN DE MAIZ (PARA 360 ML)		
MAIZ AMARILLO (g)	18	
Alcohol etílico de 96 ° (ml)	360	

**Fuente: Propia**

Las cantidades de componentes a utilizar han sido generadas de acuerdo a la metodología de experimentación en donde presenta la realización de proporciones de 5% (peso/volumen) tanto de alcohol y maíz para la deslipidificación y 5% (peso volumen) de la disolución salina en sus diferentes concentraciones con la cantidad de maíz deslipidificado.

### **Resultados de los ensayos realizados.**

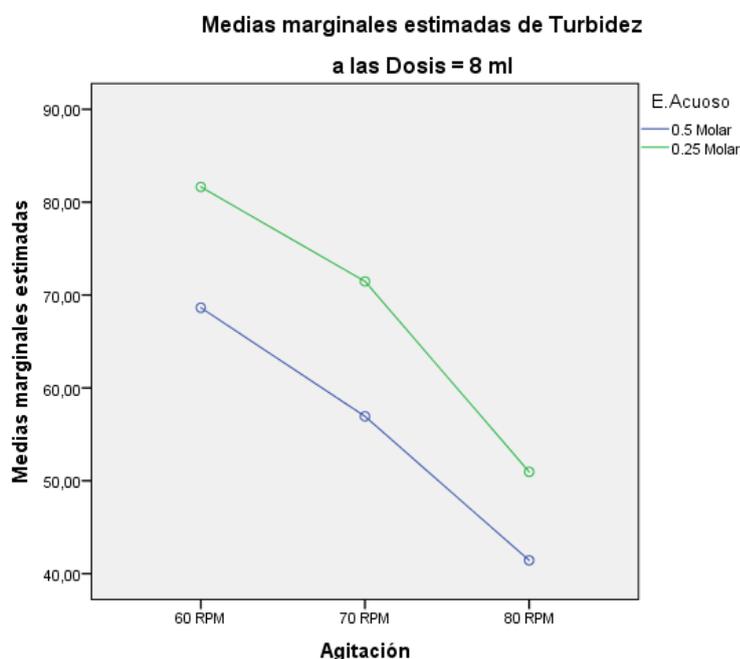
Para determinar la turbidez inicial primero se realizó una homogenización de la muestra de agua, luego de ello se dejó sedimentar por un periodo de 24 horas, posteriormente se realizó la medición de la turbidez inicial con ayuda de un Turbidímetro.

**Tabla 10: Resultado de los ensayos realizados.**

EXTRACTO ACUOSO	DOSIS	Turbiedad Inicial	Velocidad de agitación					
			60 RPM	% De eficiencia	70 RPM	% de eficiencia	80 RPM	% de eficiencia
E1 (0.5 M)	D1 (12ml)	178	68.0	61.80	55.3	68.93	39.2	77.98
		178	72.5	59.27	59.7	66.46	41.3	76.80
		178	65.4	63.26	55.8	68.65	43.8	75.39
	D2 (8 ml)	178	45.5	74.44	34.6	80.56	22.1	87.58
		178	43.4	75.62	32.1	81.97	26.3	85.22
		178	48.1	72.98	32.3	81.85	21.4	87.98
E2 (0.5 M)	D1 (12ml)	178	81.5	54.21	67.1	62.30	51.3	71.18
		178	79.8	55.17	73.6	58.65	53.4	70.00
		178	83.6	53.03	73.7	58.60	48.2	72.92
	D2 (8 ml)	178	65.3	63.31	64.6	63.71	59.6	66.52
		178	62.8	64.72	62.1	65.11	58.3	67.25
		178	68.1	61.74	65.6	63.15	59.2	66.74

Fuente: Propia.

En el cuadro de resultados podemos apreciar la disminución de la turbidez que se dio en los diferentes ensayos, cada ensayo tuvo la variación de los diferentes factores además de la realización de 3 repeticiones con la finalidad de que al existir la posibilidad de obtener resultados anómalos estos no influyan en las conclusiones finales de la investigación.

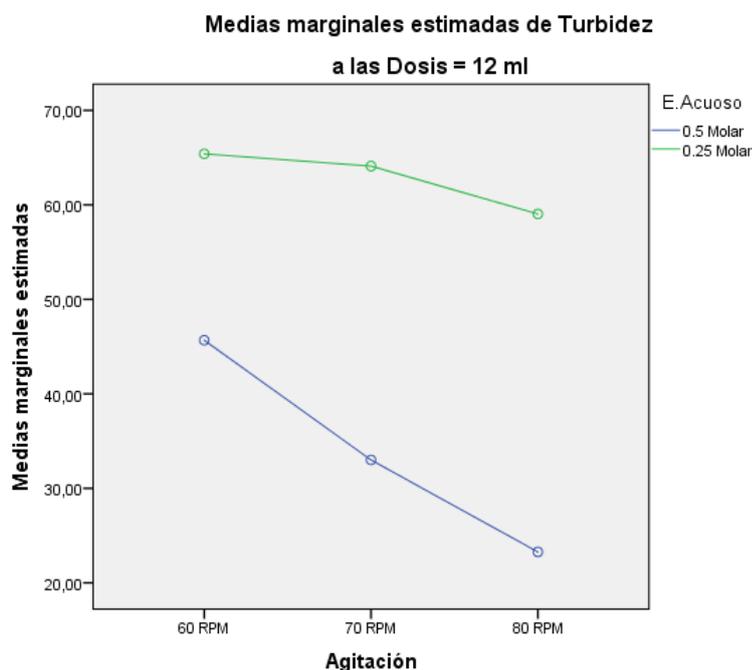


**Figura 1:** Interacción de la Velocidad de Agitación y el Tipo de Extracto Acuoso a una Dosificación de 8 Mililitros.

Fuente: Propia

En la figura N° 1 podemos apreciar de que cuando la velocidad de agitación iba en aumento la reducción de la turbidez era mayor con las dos diferentes

concentraciones salinas de los extractos acuosos, pero que con la concentración de 0.5 molar se obtuvo una reducción mayor en la máxima agitación de la experimentación



**Figura 2:** Interacción de la Velocidad Agitación y el Tipo de Extracto Acuoso a una Dosificación de 12 Mililitros.

**Fuente:** Propia

En la figura N° 2 se aprecia la interacción del tipo de extracto acuoso con las diferentes velocidades de agitación en la disminución de la turbidez con una dosificación de 12 mililitros, a una velocidad de 80 revoluciones por minuto y con el extracto acuoso a base de la disolución salina de 0.5 molar se logró reducir en mayor cantidad la turbidez presente en la muestra de agua.

Para la realización del análisis estadístico de los datos se debe comprobar que tengan una distribución normal, esto se realizó a través del método de Shapiro – Wilk debido a que obtuvimos menos de 50 datos.

**Tabla 11: Prueba de Normalidad.**

EXTRACTO		Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
TURBIDEZ	0.5 MOLAR	,965	18	,690
	0.25 MOLAR	,968	18	,761

**H<sub>0</sub>:** Los valores de la disminución de la turbidez siguen una distribución normal.

**H<sub>1</sub>:** Los valores de la remoción de la turbidez no siguen una distribución normal.

Podemos observar que el valor  $p > 0.05$ , por lo tanto, aceptamos  $H_0$  y se afirma estadísticamente que los datos tienen una distribución normal, con un nivel de confiabilidad del 95 %.

Para poder determinar si la interacción de los factores: dosis, velocidad de agitación y tipo de extracto acuoso salino, influyen en la disminución de la turbidez se aplicó una prueba multivariante.

**Tabla 12: Análisis de Varianza para la Disminución de la Turbidez**

**Variable dependiente: TURBIDEZ**

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
AGITACIÓN	3094,011	2	1547,005	101,255	,000
EXTRACTO	320,410	1	320,410	20,972	,000
DOSIS	315,654	1	315,654	20,660	,000
AGITACIÓN * EXTRACTO	14,382	2	7,191	,471	,630
AGITACIÓN * DOSIS	110,651	2	55,325	3,621	,042
EXTRACTO * DOSIS	24,668	1	24,668	1,615	,216
AGITACIÓN * EXTRACTO * DOSIS	22,071	2	11,035	,722	,496
Error	366,680	24	15,278		
Total	143273,220	36			
Total corregido	4268,526	35			

**H<sub>0</sub>:** La interacción entre la dosis, la agitación y el extracto acuoso salino no tienen efectos significativos en la disminución de la turbidez

**H<sub>1</sub>:** La interacción entre la dosis, agitación y el extracto acuoso salino tienen efectos significativos en la disminución de la turbidez.

Observamos que el valor P para los factores de Velocidad de Agitación, extracto acuoso salino y dosis es menor que 0.05 por lo tanto se acepta la hipótesis alterna

#### **IV. DISCUSIONES.**

En la tabla N° 6 se presentaron las características fisicoquímicas que poseía la muestra de agua tomado del Río Chicama en la zona de la Bocatoma Paíjan, un dato muy importante de esta caracterización fue sin duda el nivel de pH ya que al estar en un nivel neutro nos hizo desistir en variar este parámetro para las pruebas de laboratorio.

La disminución de la turbidez en aguas superficiales utilizando coagulantes naturales provenientes de frutos, semillas, raíces, etc. es una tendencia en las investigaciones relacionadas con la mejora de la calidad de agua debido a que se pueden abaratar costos y a la vez ser menos agresivos con el ambiente, sin embargo, aún en la actualidad este tipo de tratamientos es realizado empleando componentes químicos, dentro de ellos el más utilizado es el Sulfato de Alúmina, en la investigación realizada por (Restrepo, 2009) se puede apreciar un tratamiento de agua en la cual se utilizaba este componente antes mencionado, el agua que utilizo para sus ensayos presenta un nivel de pH casi neutro ligeramente básico, muy similar al de nuestra investigación y también una turbidez inicial de 163 NTU que es un valor muy próximo al valor de la muestra tomada del Río Chicama, la disminución de la turbidez en esa investigación llego a alcanzar niveles de 95.77% de eficiencia.

Dentro de los coagulantes naturales más estudiados y más utilizados encontramos a la Moringa Oleifera, citando a la investigación realizada por (Turriaga, 2012) el cual empleó las semillas de Moringa para purificar aguas superficiales, en esta investigación a diferencia de la nuestra las mediciones de la turbiedad se realizaron con un espectrofotometro indicando un valor inicial de 230 NTU y al realizar las pruebas de eficiencia se llegó a reducir hasta los 36 NTU teniendo un porcentaje de eficiencia de 84,34% siendo un valor muy similar al obtenido con nuestra investigación esto coincide con lo mencionado por (GARCÍA, 2007) en la metodología de extracción in situ de coagulantes naturales que propuso en donde empleo una serie de semillas y frutos en los cuales se mencionan a la moringa, semillas de maracuyá,

tamarindo, maíz rojo, maíz dulce, etc. en donde los mayores porcentajes de eficiencia en la remoción de la turbidez se logró con la Moringa Oleifera, semillas de Maracuyá y con las semillas de Maíz los cuales estuvieron por encima del 70%, es bueno mencionar que a diferencia de nuestra investigación el agua que se empleó para los análisis de laboratorio en el desarrollo de esta metodología fue sintética y el valor de turbidez fue dado con ayuda de caolín y arcilla.

Es esta metodología la que se empleó para la extracción del componente activo de las semillas de maíz amarillo ya que como vimos los resultados de eficiencia con otras variedades de maíz son muy elevados, además los componentes como el cloruro de sodio y el alcohol etílico son de gran accesibilidad, el proceso de deslipidificación no es muy dificultoso y la realización del extracto acuoso salino que contenga el componente activo con la carga proteica también es de fácil realización. En esta metodología la extracción del componente activo se realizó no solo con soluciones salinas si no también con agua destilada, pero al ver que los resultados mejoraban con mayores cantidades de cloruro de sodio se optó por elegir las disoluciones de 0.5 Molar y 0.25 Molar, con respecto a las velocidades de agitación en las investigaciones consultadas se encontró que empleaban una velocidad rápida y otra lenta lo cual se entiende ya que ayuda a la mezcla del coagulante y luego la formación de los flocs sin embargo en nuestra investigación se presentaron dificultades con respecto a los equipos utilizados es por ello y pensando en la viabilidad de la investigación de opto por emplear 3 velocidades los cuales son de 60 rpm, 70 rpm y 80 rpm con un tiempo de agitación de 15 minutos para luego de ellos dejar pasar un tiempo de 30 minutos en el cual se esperaba que se precipiten los flocs formados y la turbidez disminuya, luego de este tiempo se procedió a la medición de la turbidez final, para la dosis se tuvo en cuenta la muestra indicada en el Protocolo Nacional de Monitoreo para la Calidad del Agua, el cual establece que la muestra para la medición de la turbidez debe ser de 250 ml, sin embargo al momento de realizar el test de jarras no se podría aplicar el tratamiento ya que el equipo utilizado requería de vasos de precipitación de 1L por

ello se tomó como unidad de análisis 500 ml y las dosis fueron de 8 ml y 12 ml.

Consideramos que al haber hecho el muestreo en diferentes envases de 1L la homogenización de la muestra fue muy importante y el tiempo de sedimentación también, debido a que los sólidos suspendidos de mayor tamaño hubieran podido influenciar en gran medida la medición de la turbidez y esto al final de la investigación hubiera mostrado una eficiencia errónea.

El uso de soluciones salinas fue una preocupación en el inicio de la investigación ya que consideramos que podría variar la conductividad eléctrica del agua sin embargo al realizar los cálculos para la realización de las soluciones con sus diferentes molaridades fue evidente que las cantidades eran mínimas y que no repercutirían en la calidad de agua

## V. CONCLUSIONES

1. Se llegó a concluir que el resultado de eficiencia en la disminución de la turbidez es muy variable esto es comprobado en la prueba de análisis de varianza que indica que las distintas interacciones de los factores influyen en la eficiencia.
2. Al realizar los dos extractos acuosos salinos del maíz amarillo para la extracción de su componente activo fue muy notoria la diferencia entre ambos logrando tener una mayor eficiencia de disminución de turbidez con el extracto acuoso salino de maíz con 0.5 Molar.
3. Se decidió utilizar 3 velocidades distintas de agitación las cuales según la prueba estadística Post Hoc eran influyentes en el proceso de coagulación y siendo la velocidad de 80 revoluciones por minuto la cual generaba mejores eficiencias al interactuar con los demás factores.
4. Se eligieron 2 cantidades distintas de 12 ml y 8 ml, en muchos coagulantes existe un punto de quiebre en donde al agregar más cantidad ya no se obtiene mejor eficiencia, sin embargo, en esta investigación los mejores resultados de eficiencia han sido al utilizar 12 ml en los ensayos.

## VI. RECOMENDACIONES

- En la presente investigación al tomar como muestra agua superficial no se realizó la variación del pH debido a que se tuvo un pH ligeramente alcalino casi neutro, sin embargo, consideramos que para próximas investigaciones se realice esta variación ya que es un factor muy importante para el proceso de coagulación.
- Sabemos que el maíz es común mente utilizado con fines alimenticios tanto para seres humanos como para animales, sin embargo, al darle otro tipo de uso se corre el riesgo del aumento de costo o encarecimiento del producto, es por ello que se deben hacer los estudios a gran escala para analizar la factibilidad de esta forma de mejora de la calidad de agua.
- Es de conocimiento que los coagulantes naturales también tienen un efecto en la disminución de la carga bacteriológica presente en el agua, por ello se recomienda hacer una caracterización microbiológica previa al tratamiento con el extracto de maíz y otra caracterización después del tratamiento, esto ayudara a determinar la cantidad de carga microbiana que se haya logrado reducir o que pueda aumentar, ya que es el efecto de coagulación del extracto acuoso salino de maíz es debido a la presencia de carga proteica.
- Se recomienda la realización de una caracterización de proteínas que se encuentren presentes en el extracto acuoso salino de maíz, ya que en esta oportunidad por algunas limitaciones y dificultades no se pudo realizar sin embargo nos estamos basando en referencias bibliográficas o experiencias similares
- Según nuestra investigación bibliográfica la extracción del componente activo del maíz no solo puede ser extraída con disoluciones salinas, existen una serie de disoluciones que logran realizar esta acción, es por ello se recomienda que en futuras investigaciones se hagan estas pruebas ya que podrían tener una influencia directa en el porcentaje de eficiencia de disminución de turbidez.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ANA (Perú). R.J. N° 010-2016-ANA: Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales.2016. Perú.
- APAZA AQUINO, Hugo. Tratamiento ecológico, una alternativa sustentable para la purificación de aguas contaminadas destinadas al riego de cultivos en Arequipa. Arequipa, Perú, 2012.
- BACA, A., ESTRADA, D., PEREDA, G. Y TAMAYO, L., Caracterización física, química y microbiológica de las aguas del Río Chicama, durante los meses de mayo y junio en el 2013. Trujillo. Universidad Cesar Vallejo, 2013.
- CERÓN ALFARO, Oswaldo. Optimization of the coagulation–flocculation process for the removal of natural organic matter fractions present in drinking water sources. *Water Quality Research Journal of Canada*. Abril 2016.
- DIEMERT, S., & ANDREWS, R. C. The impact of alum coagulation on pharmaceutically active compounds, endocrine disrupting compounds and natural organic matter. *Water Science & Technology: Water Supply*, 13(5), 1348-1357. Septiembre 2013.
- FAO, 1993, Propiedades Químicas del Maíz. Roma.
- GARCÍA FAYOS, B. Metodología de extracción in situ de coagulantes natural para la clarificación de agua superficial. aplicación en países en vías de desarrollo. Valencia.2007
- GONZALES TORO, C., La Turbidez. . Presentación. 2011.
- GUZMAN, L. Y NUÑEZ, A.,Polvo de la semilla cassia fistula como coagulante natural en el tratamiento de agua cruda. 13. Cartagena, Colombia: Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial.2016
- GUZMÁN LUIS, Reducción de la turbidez del agua usando coagulantes naturales: una revisión, 2013. *UDCA. Actualidad & divulgación científica*, Vol. 16, no. 1. ISSN 0123-4226.
- G. López, C. Campos, “Estudio preliminar del uso de la semilla de tamarindo (*Tamarindus indica*) en la coagulación – floculación de aguas residuals, Tecnología en Marcha, Vol 24 N° 2, Abril – Junio 2011.

- H. Ramírez y J. Jaramillo, “Uso potencial de agentes clarificantes y desinfectantes de origen natural para el tratamiento integral del agua caracterizado por pisos térmicos”. *Ingeniería Solidaria*, vol. 10, n.º 17, pp. 139-151, en.-diciembre, 2014.
- LUNA, A. *Aceites esenciales: Métodos de extracción*. San Andrés Cholula, México. 2009.
- MELO VARGAS, G. y TURRIAGO RÍOS, F., Evaluación de la eficiencia de la utilización de semillas de moringa oleífera como una alternativa de biorremediación en la purificación de aguas superficiales del caño cola de pato ubicado en el sector rural del municipio de acacias. Villavicencio.2012POMPILIO QUINTANA, RONY, Uso de floculantes de origen natural en el tratamiento del agua en términos de turbidez en el Río Santa – Huaraz. Huacho,2013
- Reconocimiento de Proteínas [en línea]. Murcia: 2010- [Fecha de consulta: 08 de setiembre 2016] Disponible en : [http://www.pedropablomoreno.com/pedropablomoreno.com/BIO2-Practicas\\_files/14-15%20P-7%20Reconocimiento%20proteinas.pdf](http://www.pedropablomoreno.com/pedropablomoreno.com/BIO2-Practicas_files/14-15%20P-7%20Reconocimiento%20proteinas.pdf)
- RESTREPO, Hernán. Evaluación del proceso de coagulación – floculación de una planta de tratamiento de agua potable. Medellín, 2009.
- SOLÍS SILVAN, RUDY, LAINES CANEPA, JOSE and HERNÁNDEZ BARAJAS, ROBERTO, 2012, Mezclas con potencial coagulante para clarificar aguas superficiales. *Int. Contam. Ambient.* 2012. Vol. 23, no. 3. ISSN 0188-4999.
- Shogren R. Flocculation of kaolin by waxy maize starch phosphates. *Carbohydrate Polymers*. 2009; 76(4):639-44.
- OJEDA, Lizabeth. “Determinación de la eficiencia de las características coagulantes y floculantes del *tropaeolum tuberosum*, en el tratamiento del agua cruda de la planta de Puengasí de la EPMAPS.Tesis (Ingeniero en biotecnología de los recursos naturales). Quito: Universidad Politécnica Salesiana, 2012.

## VIII. ANEXOS

**Figura 3: Imagen Satelital de Punto de Muestreo**



Fuente: Google Earth

**Figura 4: Muestreo de Agua en el Río Chicama**



Fuente: Propia

**Figura 5: Maíz Amarillo Molido**



Fuente: Propia.

**Figura 6: Deslipidificación del Maíz Amarillo.**



Fuente: Propia

**Figura 7: Pesaje de Cloruro de Sodio**



Fuente: Propia

**Figura 8: Extracción del Componente Activo**



Fuente: Propia

**Figura 9: Extracción del Componente Activo**



Fuente: Propia

**Figura 10: Alcohol de 96° luego de la deslipidificación del Maíz**



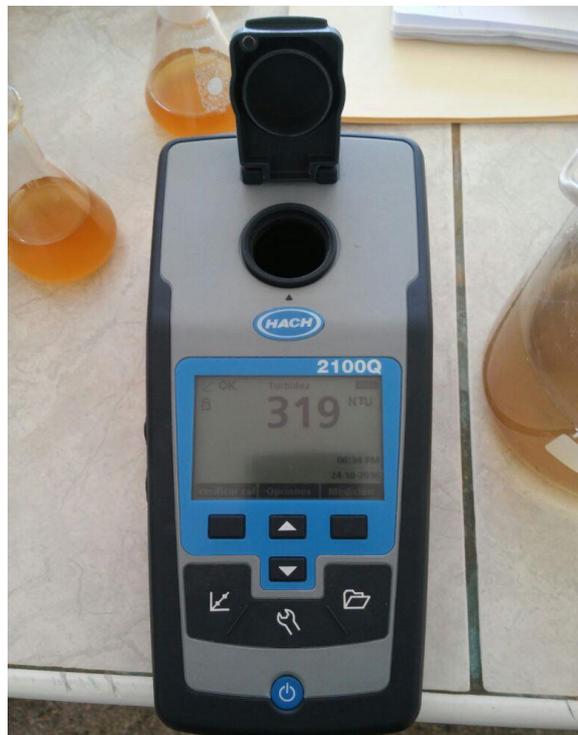
Fuente: Propia

**Figura 11: Equipo Utilizado para la Prueba de Jarras**



Fuente: Propia

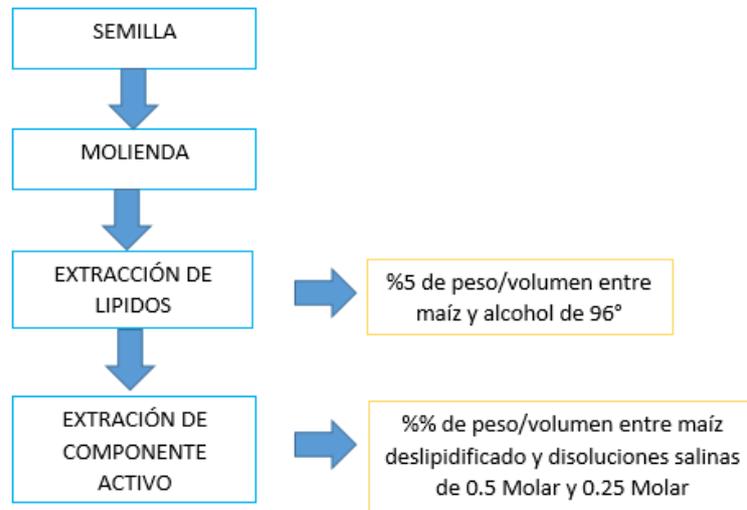
**Figura 12: Turbidimetro Utilizado en la Investigación**



Fuente: Propia

## 8.1. Proceso de experimentación.

### 8.1.1. Extracción de componente activo.



- En primer lugar, las semillas de Maíz Amarillo deben ser molidas para obtener partículas de menor tamaño.
- Se procede a hacer la deslipidificación en donde se usará Alcohol de 96° en proporciones de 5% (p/v) con el maíz molido, se agita por un tiempo de 1 Hora luego se deja reposar por 24 Horas para luego filtrar, nos quedaremos con la parte sólida la cual debemos dejar secar a temperatura ambiente
- Se procede a pesar el maíz deslipidificado para poder hacer la extracción del componente activo, esto se hará en proporción de 5% (p/v) con las dos diferentes soluciones salinas de 0.5 molar y 0.25 molar respectivamente, se procede a agitar por 1 Hora, luego de ello se filtra y conservaremos la parte líquida para nuestras pruebas de eficiencia, esta se debe conservar en refrigeración a menos de 5° C.

### 8.1.2. Pruebas de Eficiencia.

Para las pruebas de eficiencia en la disminución de la turbidez se realizó lo siguiente:

- En un balde de 20 litros se homogenizó la muestra tomada en el Río Chicama, ya que se había tomado en envases de 1 litro.
- Se dejó sedimentar por un tiempo de 24 Horas con la finalidad de que los sólidos suspendidos de gran tamaño no influyan en las mediciones.

- Luego de la sedimentación se procedió a tomar la turbidez para saber el estado actual que tenía la muestra.
- Se procedió a realizar los ensayos según el diseño experimental establecido empleando las velocidades de agitación elegidas, las dosis y los dos diferentes extractos acuosos salinos preparados.
- Luego de cada ensayo se procedió a realizar una a una las mediciones de turbidez para analizar las disminuciones que se hallan suscitado

**Tabla N° 13: Prueba de igualdad de Levene de varianzas de error**

Variable dependiente: TURBIDEZ

F	df1	df2	Sig.
,988	11	24	,484

Prueba la hipótesis nula que la varianza de error de la variable dependiente es igual entre grupos.

a. Diseño : Intersección +  
 AGITACIÓN + EXTRACTO + DOSIS  
 + AGITACIÓN \* EXTRACTO +  
 AGITACIÓN \* DOSIS + EXTRACTO \*  
 DOSIS + AGITACIÓN \* EXTRACTO \*  
 DOSIS

Observamos en la tabla N° 13 que el valor P (Sig.) resultante de la prueba de Levene fue mayor al nivel de significancia (0.05), esto significa que los resultados fueron obtenidos sobre la base de un muestreo aleatorio de una población con varianzas iguales

**Tabla 14: Factores inter Sujetos**

Factores inter-sujetos			
		Etiqueta de valor	N
AGITACIÓN	1	60 RPM	12
	2	70 RPM	12
	3	80 RPM	12
EXTRACTO	1	0.5 MOLAR	18
	2	0.25 MOLAR	18
DOSIS	1	8 ML	18
	2	12 ML	18

En esta tabla podemos apreciar el número de datos que existen, en donde por cada una de las velocidades de agitación se realizaron 4 ensayos con 3 repeticiones (12 valores), para los extractos acuosos salinos se realizaron 6 ensayos con 3 (18 valores ) repeticiones y para las dosis 6 ensayos y 3 repeticiones (18 valores).

**Tabla 15: Descripción estadística para la Variable Dependiente**

AGITACIÓN	EXTRACTO	DOSIS	Media	Desviación estándar	N	
60 RPM	0.5 MOLAR	8 ML	68,6333	3,59212	3	
		12 ML	45,6667	2,35443	3	
		Total	57,1500	12,86930	6	
	0.25 MOLAR	8 ML	81,6333	1,90351	3	
		12 ML	65,4000	2,65141	3	
		Total	73,5167	9,12785	6	
	Total	8 ML	75,1333	7,57038	6	
		12 ML	55,5333	11,03860	6	
		Total	65,3333	13,64580	12	
	70 RPM	0.5 MOLAR	8 ML	56,9333	2,40901	3
			12 ML	33,0000	1,38924	3
			Total	44,9667	13,22629	6
0.25 MOLAR		8 ML	71,4667	3,78197	3	
		12 ML	64,1000	1,80278	3	
		Total	67,7833	4,82718	6	
Total		8 ML	64,2000	8,45033	6	
		12 ML	48,5500	17,09488	6	
		Total	56,3750	15,23448	12	
80 RPM		0.5 MOLAR	8 ML	41,4333	2,30290	3
			12 ML	23,2667	2,65016	3
			Total	32,3500	10,19505	6
	0.25 MOLAR	8 ML	50,9667	2,61598	3	
		12 ML	59,0333	,66583	3	
		Total	55,0000	4,73667	6	
	Total	8 ML	46,2000	5,66780	6	
		12 ML	41,1500	19,66629	6	
		Total	43,6750	14,04843	12	
	Total	0.5 MOLAR	8 ML	55,6667	12,06752	9
			12 ML	33,9778	9,91171	9

	Total	44,8222	15,46870	18
0.25 MOLAR	8 ML	68,0222	13,75498	9
	12 ML	62,8444	3,34182	9
	Total	65,4333	10,06911	18
Total	8 ML	61,8444	14,07034	18
	12 ML	48,4111	16,49431	18
	Total	55,1278	16,57426	36

### 8.1.3. Medias Marginales estimadas.

**Tabla 16: Medias Marginales en la Velocidad de Agitación**

Variable dependiente: TURBIDEZ

AGITACIÓN	Media	Error estándar	Intervalo de confianza al 95%	
			Límite inferior	Límite superior
60 RPM	65,333	,717	63,854	66,813
70 RPM	56,375	,717	54,895	57,855
80 RPM	43,675	,717	42,195	45,155

**Tabla 17: Medias Marginales para los tipos de Extracto Acuoso Salino**

Variable dependiente: TURBIDEZ

EXTRACTO	Media	Error estándar	Intervalo de confianza al 95%	
			Límite inferior	Límite superior
0.5 MOLAR	44,822	,585	43,614	46,030
0.25 MOLAR	65,433	,585	64,225	66,641

**Tabla 18: Medias Marginales para las Dosis**

Variable dependiente: TURBIDEZ

DOSIS	Media	Error estándar	Intervalo de confianza al 95%	
			Límite inferior	Límite superior
8 ML	61,844	,585	60,636	63,052
12 ML	48,411	,585	47,203	49,619

**Tabla 18: Medias Marginales para la Interacción de la Velocidad de Agitación y el Tipo de Extracto Acuoso Salino**

Variable dependiente: TURBIDEZ

AGITACIÓN	EXTRACTO	Media	Error estándar	Intervalo de confianza al 95%	
				Límite inferior	Límite superior
60 RPM	0.5 MOLAR	57,150	1,014	55,058	59,242
	0.25 MOLAR	73,517	1,014	71,424	75,609

70 RPM	0.5 MOLAR	44,967	1,014	42,874	47,059
	0.25 MOLAR	67,783	1,014	65,691	69,876
80 RPM	0.5 MOLAR	32,350	1,014	30,258	34,442
	0.25 MOLAR	55,000	1,014	52,908	57,092

**Tabla 19: Medias Marginales de la Interacción de la Velocidad de Agitación y la Dosis**

Variable dependiente: TURBIDEZ

AGITACIÓN	DOSIS	Media	Error estándar	Intervalo de confianza al 95%	
				Límite inferior	Límite superior
60 RPM	8 ML	75,133	1,014	73,041	77,226
	12 ML	55,533	1,014	53,441	57,626
70 RPM	8 ML	64,200	1,014	62,108	66,292
	12 ML	48,550	1,014	46,458	50,642
80 RPM	8 ML	46,200	1,014	44,108	48,292
	12 ML	41,150	1,014	39,058	43,242

**Tabla 20: Medias Marginales de la Interacción entre el Extracto Acuoso Salino y la Dosis**

Variable dependiente: TURBIDEZ

EXTRACTO	DOSIS	Media	Error estándar	Intervalo de confianza al 95%	
				Límite inferior	Límite superior
0.5 MOLAR	8 ML	55,667	,828	53,958	57,375
	12 ML	33,978	,828	32,269	35,686
0.25 MOLAR	8 ML	68,022	,828	66,314	69,731
	12 ML	62,844	,828	61,136	64,553

**Tabla 111: Medias Marginales de las Interacciones de los 3 Factores.**

Variable dependiente: TURBIDEZ

AGITACIÓN	EXTRACTO	DOSIS	Media	Error estándar	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
60 RPM	0.5 MOLAR	8 ML	68,633	1,434	65,674	71,592
		12 ML	45,667	1,434	42,708	48,626
	0.25 MOLAR	8 ML	81,633	1,434	78,674	84,592
		12 ML	65,400	1,434	62,441	68,359
70 RPM	0.5 MOLAR	8 ML	56,933	1,434	53,974	59,892
		12 ML	33,000	1,434	30,041	35,959
	0.25 MOLAR	8 ML	71,467	1,434	68,508	74,426

		12 ML	64,100	1,434	61,141	67,059
80 RPM	0.5 MOLAR	8 ML	41,433	1,434	38,474	44,392
		12 ML	23,267	1,434	20,308	26,226
	0.25 MOLAR	8 ML	50,967	1,434	48,008	53,926
		12 ML	59,033	1,434	56,074	61,992

#### 8.1.4. Pruebas Post Hoc

Las pruebas post hoc no se realizan para EXTRACTO porque hay menos de tres grupos.

Las pruebas post hoc no se realizan para DOSIS porque hay menos de tres grupos.

Agitación.

**Tabla 22: Comparaciones múltiples de la influencia de los diferentes factores en la disminución de la Turbidez**

	(I) AGITACIÓN	(J) AGITACIÓN N	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
						Límite inferior	Límite superior
HSD Tukey	60 RPM	70 RPM	8,9583*	1,01379	,000	6,4266	11,4901
		80 RPM	21,6583*	1,01379	,000	19,1266	24,1901
	70 RPM	60 RPM	-8,9583*	1,01379	,000	-11,4901	-6,4266
		80 RPM	12,7000*	1,01379	,000	10,1683	15,2317
	80 RPM	60 RPM	-21,6583*	1,01379	,000	-24,1901	-19,1266
70 RPM		-12,7000*	1,01379	,000	-15,2317	-10,1683	
Scheffe	60 RPM	70 RPM	8,9583*	1,01379	,000	6,3136	11,6031
		80 RPM	21,6583*	1,01379	,000	19,0136	24,3031
	70 RPM	60 RPM	-8,9583*	1,01379	,000	-11,6031	-6,3136
		80 RPM	12,7000*	1,01379	,000	10,0553	15,3447
	80 RPM	60 RPM	-21,6583*	1,01379	,000	-24,3031	-19,0136
70 RPM		-12,7000*	1,01379	,000	-15,3447	-10,0553	
DMS	60 RPM	70 RPM	8,9583*	1,01379	,000	6,8660	11,0507
		80 RPM	21,6583*	1,01379	,000	19,5660	23,7507
	70 RPM	60 RPM	-8,9583*	1,01379	,000	-11,0507	-6,8660
		80 RPM	12,7000*	1,01379	,000	10,6076	14,7924
	80 RPM	60 RPM	-21,6583*	1,01379	,000	-23,7507	-19,5660
70 RPM		-12,7000*	1,01379	,000	-14,7924	-10,6076	

Se basa en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática(Error) = 6,167.

\*. La diferencia de medias es significativa en el nivel .05.

**Tabla 23: Prueba Post Hoc para el Factor Velocidad de Agitación**

TURBIDEZ					
	AGITACIÓN	N	Subconjunto		
			1	2	3
HSD Tukey <sup>a,b</sup>	80 RPM	12	43,6750		
	70 RPM	12		56,3750	
	60 RPM	12			65,3333
	Sig.		1,000	1,000	1,000
Duncan <sup>a,b</sup>	80 RPM	12	43,6750		
	70 RPM	12		56,3750	
	60 RPM	12			65,3333
	Sig.		1,000	1,000	1,000
Scheffe <sup>a,b</sup>	80 RPM	12	43,6750		
	70 RPM	12		56,3750	
	60 RPM	12			65,3333
	Sig.		1,000	1,000	1,000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

Se basa en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática(Error) = 6,167.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 12,000.

b. Alfa = .05.