

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA QUÍMICA



TESIS

“PROCESO DE OBTENCIÓN Y EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DEL ALMIDÓN DEL PLÁTANO DE SEDA (*Musa acuminata* AAA) PARA LA COAGULACIÓN – FLOCULACIÓN DE LAS AGUAS SUPERFICIALES DEL RÍO PUCHCA – ANCASH A NIVEL DE LABORATORIO”

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE

INGENIERO QUÍMICO

PRESENTADO POR

**CHAVEZ MELGAREJO JORGE ESTEBAN
CUNAIQUE HUANCAS IRVIN JEREMIAS
PINCO MENDO JOHN EDUART**

Callao, Febrero, 2019

PERÚ

PRÓLOGO DEL JURADO

La presente Tesis fue Sustentada por el señor Bachiller **PINCO MENDO JOHN EDUART**, señor Bachiller **CHAVEZ MELGAREJO JORGE ESTEBAN** y señor Bachiller **CUNAIQUE HUANCAS IRVIN JEREMIAS** ante el **JURADO DE SUSTENTACIÓN DE TESIS** conformado por los siguientes Profesores Ordinarios :

ING° LEONARDO FELIX MACHACA GONZALES	PRESIDENTE
ING° HUAMANI TAIPE GUMERCINDO	SECRETARIO
ING° GUTIERREZ CUBA CESAR	VOCAL
ING° LAZO CAMPOSANO ROBERTO	ASESOR

Tal como está asentado en el Libro de Actas N° 2 de Tesis sin Ciclo de Tesis Folio N° 110 y Acta N° 294 de fecha **CUATRO DE JUNIO DE 2018**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Químico en la Modalidad de Titulación de Tesis sin Ciclo de Tesis, de conformidad establecido por el Reglamento de Grados y Títulos aprobado por Resolución N° 135–2017–CU de fecha 22 de junio de 2017 y modificado por Resolución N° 631–2017–R de fecha 24 de julio de 2017

DEDICATORIA

Dedicamos esta tesis a nuestros padres quienes siempre nos apoyaron incondicionalmente en la parte moral y económica para poder llegar a ser profesionales.

A nuestros hermanos y demás familiares que nos dieron su apoyo siempre durante toda nuestra carrera universitaria.

AGRADECIMIENTO

Expresamos nuestros agradecimientos:

A nuestras familias que siempre nos apoyaron y estuvieron pendientes de nuestra carrera, gracias por estar ahí siempre.

A la Universidad Nacional del Callao por darnos la oportunidad de sobresalir en nuestra carrera, en especial a la Facultad de Ingeniería Química; presente dándonos facilidades en el uso de los laboratorios de química y de procesos unitarios.

A nuestro asesor por guiarnos en el desarrollo de esta tesis de titulación e interceder por nosotros para facilitarnos las instalaciones de la universidad y despejarnos las dudas de los análisis que se desarrollaron.

A los docentes y personal administrativo de la Facultad de Ingeniería Química por ayudarnos y proporcionarnos la enseñanza requerida en nuestra carrera y los conocimientos para llevar a cabo nuestro trabajo.

A nuestros amigos por la ayuda que nos dieron cuando se la requerimos.

ÍNDICE

	Pag
RESUMEN	8
ABSTRACT	9
I. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN	10
1.1. Identificación del problema	10
1.2. Formulación de problemas	12
1.3. Objetivos de la investigación	12
1.4. Justificación	12
II. MARCO TEÓRICO	14
2.1. Antecedentes del estudio	14
2.2. El plátano	20
2.2.1. Taxonomía y variedades de plátano	21
2.2.2. Factores ambientales para el cultivo de plátano	23
2.2.3. Producción mundial de plátano	24
2.2.4. Importancia económica del plátano	25
2.2.5. Producción de plátano en el Perú	27
2.2.6. Plátano de seda (<i>Musa acuminata</i> AAA)	30
2.3. Generalidades del almidón	30
2.3.1. Carbohidratos	30
2.3.2. Definición de almidón	31
2.3.3. Clasificación de almidones	32
2.3.4. Almidón de plátano	34
2.3.5. Métodos para la obtención de almidón	34
2.3.6. Características de los almidones	36
2.4. Tratamiento de purificación de aguas	38
2.4.1. Características de contaminación de aguas	38
2.4.2. Técnica del muestreo	40
2.4.3. Coagulación química del agua	45
2.4.4. Río Puchca, su ubicación y características	47
2.5. Definición de términos utilizados	47
III. VARIABLES E HIPÓTESIS	50

3.1. Variables de la investigación	50
3.2. Operacionalización de variables	50
3.3. Hipótesis general e hipótesis específicas	50
IV. METODOLOGÍA	52
4.1. Tipo de investigación	52
4.2. Diseño de investigación	52
4.3. Población y muestra	53
4.4. Técnicas e instrumentos de Recolección de datos	54
4.4.1. Instrumentos de recolección de datos	54
4.4.2. Técnicas	55
4.4.3. Técnicas de análisis	76
4.5. Procedimientos de recolección de datos	77
V. RESULTADOS	83
VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	99
6.1. Contrastación de hipótesis con los resultados	99
6.1.1. Pruebas cualitativas y cuantitativas del almidón de plátano.	99
6.1.2. Pruebas de evaluación del almidón del plátano de seda con el equipo de Jar Test.	99
6.2. Contrastación de resultados con otros estudios similares.	100
VII. CONCLUSIONES	102
VIII. RECOMENDACIONES	103
IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	104
ANEXOS	107

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pag.
FIGURA N° 2.1 Principales zonas productoras de plátanos y bananos en el Perú	29
FIGURA N° 2.2 Estructura parcial de la amilasa	32
FIGURA N° 2.3 Estructura parcial de la amilopectina	33
FIGURA N° 2.4 Diagrama de algunos tipos de almidón	33
FIGURA N° 2.5 Diagrama de proceso de extracción de almidón por método seco	35
FIGURA N° 2.6 Diagrama de proceso de extracción de almidón por método Húmedo	36
FIGURA N° 2.7 Rio Puchca	47
FIGURA Nª 3.1 Relación de las variables de la investigación	50
FIGURA Nª 4.1 Diseño de la investigación	53
FIGURA N° 4.2 Muestras de plátanos a procesar	56
FIGURA N° 4.3 Pesado de la materia prima	57
FIGURA N° 4.4 Pelado de la materia prima	57
FIGURA N° 4.5 Rebanado de la materia prima	58
FIGURA N° 4.6 Licuado de los plátanos	58
FIGURA N° 4.7 Maceración del plátano licuado	59
FIGURA N° 4.8 Tamizado de la pasta formada	59
FIGURA N° 4.9 Decantación del cribado obtenido	60
FIGURA N° 4.10 Pasta por secar / Producto seco	60
FIGURA N° 4.11 Pesado del producto seco	61
FIGURA N° 4.12 Molienda del producto	61
FIGURA N° 4.13 Tamizado del producto	62
FIGURA N° 4.14 Envasado del producto	62
FIGURA N° 4.15 Rio Puchca	63
FIGURA N° 4.16 Recolección de agua del Rio Puchca	64
FIGURA N° 4.17 Muestras transportadas al Laboratorio de Tratamiento de Aguas de la FIQ – UNAC	64
FIGURA N° 4.18 Preparación de la solución de sulfato de aluminio al 1%	65
FIGURA N° 4.19 Preparación de las muestras para el Jar Test	66

FIGURA N° 4.20	Medición del pH inicial de las diversas muestras	66
FIGURA N° 4.21	Medición de la turbidez inicial de las diversas muestras	67
FIGURA N° 4.22	Disposición de las muestras en arreglos de 6 vasos de Precipitados de 1 litro	67
FIGURA N° 4.23	Dosificación de sulfato de aluminio al 1% en cada una de las Muestras	68
FIGURA N° 4.24	Agitación del sistema para la coagulación – floculación	68
FIGURA N° 4.25	Sedimentación del sistema luego de la agitación	69
FIGURA N° 4.26	Medición de los valores finales de pH y turbidez del sistema luego de la sedimentación de las diversas muestras	69
FIGURA N° 4.27	Preparación de la solución de almidón de plátano al 1%	70
FIGURA N° 4.28	Disposición de las muestras	71
FIGURA N° 4.29	Dosificación de sulfato de aluminio al 1% / Dosificación de almidón de plátano al 1% a cada una de las muestras	71
FIGURA N° 4.30	Agitación del sistema para esta dosis conjunta	72
FIGURA N° 4.31	Sedimentación del sistema para la dosis en conjunto señalado	72
FIGURA N° 4.32	Preparación de la solución de poliacrilamida al 0,1%	73
FIGURA N° 4.33	Disposición de las muestras	74
FIGURA N° 4.34	Dosificación de sulfato de aluminio al 1% / Dosificación de poliacrilamida al 0,1%	74
FIGURA N° 4.35	Agitación del sistema para esta dosis conjunta	75
FIGURA N° 4.36	Sedimentación del sistema para la dosis en conjunto señalado	75
FIGURA N° 5.1	Disolución del almidón en agua	85
FIGURA N° 5.2	Almidón en solución y reactivo de Lugol	86
FIGURA N° 5.3	Almidón + Reactivo de Lugol / Luego de la Agitación	86
FIGURA N° 5.4	Almidón grado químicamente puro	87
FIGURA N° 5.5	Almidón de plátano de seda	87

ÍNDICE DE TABLAS

		Pag.
TABLA N° 2.1	Composición nutricional de la pulpa del plátano	22
TABLA N° 2.2	Principales países productores de banano	26
TABLA N° 2.3	Principales países importadores de plátano	27
TABLA N° 2.4	Principales países exportadores de plátano	28
TABLA N° 2.5	Propiedades funcionales de los diferentes almidones	37
TABLA N° 2.6	Clasificación de aguas según su dureza	39
TABLA N° 2.7	Conservación de las muestras	43
TABLA N° 3.1	Operacionalización de variables	51
TABLA N° 4.1	Definición de variables y sus niveles	78
TABLA N° 4.2	Arreglo ortogonal de experimentos	78
TABLA N° 4.3	Arreglo para curva de sulfato de aluminio	79
TABLA N° 4.4	Arreglo para curva de sulfato de aluminio y almidón de Plátano	80
TABLA N° 4.5	Arreglo para curva de sulfato de aluminio y poliacrilamida	81
TABLA N° 4.6	Tipo de variables de la investigación	82
TABLA N° 5.1	Porcentaje de humedad de la pulpa del plátano de seda	83
TABLA N° 5.2	Resultados del proceso de obtención del almidón de plátano de seda	84
TABLA N° 5.3	Curva de calibración del almidón patrón	88
TABLA N° 5.4	Lecturas de concentración & absorbancia de las soluciones del almidón puro	88
TABLA N° 5.5	Concentraciones de las muestras de almidón de plátano de seda	90
TABLA N° 5.6	Porcentaje de pureza del almidón de plátano de seda (Musa acuminata AAA)	91
TABLA N° 5.7	Características iniciales de la muestra de agua del Rio Puchca	91
TABLA 5.8	Mediciones de la dosificación de sulfato de aluminio en muestra de agua del Rio Puchca	92
TABLA 5.9	Mediciones de la dosificación de sulfato de aluminio y almidón de plátano de seda en muestra de agua del Rio	

	Puchca	93
TABLA N° 5.10	Mediciones de la dosificación de sulfato de aluminio y poliacrilamida en muestra de agua del Rio Puchca	95
TABLA N° 5.11	Porcentaje de remoción con la dosificación de almidón de plátano de seda (Musa acuminata AAA)	96
TABLA N° 5.12	Porcentaje de remoción con la dosificación de poliacrilamida	97
TABLA N° 5.13	Resultados de dureza dosificando mezcla de almidón – sulfato de aluminio / Poliacrilamida – Sulfato de aluminio	98

ÍNDICE DE GRAFICOS

	Pag.
GRAFICO N° 5.1 Curva de calibración del almidón puro	89
GRAFICO N° 5.2 Curva dosificación óptima de sulfato de aluminio	93
GRAFICO N° 5.3 Curva dosificación óptima de sulfato de aluminio y almidón de plátano de seda	94
GRAFICO N° 5.4 Curva dosificación óptima de sulfato de aluminio y poliacrilamida	96
GRAFICO N° 5.5 Curva porcentaje de remoción de turbidez dosificando almidón de plátano de seda	97
GRAFICO N° 5.6 Curva porcentaje de remoción de turbidez dosificando Poliacrilamida	98

RESUMEN

En el presente estudio se ha desarrollado el proceso de obtención del almidón de plátano de seda (*Musa acuminata* AAA), cuya eficiencia se ha evaluado en la coagulación – floculación de agua recolectada del Río Puchca, el cual está ubicado en el departamento de Ancash – Perú. Todo este proceso se ha desarrollado a nivel de laboratorio. Se extrajo el almidón del plátano de seda obteniendo un rendimiento de extracción respecto a la masa de pulpa de 60,52%. Al almidón obtenido se le realizó pruebas de identificación; el cual dio positivo con el reactivo de lugol y se obtuvo un porcentaje de pureza de 80% determinado por espectrofotometría UV – Visible.

Para el desarrollo en el equipo de prueba de jarras, se ha determinado en primera instancia la dosis óptima de coagulante usado, en este caso el sulfato de aluminio, dando una dosis óptima de 50 ppm, con esta dosis óptima se han preparado diversas soluciones con diferentes concentraciones de mezcla de almidón de plátano de seda – sulfato de aluminio; Para esta mezcla se ha obtenido una dosis óptima en la proporción 50 : 50 de almidón de plátano – sulfato de aluminio, el cual ha arrojado un porcentaje de remoción de turbiedad de 98,34%. Un proceso similar se ha realizado para la mezcla poliacrilamida – sulfato de aluminio, dando un porcentaje de remoción de turbiedad 98,80%.

Palabras claves : almidón, Río Puchca, coagulación, floculación, extracción, espectrofotometría, prueba de jarras, sulfato de aluminio, poliacrilamida.

ABSTRACT

The present study have developed the obtaining process of silk banana starch, which its efficiency in coagulation – flocculation of collected water of Puchca River (which is situated in Ancash – Perú) has evaluated. All this process have developed at laboratory level. The silk banana starch was extracted obtaining a yield extraction of 60,52% with respect to the pulp mass. Some identification tests were done to the obtained starch, the lugol reagent test showed positive results and spectrophotometry UV – Visible test showed a percentage of purity of 80%

In first instance, initial values (such as pH, temperature and hardness) were taken for the evaluation of the coagulation – flocculation process of collected water of Puchca River. Optimal dose of coagulant used, in this case aluminum sulfate, was calculated for the development in the Jar Test, showing an optimal dose of 50 ppm. With this optimal dose, various solutions were prepared with different mixture concentrations of silk banana starch and aluminum sulfate. For this mixture, an optimal dose of 50 : 50 was obtained, which gave a turbidity removal of 98,34% In a similar process, a mixture of polyacrylamide and aluminum sulfate was tested too, which gave a turbidity removal of 98,80%

Key words : starch, Puchca River, coagulation, flocculation, extraction, spectrophotometry, Jar Test, aluminum sulphate, polyacrylamide.

I. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación del problema

El agua es uno de los recursos naturales más fundamentales, y junto con el aire, la tierra y la energía, constituyen los cuatro recursos básicos en que se apoya el desarrollo. El uso de estos recursos naturales provoca un efecto sobre los ecosistemas de donde se extraen y en los ecosistemas en donde se utilizan. El caso del agua es uno de los ejemplos más claros: un mayor suministro de agua significa una mayor carga de aguas residuales.

La Norma Técnica Peruana (NTP 214.046:2013) define a la Matriz Agua con fines de ensayos para laboratorio en cinco grupos: Aguas Naturales, Aguas Residuales, Aguas para Uso y Consumo Humano, Aguas Salinas y Aguas de Procesos. En las Aguas Naturales encontramos a las Aguas Subterráneas y Aguas Superficiales, dentro de ésta última submatriz, se encuentran a su vez, los ríos, el cual será nuestro campo específico de investigación.

La contaminación de los ríos es una problemática más antigua que la contaminación ambiental, pero que con el aumento de la población de las ciudades que han nacido a las orillas de los mismos, se incrementa de manera tal que las aguas del mismo se ven afectadas de tal forma que su composición deja de ser natural.

El 80% de la población mundial vive en zonas donde los ríos están contaminados y sufren las consecuencias de la degradación ambiental, muchos ecosistemas críticos, algunos únicos en el mundo, tales como bosques de manglar, arrecifes coralinos, lagunas costeras y otros lugares de interface entre la tierra y el mar, han sido alterados más allá de su capacidad de recuperación. En efecto, el ser humano busca día tras día nuevos métodos de purificación de estas aguas para su posterior consumo, sea directa o indirectamente.

En el tratamiento de aguas residuales o tratamiento para potabilización de aguas de consumo doméstico, el uso de polielectrolitos en unión con coagulantes metálicos presenta grandes beneficios: i) se

produce un floc cuya sedimentación es rápida, y ii) se puede reducir el gasto de coagulante, para el caso de ciertos tipos de aguas tratadas. Los polielectrolitos se pueden clasificar en sintéticos y naturales, cada uno de los cuales se discute a continuación: i) los polielectrolitos sintéticos son compuestos de tipo orgánico, obtenidos por vía química a partir de derivados del carbón y del petróleo, ii) los polielectrolitos naturales son polímeros generados por reacciones bioquímicas naturales, ya sea en plantas o animales, y pueden ser proteínas, carbohidratos y polisacáridos. Actualmente, los polímeros sintéticos (polielectrolitos) son muy usados para la coagulación en el tratamiento de aguas.

Entre los polímeros más usados están la poliacrilamida, el ácido poliacrílico y varios polímeros catiónicos. Sin embargo, tienen las siguientes desventajas: i) su costo es elevado para los países de América Latina, teniendo en cuenta que debe ser importado, ii) su costo sufre incrementos debido al aumento de los costos de las reservas de petróleo, iii) tiene muy baja biodegradabilidad en el suelo y en el agua, y iv) los monómeros residuales tienen un alto nivel de toxicidad. En contraste, los polielectrolitos naturales son de bajo costo, su grado de toxicidad es bajo y tienen buena biodegradabilidad.

Así, se ha despertado un interés cada vez mayor en desarrollar coagulantes que sean biodegradables y que sean basados en productos naturales. Algunos de estos son : almidón, celulosa, y polisacáridos bacteriales. El uso del almidón natural en combinación con coagulantes inorgánicos es una alternativa que permite disminuir el consumo de polímeros sintéticos utilizados como ayudantes de coagulación (polielectrolitos), reduciendo así los costos en plantas de tratamiento de aguas. El almidón y sus derivados han demostrado ser muy útiles para la coagulación de partículas minerales ultra finas y metales de hierro (TRUJILLO, 2014)

Por tal razón en esta investigación se obtuvo el almidón del plátano de seda y se evaluó su capacidad de coagulación en una fuente natural,

como las aguas superficiales del Río Puchca. Todo este procedimiento se desarrolló a nivel de laboratorio.

1.2. Formulación de problemas

1.2.1. Problema General

¿Cómo debe ser la obtención y evaluación de la eficiencia del almidón del plátano de seda (*Musa acuminata* AAA) para la coagulación – floculación de las aguas del río Puchca – Ancash?

1.2.2. Problemas específicos

- 1) ¿Cómo se obtiene el almidón a partir del plátano de seda (*Musa Acuminata* AAA)?
- 2) ¿Cuál es la dosificación adecuada del almidón del plátano de seda (*Musa Acuminata* AAA) para la coagulación – floculación de las aguas del río Puchca – Ancash?

1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1. Objetivo General

Obtener y evaluar la eficiencia del almidón del plátano de seda (*Musa acuminata* AAA) para la coagulación – floculación de las aguas del río Puchca – Ancash.

1.3.2. Objetivos Específicos

- 1) Obtener almidón a partir del plátano de seda (*Musa acuminata* AAA)
- 2) Determinar la dosificación adecuada del almidón del plátano de seda (*Musa acuminata* AAA) para la coagulación – floculación de las aguas del río Puchca – Ancash.

1.4. Justificación

La razón que justifica la presente investigación es la siguiente : Buscar complementar y contrastar la literatura ya existente de los coagulantes naturales ya que en el Perú se tienen pocos estudios realizados referentes al uso de coagulantes naturales y la industria utiliza coagulantes y floculantes inorgánicos/sintéticos.

Así mismo, generar nuevas industrias dedicadas a la producción de coagulantes naturales influyendo positivamente en el desarrollo económico del país.

1.5. Importancia

Conforme crece la población en el mundo, específicamente en el país, se hace necesaria la satisfacción de necesidades primarias como el uso de agua potable de buena calidad. Ante este hecho la demanda de tecnologías amigables al medio ambiente acrecienta. Por ello se ha dirigido el interés hacia el estudio de los polielectrolitos naturales. Ya que estos presentan características de coagulación – floculación de aguas al igual que los polielectrolitos sintéticos; pero mejores ambientalmente.

Uno de estos polielectrolitos naturales, que se está estudiando para la potabilización de agua; es el almidón. El plátano en estado verde es una excelente fuente de almidón; y como tal representa una interesante materia prima para estudiar y realizar ensayos de análisis para tratamiento de aguas. Por otro lado, desde el punto de vista económico, se generaría un mercado al productor nacional de plátanos, influyendo positivamente en la economía del país.

Por lo antes mencionado en este trabajo de tesis nos centramos en obtener el almidón de plátano de seda y evaluamos su uso en la coagulación – floculación de agua de río.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del estudio

De los estudios que se han realizado con anterioridad, los cuales guardan relación con el título, ya sea directa o indirectamente, son los siguientes :

Castrillón y De Los Ángeles (2012), en la Planta de Tratamiento de Aguas de Villa Santana, realizaron ensayos de tratabilidad con el coagulante sulfato de aluminio granulado tipo B con el fin de determinar las dosis óptimas requeridas para la remoción de turbiedad y color en diferentes muestras de agua recogidas durante un periodo de tiempo específico. Cada muestra recogida presentó valores significativos en cuanto a turbiedad y color con el fin de obtener un rango amplio para analizar. El método por el cual se determinaron dichas dosis óptimas fue mediante el test de jarras y estas dosis fueron escogidas tomando como base el cumplimiento del decreto 1575 resolución 2115/2007. Los resultados obtenidos después de realizar el test de jarras arrojaron resultados óptimos en cuanto a la remoción de los parámetros fisicoquímicos analizados y el cumplimiento de ellos según la norma.

López, y colaboradores (2014), propusieron el empleo de almidones modificados de malanga (*Colacasia esculenta*) como agentes coadyuvantes en el proceso de coagulación – floculación enfocado a la potabilización del agua. Con este propósito se sintetizaron tres tipos de almidones fisicoquímicamente modificados a partir del almidón nativo: fosfatado, entrecruzado y pregelatinizado. A partir de una prueba experimental estandarizada se evaluó la eficiencia de remoción de turbiedad y de color de estos agentes en muestras sintéticas representativas de aguas superficiales de Tabasco con una turbiedad inicial de 400 UNT

Los resultados de la evaluación indican que no existe diferencia significativa entre el empleo de almidón nativo en comparación con los almidones modificados y en referencia al nivel de remoción de turbiedad

alcanzado. Al respecto, la remoción máxima de turbiedad de color fue de 99,2% dosificando 25 mg/L de almidón fosfatado de malanga con 25 mg/L de sulfato. En consecuencia, este estudio sugiere que el empleo de agentes ambientalmente amigables basados en almidones de malanga permitiría reducir las cantidades de sulfato de aluminio típicamente dosificadas en el proceso de coagulación-floculación en plantas de tratamiento de aguas.

Según Solís, Laines Y Hernández (2012), las partículas suspendidas confieren color y turbiedad indeseables a las aguas superficiales. El uso de agentes químicos como el sulfato de aluminio permite remover una proporción significativa de los sólidos suspendidos, clarificando el agua para su potabilización posterior. En este estudio se compararon mezclas con potencial coagulante compuestas por almidón de yuca (*Manihot esculenta Crantz*) y sulfato de aluminio grado comercial, que permitirían reducir la cantidad de sulfato de aluminio usado en plantas de tratamiento de aguas. 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 fisicoquímicos 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.

Mantilla (2013), evaluó la capacidad coagulante del almidón nativo y modificado del plátano cuatro filos (Musa ABB del subgrupo Silver bluggoe) sin gelificar y gelificado, para determinar su posible uso en el tratamiento de potabilización de aguas. Se extrajo el almidón nativo para su posterior modificación mediante el método de acetilación, con un rendimiento de 42,47% y a partir de este 80% para almidón modificado. Se empleó un diseño experimental factorial general, de dos factores: tipo de coagulante usado y concentración de coagulante usado, con cinco niveles para el primero (alumbre, almidón nativo sin gelificar, almidón nativo gelificado, almidón modificado sin gelificar y almidón modificado gelificado) y seis para el segundo (5, 10, 15, 20, 25 y 30 ppm) En el experimento se realizaron 60 corridas experimentales, y los análisis por duplicado. Las variables de respuesta fueron: turbidez, alcalinidad, pH, color y dureza. Luego a los tratamientos denominados como mejores se compararon a partir de resultados de carga microbiana y DQO

Primero se aplicó un ANOVA multifactorial debido a la existencia de dos factores. Luego se tomaron los tratamientos denominados como mejores y los resultados del agua cruda (sin tratamiento), y se aplicó un análisis estadístico ANOVA simple, para evidenciar si había o no diferencia estadística entre un tratamiento y otro. Los tratamientos denominados como mejores fueron 15 ppm para el alumbre, 15 ppm para el almidón nativo y 25 ppm para el almidón modificado. El análisis estadísticos multifactorial arrojó que no hubo diferencia significativa en cuanto a la turbidez y el pH, y mediante el análisis estadístico simple se concluyó que no hubo diferencias significativas entre un tratamiento y otro para la dureza y el pH

Ambos análisis evidencian que no hay necesidad de modificar el almidón ni de gelificarlo, ya que son pocas las diferencias estadísticas entre un tratamiento y otro para la mayoría de las variables de respuesta. La DQO

y la carga bacteriana tuvieron una relación directa. El almidón nativo obtuvo una DQO más baja con respecto al modificado.

Según Guadrón (2013), el almidón es un polisacárido de alto contenido en las especies vegetales, y proporcionan un alto contenido de energía al ser humano en todo el mundo. De igual forma, es utilizado en la preparación de muchos productos alimenticios de manera industrial por lo que posee una gran aplicabilidad. Por tanto se llevó a cabo el desarrollo y diseño para extracción de Almidón de Guineo Majoncho (*Musa sp*, variedad cuadrado), haciendo uso como método principal método seco y como método secundario el método húmedo). Debido a la ausencia de información de la extracción de almidón del fruto de Guineo Majoncho, se diseñó la metodología de extracción en base a otras especies, como maíz, yuca, papa, etc.

Por tanto este trabajo se convirtió en una investigación enfocada a generar la información sobre la industrialización del fruto. Para caracterizar el fruto fue necesario realizar una caracterización tanto física como química donde se obtuvieron resultados como contenido de carbohidratos de 94,26%, contenido de humedad de 56,35% capaz de ser reducido en el proceso, cantidad mínima de azúcares solubles totales Brix de 1,5 máximo para evaluar el contenido de azúcar presente en la etapa ideal de 75 – 85 días.

Se realizó una caracterización para el almidón extraído aplicando técnicas de análisis y pruebas de calidad para almidones de referencia como los principales (yuca y maíz); para verificar sus propiedades tanto físicas, químicas como microbiológicas. Los resultados de los análisis y pruebas han demostrado que el almidón extraído por el método seco propuesto en la metodología de extracción, contiene amilosa en 37,41% y amilopectina determinado por diferencia un 62,59%

A la vez, se determinó que el almidón extraído contiene 80,85% de carbohidratos (base húmeda). Estos resultados permiten confirmar que el

producto obtenido cuenta con propiedades o características que favorecen una amplia gama industrial.

Ortega, Laines y Aparicio (2010), presentaron la metodología de obtención del almidón modificado de plátano de acuerdo a Aparicio (2003). Se planteó un método experimental, que permitió la remoción de partículas no sedimentables de una muestra de lixiviados proveniente de rellenos sanitarios del estado de Tabasco y/o se pueda tener alternativas para sustituir el uso de sulfato de aluminio puro que es uno de los químicos más utilizados en dicho tratamiento. Para la evaluación de las mezclas con potencial coagulante se propone la metodología usada por Laines (2008)

Según Romero Y Vargas (2010), en el tratamiento de aguas el proceso de coagulación y floculación se lleva a cabo usando productos comerciales como el sulfato de aluminio o el cloruro de hierro, polímeros naturales y/o artificiales que son de alto costo y podrían ser sustituidos por productos naturales y residuos de la industria metalúrgica cuyo tratamiento y disposición, además de poseer un gran impacto ambiental representan un costo para las empresas que los generan. En este estudio se evaluó la efectividad de dos residuos industriales, uno con alta concentración de aluminio y otro de hierro; en la remoción de la turbiedad en el agua.

Ambos residuos presentaron buenos resultados en cuanto a la presencia de aluminio o hierro residual en el agua tratada así como una adecuada remoción de la turbiedad del agua. La cantidad necesaria, del residuo de la empresa Prolex S.A., para la remoción de la turbiedad fue muy similar al producto comercial para el caso del hierro (entre 0,5 ppm y 2,0 ppm). En las pruebas con el residuo con aluminio se necesitó una concentración del orden de las 10 veces mayor que la utilizada con el sulfato de aluminio.

De estos resultados se concluyó de forma preliminar, que ambos productos son factibles para su uso en el tratamiento de aguas residuales, principalmente el residuo con alta concentración de aluminio por su homogeneidad y facilidad de manejo. Este último fue evaluado en la

segunda etapa del proyecto con una muestra de agua residual de la planta de tratamiento de Clorox de Centroamérica S.A. que presentaba una turbiedad inicial y DQO alta. Ambos parámetros necesitó una concentración 6 veces mayor de aluminio. De acuerdo a los resultados obtenidos se concluyó que el residuo de la empresa Extrahum S.A. presenta resultados satisfactorios en el tratamiento de aguas residuales. Adicionalmente se evaluó el producto natural *Triumfetta semitriloba* (mozote de caballo) como floculante natural, comparado con un polímero aniónico comercialmente utilizado, en donde el mozote de caballo presentó remociones de turbiedad alrededor del 99% y remociones del 100% de DQO, estos resultados son equiparables con los obtenidos con el polímero sintético, indicando la potencialidad de utilización del mozote de caballo para el tratamiento de aguas, en el proceso de floculación.

Quiros, Vargas Y Jimenez (2010), evaluaron la efectividad de los productos naturales moringa (*Moringa oleífera*), mozote de caballo (*Triumfetta semitriloba*), tuna (*Cactus lefaria*) y quitosano para remover el color en agua de río y agua artificial, para consumo humano. Se utilizó agua del Río Humo, que es el principal afluente de la toma de agua que ingresa a la Planta Potabilizadora de Tres Ríos proveniente del Embalse El Llano, con la intención de sustituir los productos importados sulfato de aluminio o el floculante catiónico KF-930-S, que son utilizados en el proceso de potabilización. Como agua artificial se empleó agua del tubo con caolín y ácidos húmicos. Los productos naturales se evaluaron como coagulantes, y como floculantes. El agua de río se caracterizó por contener alto color, baja turbidez, baja alcalinidad y dureza y alta sobresaturación de oxígeno disuelto.

En muestras de agua de río el producto natural que como coagulante presentó la mejor remoción de color fue el quitosano con un 30% de eficiencia, comparado con un 89% aplicando el tratamiento convencional. En agua artificial, el producto natural que mostró la mejor remoción de color, al ser evaluado como coagulante único, fue la tuna con una eficiencia del

94% dejando un valor de DQO del agua tratada de 21 mg/L, en comparación con el tratamiento convencional con un 89% de remoción y una DQO final de 10,3 mg/L. En agua artificial, el producto natural que como floculante mostró la mejor remoción de color, fue la tuna con un 96% de eficiencia y una DQO del agua tratada de 42 mg/L. La moringa mostró una actividad coagulante del 89% en la remoción del color cuando el agua presentó una turbidez de al menos 20 NTU. Los productos naturales ensayados no son sustituibles de forma total por los productos comerciales ya fuera como coagulantes o floculantes en el tratamiento de agua artificial o del Río Humo. Se recomendó extraer los principios activos de los productos naturales para reducir la carga orgánica en el agua tratada.

Trujillo, Duque, Arcila, Rincón, Pacheco Y Herrera (2014), analizaron la remoción de turbiedad en agua proveniente de una fuente natural, mediante coagulación-floculación, usando almidón de plátano. Se planteó un diseño experimental factorial aleatorio de cuatro factores variables, a saber: pH, dosis de coagulante, velocidad de mezcla rápida y velocidad de mezcla lenta. Se realizaron pruebas de jarras para determinar los valores óptimos de dichos factores. El almidón de plátano muestra ser adecuado como ayuda de floculación, aunque se presentó una sedimentación lenta. La mejor eficiencia de remoción de turbiedad se obtuvo para los siguientes valores de los factores : pH de 5, 50 : 50 porcentaje en peso de la combinación sulfato de aluminio/almidón de plátano, velocidad de mezcla rápida de 150 rpm, velocidad de mezcla lenta de 20 rpm.

2.2. El plátano

Según la Secretaría de Economía (2012) :

El plátano o banano tiene su origen en Asia meridional, siendo conocido desde el año 650, la especie llegó a las Canarias en el siglo XV y se introdujo al continente americano en 1516. Su cultivo comercial se inició a finales del siglo XIX y principios del XX. Los plátanos o bananos tienen forma oblonga, alargada y algo curvada. Existen distintas variedades que van desde las más grandes como el plátano macho, que llega a pesar unos

200 gramos o más cada unidad, hasta los más pequeños como el bananito, cuyo peso oscila entre los 100 y 120 g.

El color de la piel de los frutos puede ser amarillo verdoso, amarillo, amarillo – rojizo o rojo. El plátano macho tiene una piel gruesa y verdosa y su pulpa es blanca: en el bananito la pulpa es de color marfil y la piel fina y amarilla. El plátano y el bananito destacan porque su sabor es dulce, intenso y perfumado. En el plátano macho, la pulpa tiene una consistencia harinosa y su sabor, a diferencia del resto de plátanos de consumo en crudo, no es dulce porque apenas contiene hidratos de carbono sencillos. Los plátanos se pueden cosechar todo el año y son más o menos abundantes según la estación. Se cortan cuando han alcanzado su completo desarrollo y cuando empiezan a amarillear. Con frecuencia y especialmente en invierno, se anticipa la recolección y se dejan madurar los frutos suspendiéndolos en un local cerrado, seco y cálido conservado en la oscuridad. El envasado se realiza en cajas de cartón con un peso aproximado de 12 a 15 Kg El transporte de la fruta se realiza en vehículos refrigerados con una temperatura aproximada de 14°C

En el caso de la industrialización del plátano, existen diversas técnicas para su procesamiento en verde, con la finalidad de obtener productos como :

- a) Harina de plátano (mezclas para concentrado animal)
- b) Harinas para consumo humano
- c) Hojuelas de plátano: secas o fritas
- d) Tostones

2.2.1. Taxonomía y variedades de plátano

Según Román (2012), los bananos son plantas monocotiledóneas, pertenecen al orden de los Zingiberales, familia Musáceas, la cual está constituida por dos géneros: Musa y Ensete. El género Musa está formado por cuatro secciones o series: Australimusa, Callimusa, Rhodochlamys y Eumusa. La mayoría de los bananos comestibles pertenecen a la sección

Eumusa, son diploides o triploides y proviene de dos especies: *Musa acuminata* (genoma A) y *Musa balbisiana* (genoma B) En cruzamientos inter-específicos se han originado la mayoría de los cultivares de banano y plátanos comestibles.

TABLA N° 2.1

**COMPOSICIÓN NUTRICIONAL DE LA PULPA DEL PLÁTANO
(100 GRAMOS DE PARTE CRUDA COMESTIBLE)**

Componente	Plátano
Agua (g)	65,28
Energía (Kcal)	122
Proteína (g)	1,3
Grasa (g)	0,37
Carbohidratos (g)	31,89
Calcio (mg)	3
Hierro (mg)	0,6
Potasio (mg)	499
Sodio (mg)	4
Vitamina C (mg)	18,4
Tiamina (mg)	0,052
Riboflavina (mg)	0,054
Niacina (mg)	0,686
Grasas Saturadas (g)	0,143
Grasas Monosaturadas (g)	0,032
Grasas Polin – saturadas (g)	0,069

Fuente : Robles, 2007

La especie *Musa acuminata* (AA), ha aportado las características deseables de calidad en los cultivares comestibles, resultando en variedades de mayor importancia. En la actualidad, los diploides comestibles son poco comunes ya que han sido desplazados por los triploides AAA, más productivos pero también más estériles. Los cruzamientos inter-específicos entre *acuminata* (AA) y *balbisiana* (BB), dieron origen a grupos identificados por la contribución respectiva de cada especie silvestre: AB, AAB y ABB

Actualmente en el mundo existen 500 variedades de banano, con tanta variedad, el color de la piel del banano puede cambiar de amarillo verdoso, amarillo, amarillo rojizo hasta rojo. El plátano tiene la piel gruesa y verdosa y su pulpa es blanca, con una consistencia harinosa y el sabor no es tan dulce como el de los bananos crudos. La pulpa del banano es de color marfil, la piel, fina y amarilla y el sabor dulce, intenso y perfumado. (CEI-RD, 2011)

2.2.2. Factores ambientales para el cultivo de plátano

Según Mantilla (2013), los factores ambientales para el cultivo de plátano son :

- a) **Clima.**- Las zonas tropicales son óptimas para el desarrollo del cultivo de plátano, porque son húmedas y cálidas.
 - 1) **Altitud.**- La altitud influye sobre la duración del período vegetativo, sin embargo la altitud adecuada para la siembra de plátano está desde el nivel del mar hasta los 2 000 m.s.n.m.
 - 2) **Temperatura.**- La temperatura óptima para el cultivo de plátano es de 26°C Este factor es el que más afecta la frecuencia de emisión de las hojas y puede alargar o acortar el ciclo vegetativo.
 - 3) **Precipitación.**- El cultivo de plátano requiere para su normal crecimiento y buena producción de 120 a 150 mm de lluvia mensual o 1 800 mm anuales, bien distribuidos. Las raíces del plátano son superficiales, por lo cual la planta se afecta con el más leve déficit de agua.
 - 4) **Vientos.**- Cuando éste excede los 20 Km/h produce ruptura o rasgado de las hojas, este fenómeno es común en los cultivos de plátano; el daño que involucra el doblamiento de las hojas activas es un riesgo para la producción de la planta.
 - 5) **Humedad relativa.**- Afecta el cultivo en forma indirecta, porque favorece la incidencia de enfermedades foliares en especial las de origen fungoso.

6) Luminosidad.- La luz existente en el trópico es suficiente para el cultivo, pero es factor importante, entre otros, para el desarrollo de las yemas o brotes laterales, por lo que cortas distancias de siembra afectan el crecimiento de éstas y prolonga el ciclo vegetativo.

b) Suelo.- El suelo tiene influencia sobre el cultivo de plátano a través de sus características físicas y del suministro oportuno y balanceado de los elementos minerales esenciales requeridos para el metabolismo, crecimiento y producción de las plantas. No obstante el plátano se adapta a una variedad amplia de suelos, esto no significa que todos los suelos sean aptos para su desarrollo equilibrado. La selección de suelos adecuados es un factor fundamental para que el cultivo sea rentable.

Es importante, por tanto, conocer las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, mediante un muestreo y su análisis de fertilidad natural, ellos son la base de los planes de fertilización a aplicar en las fases de establecimiento, crecimiento y producción, con lo cual se aseguran los buenos resultados económicos. El manejo orgánico del suelo es la alternativa sostenible que permite vivir en armonía con la tierra, ya que mantiene la productividad del suelo y mejora sus características físicas, químicas y microbiológicas.

2.2.3. Producción mundial de plátano

Según Mantilla (2013) :

El plátano es un producto tropical de gran importancia económica y de seguridad alimentaria en Centroamérica, es un fruto que se produce en las regiones de poco desarrollo industrial, y se comercializa en fresco y en menor escala, como producto procesado. En el mercado mundial se comercia el 1% de la producción mundial. Estados Unidos y Europa son los principales importadores de plátano fresco. Los plátanos y otras especies para cocción, se producen a lo largo del trópico húmedo, concentradas fundamentalmente en África, América Latina y el Caribe. El plátano también es considerado junto con el trigo, el arroz y el maíz, como un producto de

primera necesidad en muchos países en desarrollo, de ahí su relevancia como elemento en la seguridad alimenticia.

Algunos de los principales productores mundiales de plátano como el caso de India y Brasil participan muy poco del comercio internacional; de hecho, sólo una quinta parte de la producción mundial es comercializada entre países, no obstante, esta tendencia se está revirtiendo (de aproximadamente 18% en los años 60's y 70's a más de 22% en los 90's y la presente década) Los grandes productores de plátano son los países africanos (Uganda, Ruanda, Nigeria, Zaire, Tanzania, Camerún, Ghana y Costa de Marfil) Los segundos mayores productores son Colombia, Ecuador, República Dominicana y Sri Lanka.

Por otra parte, Centroamérica y el Caribe son regiones productoras de menor escala, dedicadas a abastecer sus mercados internos fundamentalmente.

Los países productores se esquematizan en la **Tabla Nº 2.2 (Ver pag. Nº 26)**

2.2.4. Importancia económica del plátano

Agricultores de 120 países cultivan aproximadamente cerca de 116 millones de toneladas de bananos al año. A pesar de que los bananos ocupan el primer lugar entre las frutas exportadas, el 85% de la producción mundial se consume y comercializa localmente. Esto los coloca en el cuarto lugar entre los cultivos de importancia alimentaria en el mundo, después del arroz, el maíz y el trigo. En Costa Rica este cultivo representa una importante fuente de ingresos y genera más de 40 000 empleos directos y 100 000 empleos indirectos. (Román, 2012)

Según la Secretaría de Economía (2012), el plátano es el tercer fruto más importante del mundo, además de ser considerado un producto básico y de exportación, constituyendo una importante fuente de empleo e ingresos en numerosos países en desarrollo. Se comercializa en fresco y, en menor escala, deshidratado y en harina. Sin embargo, en el comercio internacional sólo se generan importaciones por el 20,7% de la producción

mundial y exportaciones por el 17% es decir 15,6 y 16,5 millones de toneladas, con valores de 10 538 y 7 480 millones de dólares en 2010 para importaciones y exportaciones, respectivamente. Estados Unidos y la Unión Europea son los principales importadores de plátano fresco, producto que se destina para satisfacer la demanda de sus comunidades latina y, en menor proporción, africanas. 15 países concentraron el 87% del total de importaciones (Ver tabla N° 2.3 pag. N° 27)

TABLA N° 2.2
PRINCIPALES PAÍSES PRODUCTORES DE BANANO, 2009

	País	Área cosechada (Ha)	Rendimiento (Ton/Ha)	Producción (Ton)	Producción %	Acumulado %
1	India	748,100	36,10	26 996,600	28%	28%
2	Filipinas	446,400	20,20	9 013,190	9%	37%
3	China	350,224	25,70	9 006,450	9%	46%
4	Ecuador	216,115	35,30	7 637,320	8%	54%
5	Brasil	479,614	14,10	6 783,480	7%	61%
6	Indonesia	105,000	59,70	6 273,060	6%	67%
7	Tanzania	534,354	6,00	3 219,000	3%	71%
8	Guatemala	59,391	42,80	2 544,240	3%	73%
9	Costa Rica	42,591	55,50	2 365,470	2%	76%
10	México	75,810	29,42	2 232,360	2%	78%
11	Colombia	74,112	27,30	2 020,390	2%	80%
12	Viet Nam	71,893	21,30	1 532,420	2%	82%
13	Tailandia	112,391	13,60	1 528,080	2%	83%
14	Nueva Guinea	75,493	15,70	1 187,020	1%	85%
15	Egipto	27,000	40,70	1 100,000	1%	86%
16	Resto	1,505,096		13 939,192	14%	100%
TOTAL MUNDIAL		4,923,584		97 378,272	100%	

Fuente : Secretaría de Economía, 2012

Países latinoamericanos como Ecuador, Costa Rica, Colombia y Guatemala producen el 63% del producto que entra en el comercio

internacional, alrededor de 10,3 millones de toneladas, del total mundial de 16.5 millones (**Ver tabla N° 2.4 PAG. N° 28**)

TABLA N° 2.3
PRINCIPALES PAÍSES IMPORTADORES DE PLÁTANO, 2010

	País	Valor (millones de dólares)	Volumen (miles de ton)	Volumen %	Acumulado %
1	Estados Unidos	2 126	4 382	28,1%	28,1%
2	Bélgica	1 576	1 392	8,9%	37,0%
3	Alemania	876	1 236	7,9%	44,9%
4	Japón	845	1 110	7,1%	52,0%
5	Rusia	704	1 069	6,8%	58,9%
6	Reino Unido	757	1 012	6,5%	65,4%
7	China	247	665	4,3%	69,6%
8	Italia	497	663	4,2%	73,9%
9	Francia	428	565	3,6%	77,5%
10	Canadá	355	496	3,2%	80,7%
11	Ucrania	155	215	1,4%	82,1%
12	Algería	106	208	1,3%	83,4%
13	Turquía	95	201	1,3%	84,7%
14	Republica checa	133	196	1,3%	85,9%
15	Suecia	180	184	1,2%	87,1%
16	Resto	1 459	2 012	12,9%	100,0%
TOTAL		10 539	15 604		

Fuente : Secretaría de Economía, 2012

2.2.5. Producción de plátano en el Perú

Según Román (2012), los plátanos y bananos (*Musa spp*), conocidos en apenas como plátanos, cumplen un importante papel en la seguridad alimentaria del Perú, en especial en la parte selvática de la Amazonía (**Figura N°2.1 ver pag. N° 29**) Actualmente el banano es considerado el elemento fundamental de la gastronomía regional y nacional donde además de consumo in natura, es preparado de diferentes formas y presentaciones. Se estima que aproximadamente 150 000 familias dependen directa o indirectamente de este cultivo en el Perú. Se calcula que en el Perú se

plantan 150 mil hectáreas, que equivale al 50% de la superficie total plantada de frutales en el país (**Figura N°2.1 ver pag. N° 29**) La producción total anual es estimada en 1 854 240 toneladas. El 71,5% de las áreas de cultivo se localizan en la región selva, el 22% en la costa norte (Piura y Tumbes) y un 6,5% está distribuida en los demás departamentos del país.

TABLA N° 2.4

PRINCIPALES PAÍSES EXPORTADORES DE PLÁTANO, 2010

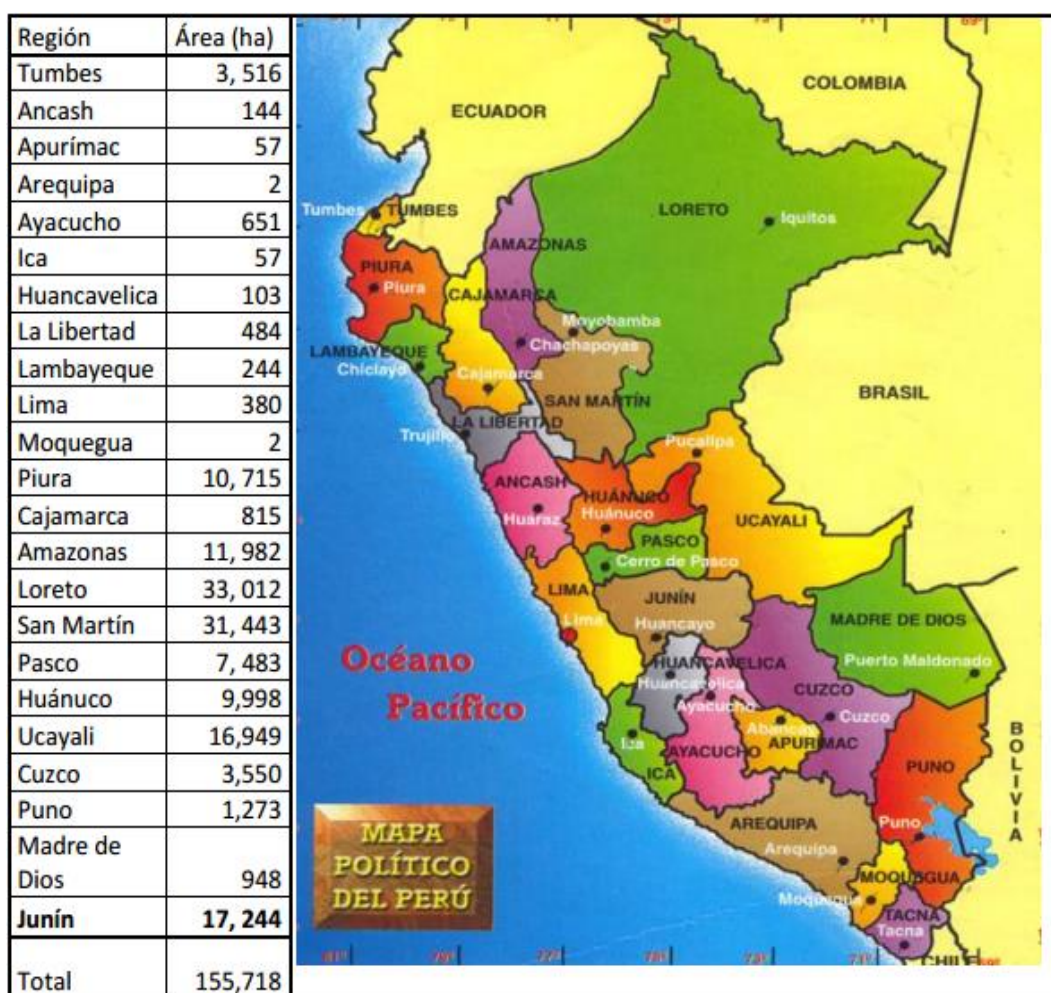
	País	Valor (millones de dólares)	Volumen (miles de ton)	Volumen %	Acumulado %
1	Ecuador	2 034	5 156	31,3%	31,3%
2	Costa Rica	702	1 916	11,6%	42,9%
3	Colombia	748	1 803	10,9%	53,8%
4	Filipinas	319	1 590	9,6%	63,4%
5	Guatemala	385	1 498	9,1%	72,5%
6	Bélgica	1 279	1 268	7,7%	80,2%
7	Estados Unidos	400	503	3,1%	83,2%
8	Alemania	381	385	2,3%	85,6%
9	República Dominicana	155	351	2,1%	87,7%
10	Francia	244	323	2,0%	89,7%
11	Panamá	66	295	1,8%	91,4%
12	Camerún	82	238	1,4%	92,9%
13	México	72	176	1,1%	94,0%
14	Brasil	45	140	0,8%	94,8%
15	Perú	57	89	0,5%	95,3%
16	Resto	510	768	4,7%	100,0%
TOTAL		7 481	16 500	100,0%	

Fuente : Secretaría de Economía, 2012

Aproximadamente el 90% de la producción nacional se destina al autoconsumo y el restante para la comercialización local e internacional. El principal mercado nacional es la capital Lima, que absorbe el 8% de la producción total de la selva y costa norte. Desde el año 2000, los agricultores de pequeña escala ubicados en Piura y Tumbes exportan banano orgánico a muchos países en Europa, EEUU y Japón.

El Perú se ha convertido en un gran exportador mundial de banano orgánico con 78 000 toneladas y un valor de \$78 millones en el año 2010.

FIGURA N° 2.1
PRINCIPALES ZONAS PRODUCTORAS DE PLÁTANOS Y BANANOS EN EL PERÚ



Fuente : Román, 2012

En el año 2011, se exportó 108 200 toneladas por un valor de \$69,6 millones (valor FOB) En el período de Enero a Agosto del 2012, las exportaciones de banano orgánico en el Perú sumaron \$57,1 millones (valor FOB), lo que significó un crecimiento del 27% respecto al mismo período del año pasado, con 83 600 toneladas enviadas y a un precio

promedio de \$ 12,13 por caja exportada. El Perú se ha convertido en un jugador importante en el mercado orgánico y el comercio justo. El distrito de Chanchamayo (Región Central del País), es el principal abastecedor de bananos para Lima. En este distrito los sistemas de producción que se emplean son: sistemas agroforestales y cultivos asociados con café, cacao, cítricos, u otros cultivos anuales que son utilizados como sombra temporal, consumo y fuente de ingresos.

2.2.6. Plátano de seda (*Musa acuminata* AAA)

La variedad Gros Michel (AAA), conocido en el Perú como Seda, es originaria de Malasia. Esta variedad se caracteriza por producir frutos grandes, de buen formato que crecen curvados hacia atrás a lo largo del eje del racimo. Los frutos presentan pulpa consistente de buen sabor y aroma, lo que hace de esta variedad preferida en muchos mercados. La cáscara es gruesa y la cutícula dura, lo que implica poco deterioro en la calidad durante el manejo y transporte post-cosecha. La alta susceptibilidad de Gros Michel a la marchitez por *Fusarium*, fue el factor condicionante para que desapareciera prácticamente del comercio internacional. (Román, 2012)

2.3. Generalidades del almidón

2.3.1. Carbohidratos

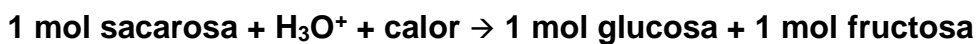
Según Guadrón (2013), los carbohidratos son componentes que se encuentran de manera natural en algunos alimentos y donde se encuentran los azúcares, dextrinas, almidones, celulosas, hemicelulosas, pectinas entre otros. Químicamente se definen como derivados aldehídicos o cetónicos de alcoholes superiores polivalentes (con más de un grupo OH), o como compuestos que dan por hidrólisis estos derivados.

Según Wade (2004) :

a) Monosacáridos, o azúcares simples.- Son carbohidratos que no se pueden hidrolizar a compuestos más simples. La glucosa es un polihidroxialdehído, mientras que la fructosa es una polihidroxicetona. A

los polihidroxialdehídos se les denomina aldosas y a las polihidroxicetonas, cetosas.

- b) Disacáridos.**- Son azúcares que se pueden hidrolizar y dar lugar a dos monosacáridos. Por ejemplo, la sacarosa (azúcar de mesa) es un disacárido que se puede hidrolizar dando una molécula de glucosa y una molécula de fructosa.



Los monosacáridos y disacáridos son muy solubles en agua, la mayoría tienen el sabor dulce que se asocia con los azúcares.

- c) Polisacáridos.**- Son carbohidratos que se pueden hidrolizar dando muchas unidades de monosacáridos. Los polisacáridos son polímeros naturales (biopolímeros) de los carbohidratos. Dentro de los polisacáridos se encuentra el almidón y la celulosa (los dos son polímeros de la glucosa)

2.3.2. Definición de almidón

Según Morrison (1998), el almidón se halla en forma de gránulos de tamaño y formas características de la planta de la cual se le obtiene. Cuando los gránulos están intactos, son insolubles en agua fría; si se rompe su membrana exterior al ser molidos, estos gránulos se hinchan en el agua fría y forman un gel. Cuando se tratan los gránulos enteros con agua tibia, se difunde a través de sus membranas una parte soluble del almidón, en agua caliente se hinchan a tal extremo que revientan.

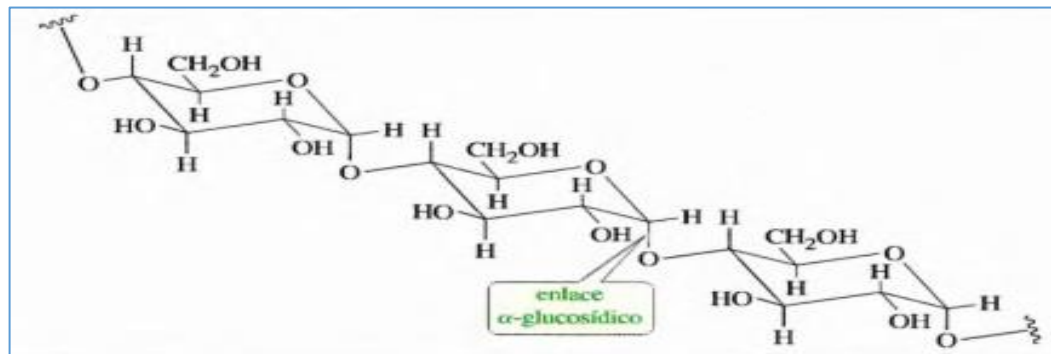
El almidón contiene generalmente alrededor de un 20% de una fracción soluble en agua, llamada amilosa, y un 80% de una insoluble, denominada amilopectina. Ambas fracciones parecen corresponder a dos carbohidratos diferentes de peso molecular elevado y fórmula $(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_n$. Por tratamiento con ácido o por la acción de enzimas los componentes del almidón hidrolizan lentamente, dando sucesivamente dextrina (una mezcla de polisacáridos de bajo peso molecular), (+)-maltosa y, finalmente, D-(+)-glucosa. (Una mezcla de todo esto se encuentra en el jarabe de cereal, por

ejemplo) Tanto la amilosa como la amilopectina están constituidas por unidades de D-(+)-g lucosa pero difieren en tamaño y forma molecular.

Según Wade (2004), la amilosa, fracción soluble del almidón, es un polímero lineal de la glucosa con enlaces glicosídicos 1,4'. La amilopectina, fracción insoluble del almidón, también es un polímero α -1,4' de la glucosa. La diferencia entre la amilosa y la amilopectina radica en la naturaleza ramificada de la amilopectina, con una ramificación cada 20 o 30 unidades de glucosa. En cada ramificación hay una cadena lateral de amilosa, que se conecta a la cadena principal mediante una unión glicosídica α -1,6'. En las **Figuras N° 2.2 y N° 2.3 (Ver pag. N° 33)** se presentan las estructuras parciales de la amilosa y amilopectina, respectivamente.

FIGURA N° 2.2

ESTRUCTURA PARCIAL DE LA AMILOSA



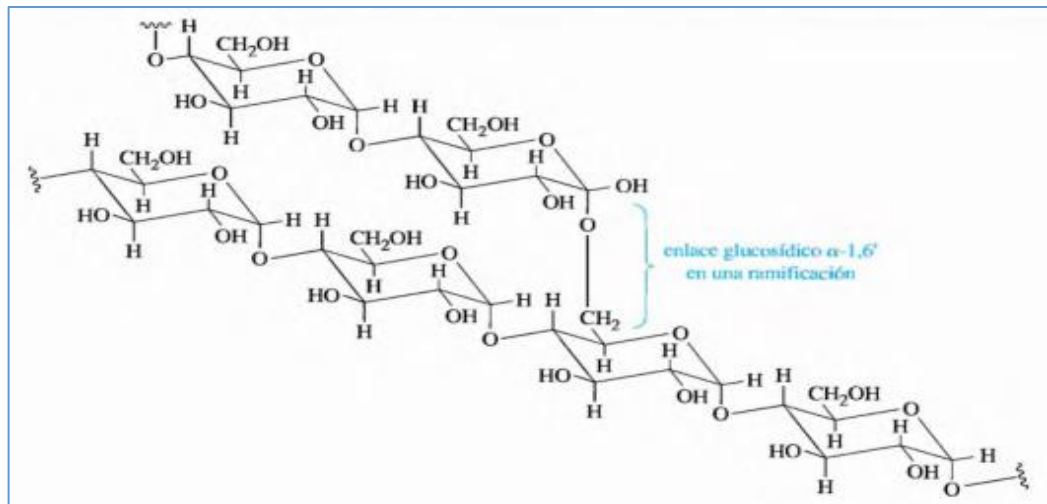
Fuente : Wade, 2004

2.3.3. Clasificación de almidones

Según Guadrón, (2013), entre los tipos de almidones tenemos: Almidones nativos y modificados, los cuales se subdividen en diferentes tipos como los que se observan en la **Figura N°2.4 (Ver pag. N° 26)**

FIGURA N° 2.3

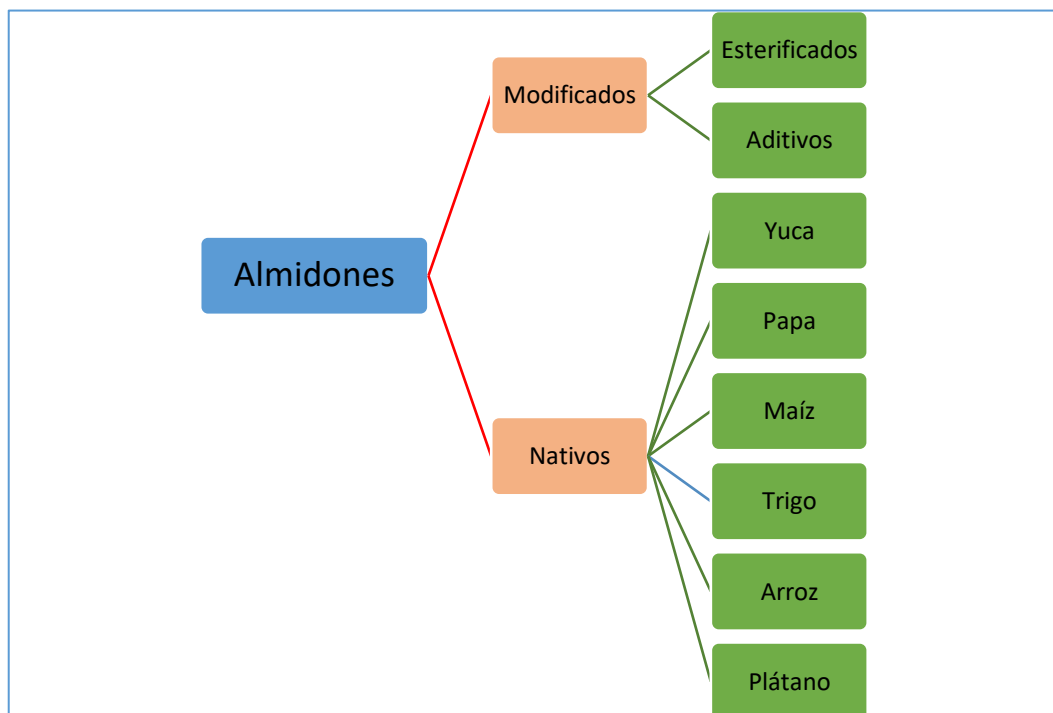
ESTRUCTURA PARCIAL DE LA AMILOPECTINA



Fuente : Wade, 2004

FIGURA N° 2.4

DIAGRAMA DE ALGUNOS TIPOS DE ALMIDÓN



Fuente : Guadrón, 2013

- a) Almidones modificados.-** Son aquellos que son degradados intencionalmente por la acción de agentes oxidantes, ácidos o enzimas; esto se realiza para obtener almidones con características mejoradas y evitar procesamiento o el uso de otros componentes en la industria.
- b) Almidones naturales o nativos.-** Los mencionados, provenientes de especies vegetales, y usados sin cambiar ninguna de sus características después de la extracción. Las propiedades tecnológicas del almidón natural dependen mucho del origen, y de la relación amilosa/amilopectina, tanto cuando forma parte de un material complejo (harina) como cuando se utiliza purificado, lo cual es muy frecuente. Así, el almidón del maíz produce geles claros y cohesivos, mientras que el almidón de arroz forma geles opacos. El almidón de papa (conocido genéricamente como “fécula”) y el de yuca (tapioca) se hidratan muy fácilmente, dando dispersiones muy viscosas, pero en cambio no producen geles resistentes.

2.3.4. Almidón de plátano

El banano en su estado verde contiene una elevada cantidad de almidón en su composición, la cual es comparable con otros almidones provenientes de fuentes como maíz, yuca y papa, según estudios que se han realizado con respecto a este tipo de almidón. El almidón de banano ha sido catalogado de calidad intermedia entre aquellos provenientes de cereales y los de tubérculos. A pesar de su semejanza en cuanto a composición, los almidones comerciales provenientes de trigo, maíz, yuca o papa se comportan en forma diferente a pesar de que se haya utilizado el mismo proceso en su preparación. (Guadrón, 2013)

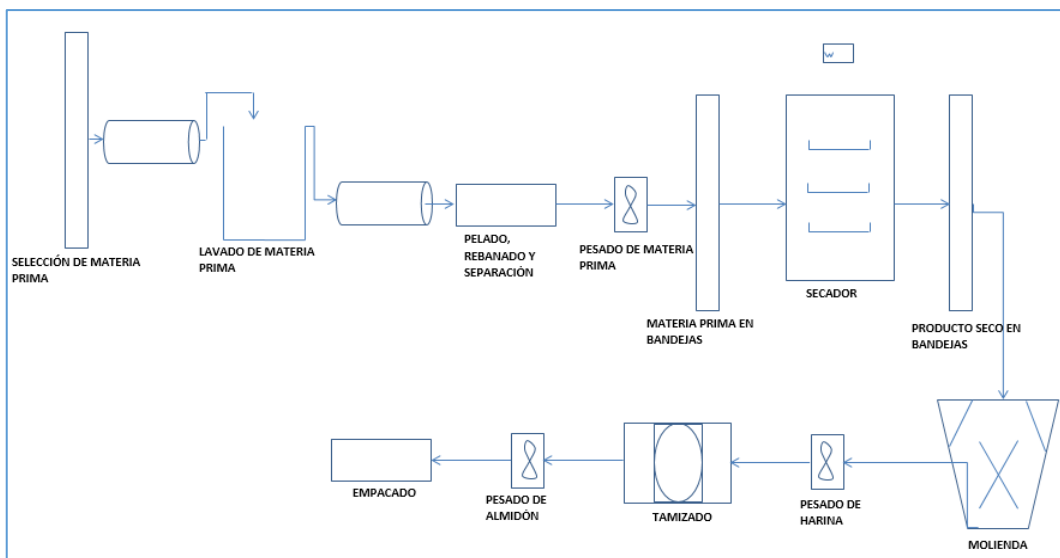
2.3.5. Métodos para la obtención de almidón

Según Guadrón (2013), existen diferentes métodos de extracción de almidón, sea proveniente de maíz, trigo, yuca, papa o plátano. Los principales y más generales son: El método seco y el método húmedo. Estos métodos son bastante simples para extracción de almidón de yuca, papa o plátano y un poco más sencillos que los de cereales y el maíz.

El método seco consiste básicamente en la molienda del fruto después de secado, obteniendo de este proceso harina, para su posterior tamizado y así obtener el almidón. Tomando en cuenta las operaciones pequeñas que se llevan a cabo de manera intermedia de los procesos anteriores para facilitar el desarrollo del método y obtener un producto final de calidad y con características que sean deseables en el almidón.

FIGURA N° 2.5

DIAGRAMA DE PROCESO DE EXTRACCIÓN DE ALMIDÓN POR MÉTODO SECO

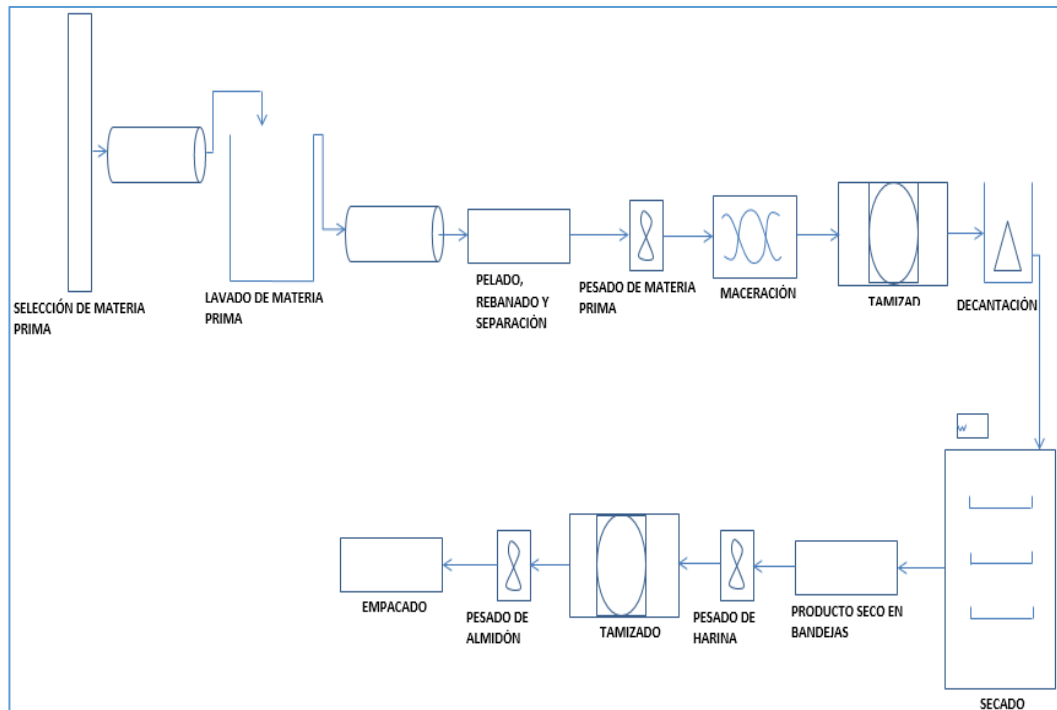


Fuente : Guadrón, 2013

El método húmedo consiste en la trituración o reducción de tamaño del guineo y retirar en medio líquido aquellos componentes de la pulpa que son relativamente más grandes, como la fibra y proteína, posteriormente, se facilita la eliminación del agua por decantación y se lava el material sedimentado para eliminar las últimas fracciones diferentes del almidón y finalmente someter al almidón purificado a secado.

FIGURA N° 2.6

DIAGRAMA DE PROCESO DE EXTRACCIÓN DE ALMIDÓN POR MÉTODO HÚMIDO



Fuente : Guadrón, 2013

2.3.6. Características de los almidones

Según Guadrón (2013), los almidones tienen las características siguientes :

- a) No son dulces sino neutros
- b) No se disuelven fácilmente en agua fría
- c) Forman pastas y geles en agua caliente
- d) Proporcionan una fuente energética de reserva en las plantas y en la nutrición.
- e) Están presentes en semillas y tubérculos en forma de gránulos característicos del almidón
- f) Por su viscosidad se emplea para espesar alimentos
- g) Sus geles se emplean en postres

- h) Sus geles pueden ser modificados por azúcares y/o ácidos
- i) Sus pastas y geles pueden retrogradarse en su forma insoluble al envejecer o congelarse, lo cual causa defectos en los alimentos que los contienen.
- j) El desdoblamiento parcial de los alimentos produce dextrinas
- k) Pueden aumentar la estabilidad
- l) Aumentan la capacidad para unir agua en condiciones frías y en condiciones calientes y reducen costos
- m) Mejoran las características de rebanado

Los almidones poseen propiedades funcionales muy importantes, tanto para la industria como para su extracción, que deben ser tomadas en cuenta.

Se hace una comparación de las diferentes propiedades funcionales de algunos almidones utilizados a nivel industrial :

TABLA N° 2.5
PROPIEDADES FUNCIONALES DE LOS DIFERENTES
ALMIDONES

Propiedad	Fécula de papa	Almidón de maíz	Maíz waxy	Almidón de trigo	Fécula de tapioca
Color	Blanco	Amarillento	Amarillento	Amarillento	Blanco
Tamaño de partícula um	5 – 100	2 – 30	3 – 26	1 – 46	4 – 35
Humedad %	18 – 20	11 – 13	11 – 13	11 – 13	13 – 15
Fósforo %	0,08	0,02	0,01	0,06	0,01
Proteína %	0,10	0,35	0,25	0,40	0,10
Grasa %	0,05	0,80	0,20	0,90	0,10
Amilosa %	20	27	–	28	17
Transparencia	Muy claro	opaco	Claro	Opaco	Claro
Retrogradación	Media	Alta	Muy baja	Alta	Baja
Resistencia mecánica	Media –baja	Media	Baja	Media	Baja
Textura	Larga	Corta	Larga	Corta	Larga
Temperatura °C de gelatinización	58 – 85	75 – 80	65 – 70	80 – 85	60 – 65
Pico de viscosidad (cp)	800 – 2000	200 – 800	400 – 800	100 – 300	300 – 1 000

Fuente : Guadrón, 2013

2.4. Tratamiento de purificación de aguas

Según Mantilla (2013), los tratamientos para la purificación de agua superficial son de suma importancia para la sociedad, ya que de estos depende la calidad del agua para consumo humano, doméstico y usos de diferente índole. Si los tratamientos se aplican de manera correcta cada comunidad podría satisfacer un requerimiento esencial para la vida. Las grandes ciudades dependen de abastecimiento superficial y en la mayoría de los casos sus fuentes son corrientes, lagos o embalses. Para lograr la clarificación del agua, es necesaria la utilización de agentes coagulantes así como coadyuvantes de coagulación, que permiten eliminar un porcentaje significativo de las partículas en suspensión (típicamente entre 80 y 90%; este proceso es conocido como coagulación – floculación. Además de los agentes convencionales basados en sales metálicas, se emplean polímeros utilizados como coadyuvantes de coagulación los cuales se clasifican en dos categorías: naturales y sintéticos. Los polielectrolitos naturales importantes incluyen polímeros de origen biológico, y los derivados del almidón, de la celulosa y alginatos.

2.4.1. Características de contaminación de aguas

a) Turbidez.- Romero (2005) afirma que, La turbidez o turbiedad es una expresión de la propiedad o efecto óptico causado por la dispersión e interferencia de los rayos luminosos que pasan a través de una muestra de agua; en otras palabras, es la propiedad óptica de una suspensión que hace que la luz sea reemitida y no transmitida a través de la suspensión. La turbidez en un agua puede ser ocasionada por una gran variedad de materiales en suspensión que varían en tamaño, desde dispersiones coloidales hasta partículas gruesas, entre otros arcillas, limo, materia orgánica e inorgánica finamente dividida, organismos planctónicos y microorganismos.

Cuando la luz incide una suspensión de partículas en solución acuosa, éstas pueden reemitirla, en varias direcciones, con la misma longitud de onda de la luz incidente. Una porción de la luz puede

emitirse con longitud de onda mayor que la de la luz incidente y una porción de energía puede emitirse enteramente como radiación de longitud de onda grande o calor. Así mismo, el material disuelto puede absorber y reemitir la luz. El tipo de emisión depende del tamaño de las partículas y de su forma, así como de la longitud de onda de la luz incidente.

- b) Potencial de hidrógeno (pH).**- Es el logaritmo negativo de la concentración del ion hidrógeno en una solución acuosa o el logaritmo del recíproco de la concentración de iones hidrógeno. El valor del pH es la acidez o alcalinidad de una sustancia expresada en términos de la relación entre la fuerza electromotriz, expresada en volts, entre un electrodo de vidrio y uno de referencia cuando se sumergen en el agua, y la fuerza electromotriz, expresada en volts, entre los mismos electrodos cuando se sumergen en una solución reguladora de referencia. (Romero, 2010)
- c) Dureza.**- Romero (2005) afirma que, Como aguas duras se consideran aquellas que requieren grandes cantidades de jabón para generar espuma y producen incrustaciones en las tuberías de agua caliente, calentadores, calderas y otras unidades en las cuales se incrementa la temperatura del agua.

En términos de dureza, las aguas pueden clasificarse en la **Tabla N° 2.6**

TABLA N° 2.6

CLASIFICACIÓN DE AGUAS SEGÚN SU DUREZA

Concentración de dureza	Tipo de agua
0 – 75 mg/L	Blanda
75 – 150 mg/L	Moderadamente dura
150 – 300 mg/L	Dura
< 300 mg/L	Muy dura

Fuente : Romero, 2005

Causas de dureza: En la práctica, se considera que a dureza es causada por iones metálicos divalentes, capaces de reaccionar con el jabón para formar precipitados y con ciertos aniones presentes en el agua para formar incrustaciones. Los principales cationes que causan dureza en el agua son : Ca^{+2} , Mg^{+2} , Sr^{+2} , Fe^{+2} , Mn^{+2} y los principales aniones asociados con ellos son: HCO_3^- , SO_4^{-2} , Cl^- , NO_3^- , SiO_3^{-2} . En menor grado, Al^{+3} y Fe^{+3} son considerados como iones causantes de dureza.

En general, la dureza es igual a la concentración de cationes polivalentes del agua. Desde el punto de vista sanitario, las aguas duras son tan satisfactorias para el consumo humano como las aguas blandas; sin embargo, un agua dura requiere demasiado jabón para la formación de espuma y crea problemas de lavado; además deposita lodo e incrustaciones sobre las superficies con las cuales entra en contacto, así como en los recipientes, calderas o calentadores en los cuales se calienta. El valor de la dureza determina, por tanto, su conveniencia para uso doméstico e industrial y la necesidad de un proceso de ablandamiento.

El tipo de ablandamiento por usar y su control dependen de la adecuada determinación de la magnitud y clase de dureza. En la mayor parte de las aguas se considera que la dureza total es aproximadamente igual a la dureza producida por los iones calcio y magnesio, ésta distinción es importante para el cálculo de las dosis de cal y soda usadas en la precipitación de la dureza con estos materiales.

2.4.2. Técnica del muestreo

a) Toma de muestras y conservación del agua.- Rodier (2011) establece que la toma de una muestra de agua es una operación delicada que requiere un gran cuidado, pues condiciona los resultados analíticos y la interpretación que se le dará. La muestra debe ser homogénea, representativa y obtenida sin modificar las características del agua. Se recomienda el empleo de botellas nuevas de vidrio borosilicatado o de polietileno de alta densidad (PEAD) con tapones de teflón lavados con una solución detergente en caliente, enjuagados con

agua desionizada y posteriormente secados. Los frascos destinados a la toma de muestras para el análisis de elementos minerales se han de tratar con ácido nítrico de gran pureza, después hay que enjuagarlos abundantemente, escurrirlos y taparlos, pero no secarlos.

El mantenimiento de una atmósfera húmeda permite, mediante el enjuagado del frasco en el momento de la toma, eliminar una contaminación eventual del mismo. Para el lavado es conveniente utilizar detergentes sin fosfato, boro, etc., para no contaminar las muestras. Se ha de suprimir el empleo de mezcla sulfocrómica debido a la transformación del cromo 6 en cromo 3 que es adsorbido por el vidrio y también por la toxicidad del reactivo. Si se trata de determinar elementos orgánicos se ha de llevar a cabo un tratamiento con un detergente de laboratorio apropiado seguido de los enjuagues habituales.

En el momento de la toma, para el análisis químico, los frascos se enjuagarán de nuevo tres veces con el agua a analizar y después se llenarán hasta el borde. El tapón se pondrá de manera que no quede ninguna burbuja de aire y de forma que durante el transporte no se pueda desprender. Para los análisis bacteriológicos, los frascos de vidrio se han de esterilizar mediante calor, en la autoclave a 120°C durante 1 hora, o bien en un horno Pasteur a 180°C durante 1 hora y 30 minutos. En la medida de lo posible, conviene evitar la reutilización de los frascos y, sobre todo, la mezcla de los frascos utilizados para los análisis de agua potable con los empleados para las aguas industriales, residuales, superficiales, etc.

El sistema de muestreo variará según el origen del agua. En el caso de un río, la botella se sumergirá a cierta distancia del fondo (50 cm) y de la superficie, lo bastante lejos de las orillas o de los bordes así como de los obstáculos naturales o artificiales, fuera de las zonas muertas o los remolinos, evitando así de nuevo la puesta en suspensión de los sedimentos. El volumen necesario para un análisis completo de agua

puede variar entre 2 y 5 L, en los que no están incluidos las tomas especiales.

Salvo para ciertas determinaciones particulares que se llevan a cabo in situ (oxígeno disuelto, pH, potencial redox, temperatura), el análisis no tiene un carácter extemporáneo. Antes de iniciar la marcha analítica, la muestra se verá afectada obligatoriamente por un cierto periodo de transporte y una eventual espera en el laboratorio, que deberán reducirse al mínimo posible. Durante este periodo, los fenómenos químicos y bacteriológicos pueden provocar precipitaciones secundarias debido a un cambio de valencia, a adsorciones sobre las paredes de los recipientes, fotodescomposiciones, volatilizaciones y biodegradaciones, de aquí la necesidad de emplear coadyuvantes de conservación y de obtener las condiciones de temperatura y oscuridad más favorables.

Es conveniente utilizar la tabla adjunta para la elección del recipiente a utilizar, para el volumen mínimo a tomar en función del tipo de análisis y para saber las medidas necesarias que hay que tomar para la conservación de las muestras. Las aguas superficiales pueden dar lugar a muestras que tengan una turbidez marcada, que sea preexistente en el momento de la toma o que se haya desarrollado como consecuencia de fenómenos secundarios (**Ver Tabla N° 2.7 PAG. N° 43**) De todas formas, en presencia de una turbidez significativa, los resultados analíticos podrán quedar falseados por la falta de homogeneidad de la muestra si se ha vuelto a poner en suspensión, por la dificultad que esto entraña en las medidas efectuadas por espectrometría, volumetría, etc.; en este caso será necesario separar las materias en suspensión.

TABLA N° 2.7

CONSERVACIÓN DE LAS MUESTRAS

Característica o elemento analizado	Recipiente	Técnica de conservación	Volumen mínimo de la muestra (mL)	Temperatura de conservación (°C)	Efectuar la medida antes de...
Acidez – alcalinidad	P o V	–	200	4	24 h (oscur.)
Amonio	P o V	–	200	4	48 h (oscur.)
		Ácido sulfúrico c.s.p. pH < 2	200	4	21 días (oscur.)
Nitrógeno Kjeldahl	P o V	Congelar	250	– 20	1 mes
		Ácido sulfúrico c.s.p. pH < 2	250	4	1 mes
Boro	P	–	100	4	1 mes
Bromatos	P o V	–	100	4	1 mes
COT	P	Congelar	100	– 20	1 mes
	V	Ácido sulfúrico c.s.p. pH < 2	100	4	7 días
Cloratos	P o V	–	500	4	7 días
Cloritos	P o V	–	500	4	5 minutos
Cloruros	P o V	–	100	–	1 mes
Conductividad	P o V	Preferentemente determinación in situ	100	4	24 h (oscur.)
Cianuros	P	Sosa c.s.p. pH > 12	500	4	14 días
DBO	P o V	Llenar completamente	1 000	4	24 h (oscur.)
	P	Congelar	1 000	– 20	1 mes
DQO	P o V	Ácido sulfúrico c.s.p. pH < 2	100	4	1 mes
	P	Congelar	100	– 20	1 mes
Dureza	P o V	Ácido sulfúrico c.s.p. pH < 2	100	–	1 mes
Aceites y grasas	V	Ácido clorhídrico o sulfúrico c.s.p. pH < 2	1 000	4	1 mes
Hidrocarburos	V	Ácido sulfúrico c.s.p. pH < 2 (no llenar completamente el frasco)	1 000	4	1 mes
Índice de permanganato	V o P	Ácido sulfúrico c.s.p. pH < 2	500	4	2 días
	P	Congelar	500	– 20	1 mes
Metales en general	P	Ácido nítrico c.s.p. pH < 2 (utilizar HCl si la técnica para hidruros está disponible para la analítica)	100 a 500	–	1 mes
Fe ⁺²	P	Ácido clorhídrico c.s.p. pH < 2	100	–	7 días
Nitratos	P o V	–	250	4	24 h (oscur.)
		Ácido clorhídrico c.s.p. pH < 2	250	4	7 días
Oxígeno disuelto	Vb	Preferentemente determinación in situ	300	4	24 h (oscur.)
pH	P o V	Preferentemente determinación in situ	100	4	6 h (oscur.)
Sulfitos, sulfuros	P	Muestreo con frasco especial acetato de zinc (pH 12 + sosa)	500	4	Varias semanas
Turbidez	P o V	–	100	4	24 h (oscur.)
Coliformes totales	P o V	Frascos estériles (en presencia de agua tratada con un oxidante, añadir antes de la esterilización 5 gotas de una solución de tiosulfato sódico al 10%)	250	4	24 h (oscur.)
Coliformes fecales	P o V		250	4	24 h (oscur.)
Estreptococos fecales	P o V		250	4	24 h (oscur.)

c.s.p.: cantidad suficiente para..., P: polietileno, V: vidrio, Vb: vidrio borosilicatado

Fuente : Rodier, 2011

Para la filtración se utilizan frecuentemente membranas de un diámetro de poros de 0,45 μm , se admite que después de una filtración de este tipo el filtrado no contiene partículas.

b) Información que hay que facilitar para un análisis de agua.- Rodier (2011) recomienda la siguiente información que hay que facilitar para un análisis de agua :

- 1) Identificación de quién toma la muestra.
- 2) Fecha y hora del muestreo.
- 3) Particular o autoridad que solicita el análisis.
- 4) Motivo de la solicitud del análisis (análisis inicial o control periódico, contaminación, intoxicación, epidemia, etc.) y usos del agua (bebida, lavado, abrevado, incendio, industria, etc.).
- 5) Población o establecimiento al que se suministra el agua; si procede, el tipo de tratamiento utilizado.
- 6) Nombre del punto de agua y localización precisa.
- 7) Origen del agua (fuente, pozo, perforación, río, lago, presa, cisterna, etc.). Aspecto particular (color, pequeños residuos, irisaciones, olor, etc.).
- 8) Temperatura del agua en la surgencia y la de la atmósfera en el momento de la toma. Condiciones meteorológicas del momento (precipitaciones, viento, presión atmosférica, etc.).
- 9) Caudal aproximado al minuto o al segundo.
- 10) Naturaleza geológica de los terrenos atravesados, aspecto del medio natural.
- 11) Causas de manchas permanentes o accidentales a las que está expuesta el agua (establecimiento agrícola o industrial, residuos de la ciudad o de fábrica, pozos muertos, cementerio, etc.).
- 12) Tener en cuenta las observaciones de los usuarios o ribereños concernientes a las variaciones de aspecto o de caudal, así como las modificaciones provocadas por las lluvias o el deshielo.

2.4.3. Coagulación química del agua

a) **Generalidades.**- Según Romero (2005), las aguas crudas naturales contienen tres tipos de sólidos no sedimentables: suspendidos, coloidales y disueltos. Los sólidos suspendidos son transportados gracias a la acción de arrastre y soporte del movimiento del agua; los más pequeños (menos de 0,01 mm) no sedimentan rápidamente y se consideran sólidos no sedimentables, y los más grandes (mayores de 0,01 mm) son generalmente sedimentables. Los sólidos coloidales consisten en limo fino, bacterias, partículas causantes de color, virus, etc.

Los cuales no se sedimentan sino después de períodos razonables, y su efecto global se traduce en el color y la turbiedad de aguas sedimentadas sin coagulación. Los sólidos disueltos, materia orgánica e inorgánica, son invisibles por separado, no son sedimentables y globalmente causan diferentes problemas de olor, sabor, color y salud, a menos que sean precipitados y removidos mediante métodos físicos y químicos. La coagulación química puede definirse como un proceso unitario utilizado para causar la coalescencia o agregación de material suspendido no sedimentable y partículas coloidales del agua y de aguas residuales; es el proceso por el cual se reducen las fuerzas repelentes existentes entre partículas coloidales para formar partículas mayores de buena sedimentación.

El proceso consiste en la adición de sustancias químicas al agua, su distribución uniforme en ella y la formación de un floc fácilmente sedimentable. El proceso remueve turbiedad, color, bacterias, algas y otros organismos planctónicos, fosfatos y sustancias productoras de olores y sabores.

b) **Coagulantes.**- Según Romero (2005), en general, se puede decir que coagulantes son aquellos compuestos de hierro o aluminio capaces de formar un floc y que pueden efectuar coagulación al ser añadidos al agua. Por otra parte, ayudas de coagulación son sustancias que

producen poco o ningún floc al ser usadas solas, pero que mejoran los resultados obtenidos con simples coagulantes. Los coagulantes más empleados son el sulfato de aluminio, el sulfato ferroso y la cal, el cloruro férrico, el sulfato férrico, el aluminato de sodio, el cloruro polialumínico, el cloruro poliférrico y la cal.

Entre las ayudas de coagulación se incluyen el cloruro de magnesio, el aluminato de sodio, la sílice activada, el almidón y gran número de polielectrolitos de masa molecular alta. Hay que distinguir entre coagulación, el proceso químico por el cual se añade un coagulante (sustancia química) al agua con el objeto de destruir la estabilidad de los coloides y promover su agregación, y floculación, el proceso físico de mezcla rápida y lenta por medio del cual se incrementa la posibilidad de choque entre partículas y, por consiguiente, la formación del floc. Sin embargo, es común referirse a la coagulación como el proceso de adición de coagulante, mezcla rápida, floculación y sedimentación.

c) Ensayo de jarras.- Según Romero (2005), el ensayo de jarras es uno de los más importantes en el control del proceso de coagulación química de aguas. Se realiza, entre otros, con los siguientes propósitos :

- 1) Selección del tipo de coagulante más efectivo
- 2) Determinación del pH óptimo de coagulación
- 3) Evaluación de la dosis óptima de coagulante
- 4) Determinación de la dosis de ayudas de coagulación
- 5) Determinación del orden más efectivo de adición de los diferentes productos químicos
- 6) Determinación de los niveles óptimos de mezcla, gradientes de velocidad y tiempos de mezcla
- 7) Evaluación de la necesidad de proveer floculación y sedimentación previa a la filtración o factibilidad de filtración directa

El procedimiento requiere como datos previos mínimos los valores de pH, turbiedad, color y alcalinidad del agua cruda. La unidad de mezcla típica consiste en una serie de agitadores de paletas acoplados

mecánicamente para operar a la misma velocidad, por lo general entre 10 y 100 rpm.

2.4.4. Río Puchca, su ubicación y características

El Río Puchca se localiza a 600 Km aproximadamente al Norte de Lima, forma parte de la región Ancash. Se ubica a unos 2 300 m.s.n.m. aproximadamente en las alturas de la provincia de Huari, departamento de Ancash. Este río se caracteriza por presentar un alto grado de turbidez debido a las diversas actividades que se desarrollan a lo largo de su cauce.

FIGURA N° 2.7

RIO PUCHCA



Fuente : Elaboración propia

2.5. Definición de términos utilizados

- a) **Ablandamiento**.- Proceso que reduce la dureza del agua tanto por precipitación o por un proceso de intercambio iónico.
- b) **Agroforestía**.- Sistema productivo que integra árboles, ganado y pastos o follaje, en una misma unidad productiva.
- c) **Alginato**.- Polisacárido más abundante presente en las algas marinas.
- d) **Arrecife**.- Banco o bajo formado en el mar, casi a flor del agua, por rocas, corales, etc.

- e) **Autoclave.**- Dispositivo que sirve para esterilizar material médico o de laboratorio utilizando vapor de agua a alta presión y temperatura.
- f) **Biodegradabilidad.**- Capacidad intrínseca de una sustancia a ser transformada en una estructura química más simple por vía microbiana.
- g) **Grados Brix.**- Sirven para determinar el cociente total de sacarosa disuelta en un líquido
- h) **Célula diploide.**- Células que tienen un número doble de cromosomas (a diferencia de los gametos), es decir, poseen dos series de cromosomas.
- i) **Célula triploide.**- Células que tienen un número triple de cromosomas
- j) **Coagulante.**- Sustancia que favorece la separación de una fase insoluble en agua por medio de sedimentación.
- k) **Coalescencia.**- Técnica de separación en la que el flujo de agua viaja a través de las fibras coalescedoras llevándose consigo los aceites en forma de pequeñas gotas hasta que estas quedan interceptadas en la fibra.
- l) **Cutícula.**- Capa delgada y elástica que protege el tallo y las hojas de los vegetales.
- m) **Dispersión coloidal.**- Sistema fisicoquímico formado por dos o más fases: una continua, normalmente fluida, y otra dispersa en forma de partículas generalmente sólidas de entre 5 y 200 nanómetros.
- n) **Gel.**- Coloide que se obtiene de la dispersión de un sólido en un medio líquido; es un estado intermedio entre un sólido y un líquido.
- o) **Gelatinización.**- Proceso donde los gránulos de almidón que son insolubles en agua fría debido a que su estructura es altamente organizada, se calientan y empieza un proceso lento de absorción de agua en las zonas intermicelares amorfas que son menos organizadas y las más accesibles.
- p) **Gelificación.**- Proceso mediante el cual se forma un gel.
- q) **Genoma.**- Conjunto de genes contenidos en los cromosomas.

- r) **Polielectrolito.**- Polímeros de origen natural o sintético, siendo los de origen natural u orgánicos los más comúnmente utilizados.
- s) **Surgencia.**- Fenómeno oceanográfico que consiste en el movimiento vertical de las masas de agua, de niveles profundos hacia la superficie.

III. VARIABLES E HIPÓTESIS

3.1. Variables de la investigación

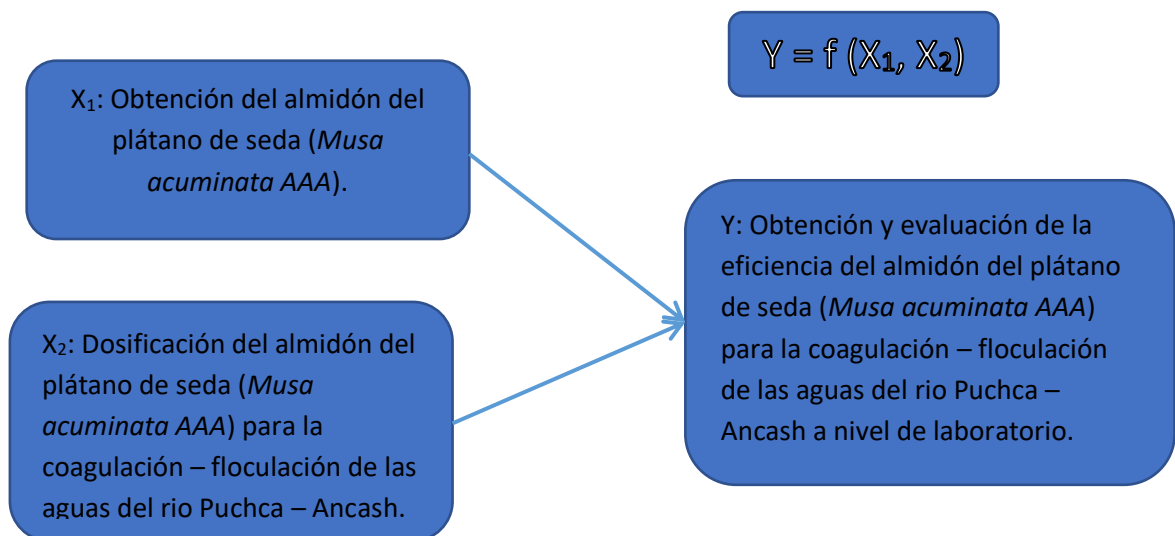
Por su naturaleza, las variables identificadas Y , X_1 , X_2 son del tipo cuantitativo.

Por su dependencia Y es dependiente, y las variables X_1 y X_2 son independientes.

La notación se representa : $Y = f(X_1, X_2)$ La **Figura N° 3.1** muestra la relación entre variables.

FIGURA N° 3.1

RELACIÓN DE LAS VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN



Fuente : Elaboración propia

3.2. Operacionalización de variables

Ver Tabla N° 3.1 pag. N° 51

3.3. Hipótesis general e hipótesis específicas

TABLA N° 3.1

OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	MÉTODO
Y : Obtención y evaluación de la eficiencia del almidón del plátano de seda (<i>Musa acuminata</i> AAA) para la coagulación – floculación de las aguas del río Puchca – Ancash	– Remoción de turbidez – Pureza del almidón – Concentración del almidón	– % Remoción de turbidez – % Pureza del almidón – mg/L	– Método Nefelométrico de Turbidez (Medición en NTU) – Espectrofotometría – Ensayos experimentales (prueba de jarras)
X₁ : Obtención del almidón del plátano de seda (<i>Musa acuminata</i> AAA)			
X₂ : Dosificación del almidón del plátano de seda (<i>Musa acuminata</i> AAA) para la coagulación – floculación de las aguas del río Puchca – Ancash.			

Fuente : Elaboración propia

3.3.1. Hipótesis General

Es posible obtener y evaluar la eficiencia del almidón del plátano de seda (*Musa acuminata* AAA) para la coagulación – floculación de las aguas del río Puchca – Ancash.

3.3.2. Hipótesis Específicas

- 1) Es posible obtener el almidón a partir del plátano de seda (*Musa acuminata* AAA)
- 2) Es posible determinar la dosificación adecuada del almidón del plátano de seda (*Musa acuminata* AAA) para la coagulación – floculación de las aguas del río Puchca – Ancash

IV. METODOLOGÍA

4.1. Tipo de investigación

La investigación realizada es cuantitativa básica. Los tipos de investigación que se realizaron en el presente trabajo de tesis son :

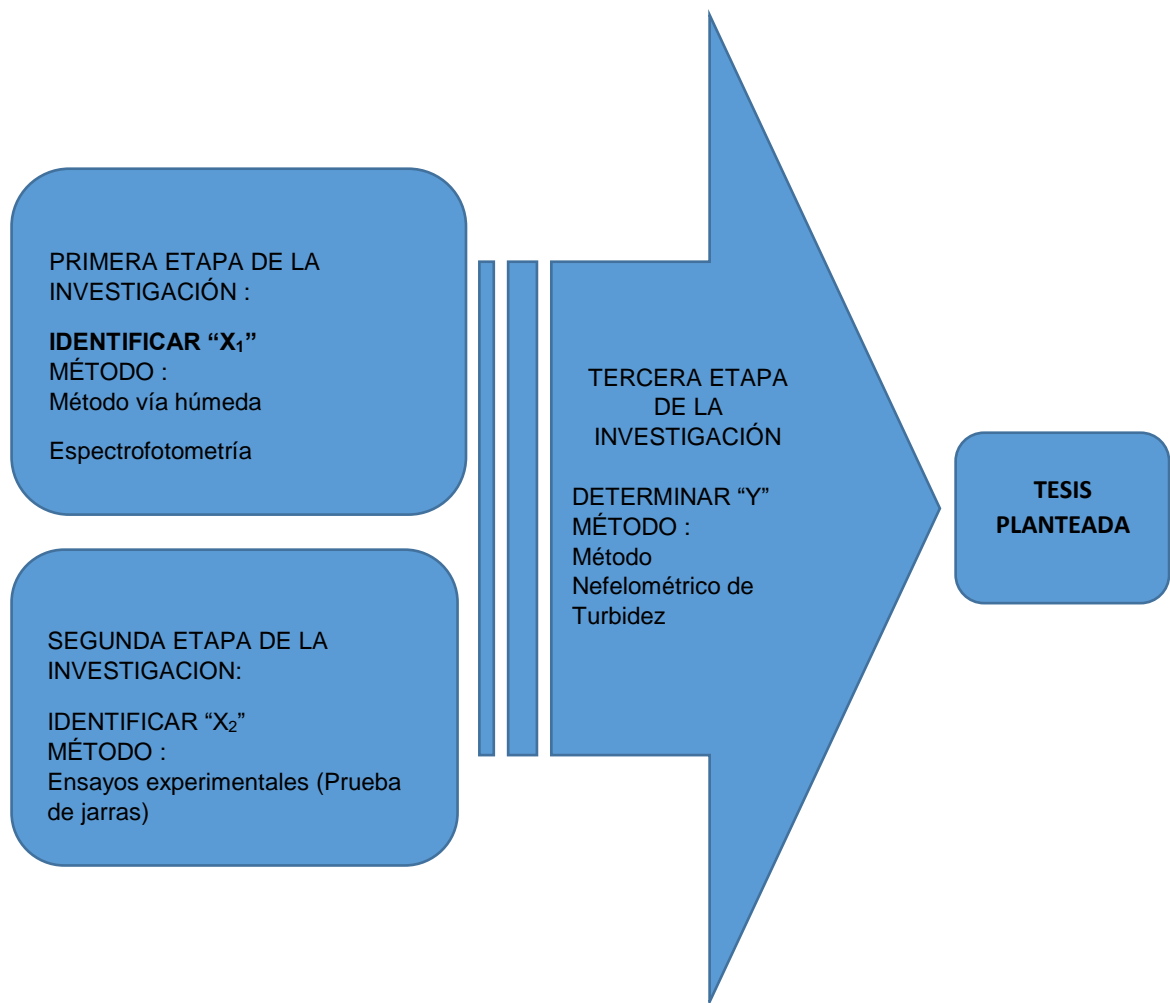
- a) Por su finalidad.-** Fue de tipo aplicativo, puesto que los resultados obtenidos sirvieron para aplicarlos a la realidad y así darse solución a un problema.
- b) Por su diseño interpretativo.-** Fue de tipo experimental, puesto que el estudio se realizó mediante la observación, registro y análisis de las variables intervinientes.
- c) Por el énfasis en la naturaleza de los datos manejados.-** Fue de tipo cuantitativo, puesto que el estudio de los datos fue de carácter cuantitativo.
- d) Por el nivel de estudios.-** Fue de tipo aplicada, ya que se buscó establecer propuestas para aplicarlas a la práctica.
- e) Por su temporalidad.-** Fue de tipo longitudinal, ya que se buscó estudiar un hecho o fenómeno en un momento determinado del tiempo.
- f) Por el ámbito de desarrollo.-** Fue de tipo de laboratorio, ya que el estudio se realizó a nivel de laboratorio.

4.2. Diseño de investigación

Para el diseño de la investigación se determinó primero las variables independientes X_1 , X_2 mediante sus respectivos métodos; después se identificó la variable dependiente Y . Tal como se muestra en la **Figura N°**

4.1 (Ver pag. N° 53)

FIGURA N° 4.1
DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN



Fuente : Elaboración propia

4.3. Población y muestra

- a) Población y muestra en la primera etapa de la investigación.-** La población estuvo representada por toda la masa de almidón extraída a partir del plátano de seda.

La muestra fue de la misma dimensión que la población antes mencionada y se pesó arbitrariamente para su dosificación futura en los ensayos.

b) Población y muestra en la segunda etapa de la investigación.- La población estuvo representada por la masa líquida de las aguas superficiales del Río Puchca (Ancash – Perú) llevada al Laboratorio de Tratamiento de aguas de la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Nacional del Callao para los ensayos experimentales.

La muestra fue de la misma dimensión que la población antes mencionada, fue representativa, reproducible, y fue tomada de acuerdo al apartado “Toma de muestras y conservación del agua” descrito detalladamente en el Marco Teórico.

4.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

4.4.1. Instrumentos de recolección de datos

Los instrumentos para la recolección de datos se clasificaron en equipos, materiales, reactivos e infraestructura.

a) Equipos :

- 1) Espectrofotómetro Thermoelectron
- 2) Turbidímetro portátil Hanna, rango de UNT 0 – 1 000
- 3) Potenciómetro, rango de pH 1 – 14
- 4) Equipo de Jar test
- 5) Balanza analítica con 0,1 mg de sensibilidad
- 6) Balanza con 0,1 g de sensibilidad
- 7) Estufa eléctrica con 1°C de sensibilidad
- 8) Licuadora doméstica Oster

b) Materiales :

- 1) Pipetas graduadas de 1, 5 y 10 mL
- 2) Matraces Erlenmeyer tipo Pyrex de 500 mL
- 3) Vasos de precipitado de 50, 250 y 1000 mL
- 4) Buretas de 10 mL con pinza Mohr
- 5) Frascos de polietileno para la toma de muestras
- 6) Cintas indicadoras de pH
- 7) Luna de reloj
- 8) Espátula

- 9) Pissetas
- 10) Bagueta
- 11) Tamices 20, 50 y 100

c) Materias primas y reactivos :

- 1) Plátano seda
- 2) Muestras de agua
- 3) Agua destilada
- 4) Agua desionizada
- 5) Detergente
- 6) Ácido sulfúrico 0,2 N
- 7) Solución de EDTA 0,01 M
- 8) Fenolftaleína
- 9) Anaranjado de metilo
- 10) Ericromo negro T
- 11) Solución Buffer amoniacal (pH = 10)
- 12) Ácido cítrico

d) Infraestructura

- 1) Laboratorio de Química del Instituto Superior Tecnológico Manuel Seoane Corrales.
- 2) Laboratorio de Química de la Universidad Nacional del Callao
- 3) Laboratorio de Operaciones y Procesos Unitarios de la Universidad Nacional del Callao.

4.4.2. Técnicas

- a) Descripción de la obtención del almidón de plátano de seda (*Musa Acuminata AAA*).**- El almidón utilizado en el estudio provino del plátano de seda, y fue extraído adaptando el método húmedo descrito en el apartado “Métodos para la obtención de almidón” porque este es muy general para este tipo de materia prima. Se procedió de la siguiente manera :

- 1) **Selección de materia prima.**- Se adquirió la materia prima de un mercado local. Se compró 30 plátanos de seda inmaduros, en buen

estado. Considerados por el comerciante en estado apto para comercializar.

FIGURA N° 4.2

MUESTRAS DE PLÁTANOS A PROCESAR



Fuente : Elaboración propia

- 2) **Lavado de materia prima.**- Se lavaron los plátanos adquiridos con abundante agua para eliminar impurezas.
- 3) **Pesado, pelado y rebanado.**- Se pesaron lotes de plátanos de 3 cada uno para determinar cuál es su peso bruto y calcular después el rendimiento.

Después se separó la cascara de la pulpa y se rebanó ésta en rodajas de 4 mm de espesor aproximados. Se llevó estos lotes a una solución de ácido cítrico 0,3% por 5 min con el fin de evitar su oxidación. Finalmente se pesó la cascara separada de los frutos.

FIGURA N° 4.3

PESADO DE LA MATERIA PRIMA



Fuente : Elaboración propia

FIGURA N° 4.4

PELADO DE LA MATERIA PRIMA



Fuente : Elaboración propia

FIGURA N° 4.5
REBANADO DE LA MATERIA PRIMA



Fuente : Elaboración propia

- 4) **Maceración.**- Se licuo cada lote de plátanos a velocidad máxima por 3 min, con agua en relación de 2 : 1 Después se llevó la pasta obtenida a envases de plástico con suficiente agua para separar el almidón y se dejó por 30 min, agitando previamente.

FIGURA N° 4.6
LICUADO DE LOS PLÁTANOS



Fuente : Elaboración propia

FIGURA N° 4.7

MACERACIÓN DEL PLÁTANO LICUADO



Fuente : Elaboración propia

- 5) **Tamizado.**- Con mallas de 20, 50 y 100 de serie Tyler se tamiza los lotes. Esta operación se debe usar abundante agua hasta garantizar que no queden restos de almidón.

FIGURA N° 4.8

TAMIZADO DE LA PASTA FORMADA



Fuente : Elaboración propia

- 6) **Decantación.**- La lechada que pasa toda la malla 100 se lleva a depósitos acondicionados para decantar el almidón. Cada lote a diferente tiempo de 4 y 15 horas.

FIGURA N° 4.9

DECANTACIÓN DEL CRIBADO OBTENIDO



Fuente : Elaboración propia

- 7) **Secado.**- Una vez que se cumplió el tiempo dado a cada lote de plátanos se lleva a un secador de bandejas y se regula la temperatura de secado entre 40°C y 60°C por un tiempo de 6 y 10 horas.

FIGURA N° 4.10

PASTA POR SECAR/PRODUCTO SECO

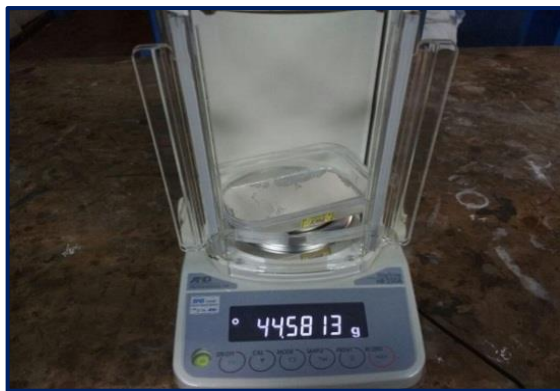


Fuente : Elaboración propia

- 8) **Pesado y tamizado.**- Terminado el tiempo de secado de cada lote, se pesaron cada uno. Seguidamente se molió con un mortero y se tamizó por la malla 100 Al almidón que pasó la malla se guardó en bolsas PET (ziploc) para su uso posterior.

FIGURA N° 4.11

PESADO DEL PRODUCTO SECO



Fuente : Elaboración propia

FIGURA N° 4.12

MOLIENDA DEL PRODUCTO



Fuente : Elaboración propia

FIGURA N° 4.13

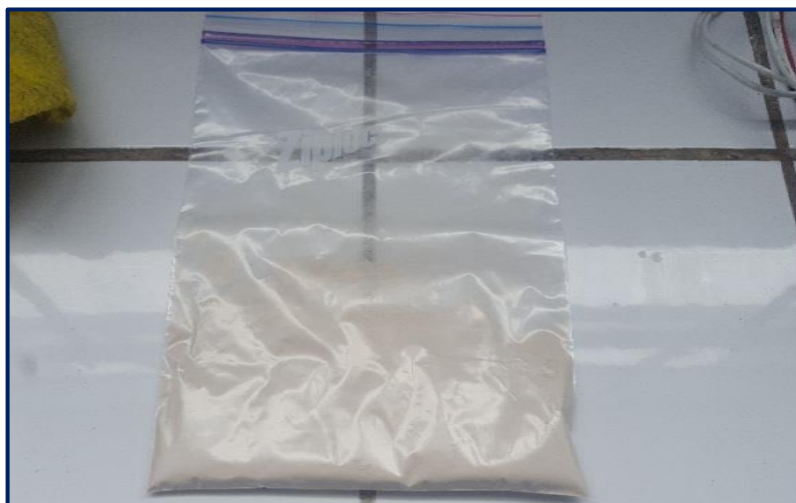
TAMIZADO DEL PRODUCTO



Fuente : Elaboración propia

FIGURA N° 4.14

ENVASADO DEL PRODUCTO



Fuente : Elaboración propia

b) Descripción de la dosificación de almidón en el equipo de Jar Test y su evaluación.- El proceso se dividió en 4 etapas :

1) Recolección de las muestras de agua.- Se recolectaron muestras de aguas superficiales del Rio Puchca, en el punto ubicado en el distrito de Masin, provincia de Huari – Ancash. El agua se recolectó en envases plásticos de polietileno de 20 L, los cuales fueron previamente lavados con detergente, enjuagados con agua destilada y posteriormente secados. Las muestras de agua se tomaron a tres niveles, en la superficie del rio, en la parte media y en la parte honda, además estas muestras se tomaron en zonas no muertas.

Se midieron parámetros de temperatura y pH en el mismo lugar y momento de la toma de muestras. Estas muestras se trasladaron al laboratorio de tratamiento de aguas de la Facultad de Ingeniería Química de la UNAC a fin de empezar a hacer los ensayos de Jar Test.

FIGURA N° 4.15

RIO PUCHCA



Fuente : Elaboración propia

FIGURA N° 4.16

RECOLECCIÓN DE AGUA DEL RIO PUCHCA



Fuente : Elaboración propia

FIGURA N° 4.17

MUESTRAS TRANSPORTADAS AL LABORATORIO DE TRATAMIENTO DE AGUAS DE LA FIQ – UNAC



Fuente : Elaboración propia

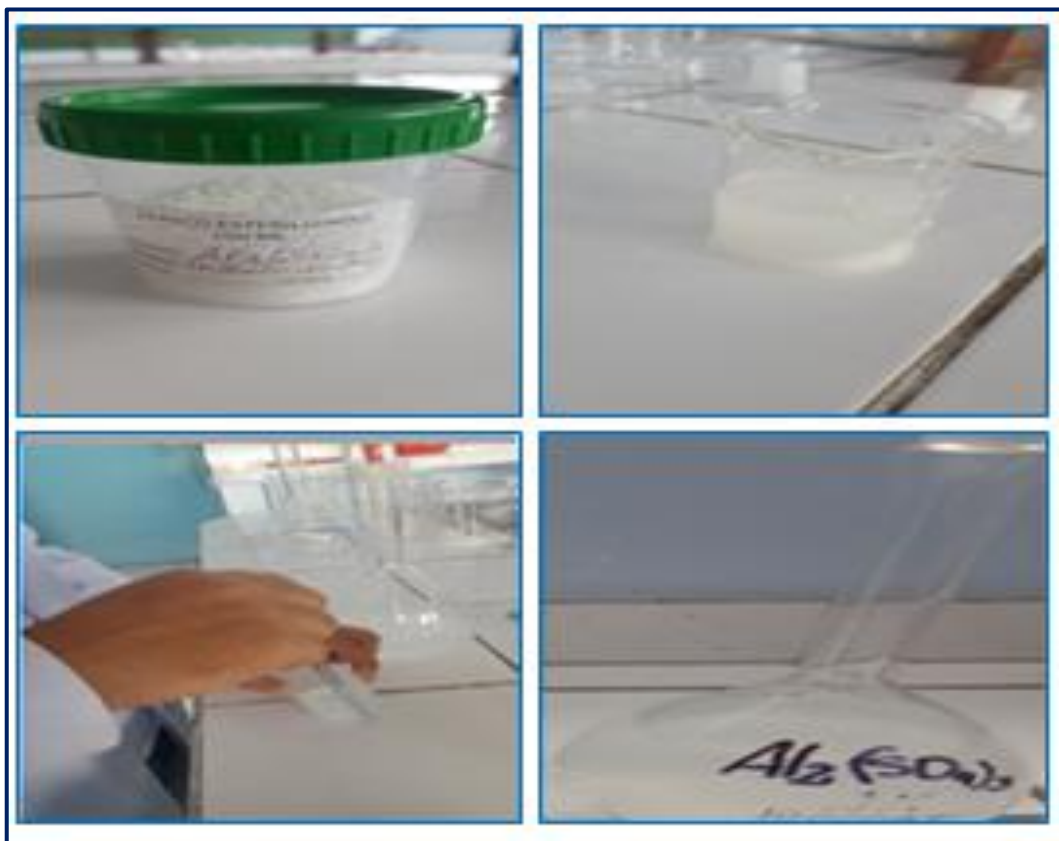
- 2) Dosificación de sulfato de aluminio.**- Se preparó una solución de sulfato de aluminio al 1% (10 000 ppm). Se midieron en vasos de precipitados volúmenes de 1 000 ml de agua del rio Puchca. A esta agua del rio se le tomó valores iniciales de turbiedad, pH, dureza y

temperatura. Y se dispusieron un vaso en cada uno de los 6 agitadores del equipo de Jar Test. Luego en cada uno de los vasos se adicionaron concentraciones de la solución de sulfato preparada de 10 hasta 60 ppm respectivamente. Luego se realiza un mezclado utilizando el método de Letterman y Villegas (1976)

Mediante el cual se realiza una mezcla rápida de 15 seg a 200 rpm; seguida de una agitación lenta de 25 min a 25 rpm y se dejó sedimentar por 30 min. Transcurrido este tiempo a cada muestra de agua se le tomó valores de turbiedad, pH y temperatura. Se eligió la dosis óptima la cual fue el vaso con mejor remoción de turbiedad. Y se trabajó en base a esta dosis óptima.

FIGURA N°4.18

PREPARACIÓN DE LA SOLUCIÓN DE SULFATO DE ALUMINIO AL 1%



Fuente : Elaboración propia

FIGURA N° 4.19

PREPARACIÓN DE LAS MUESTRAS PARA EL JAR TEST



Fuente : Elaboración propia

FIGURA N° 4.20

MEDICIÓN DEL pH INICIAL DE LAS DIVERSAS MUESTRAS



Fuente : Elaboración propia

FIGURA N° 4.21

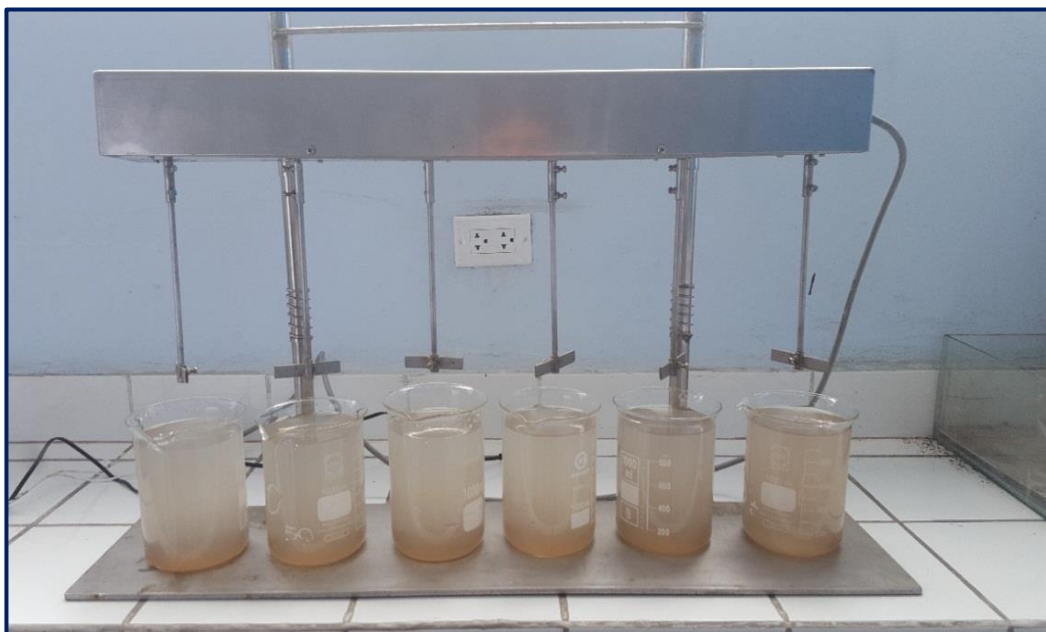
MEDICIÓN DE LA TURBIDEZ INICIAL DE LAS DIVERSAS MUESTRAS



Fuente : Elaboración propia

FIGURA N° 4.22

DISPOSICIÓN DE LAS MUESTRAS EN ARREGLOS DE 6 VASOS DE PRECIPITADOS DE 1 L



Fuente : Elaboración propia

FIGURA N° 4.23

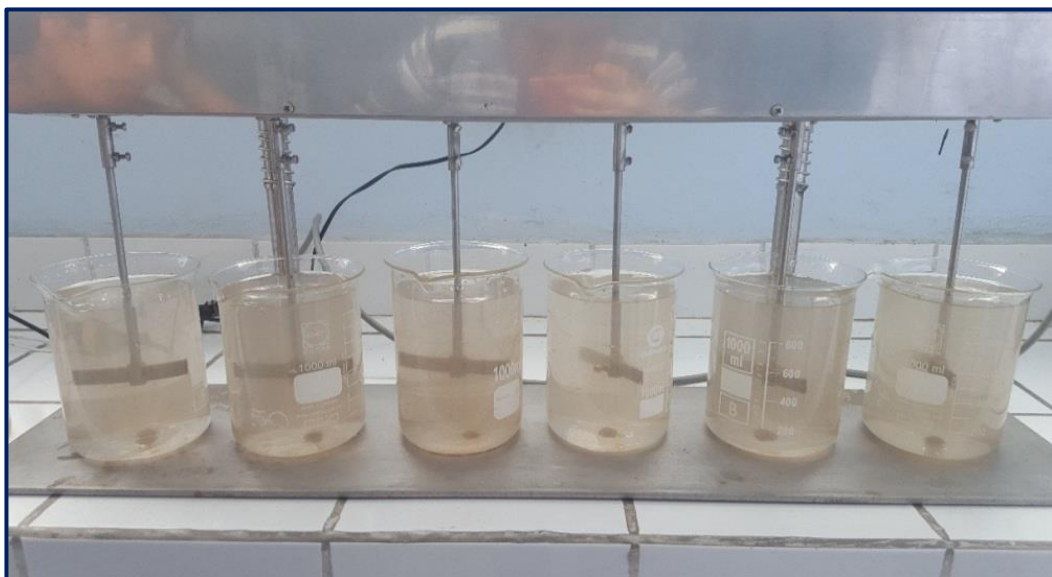
DOSIFICACIÓN DE SULFATO DE ALUMINIO AL 1% EN CADA UNA DE LAS MUESTRAS



Fuente : Elaboración propia

FIGURA N° 4.24

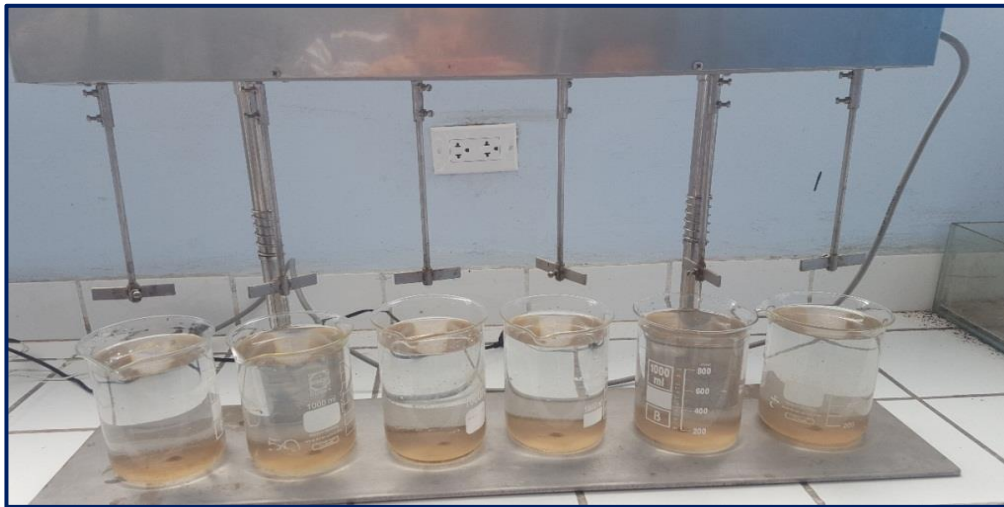
AGITACIÓN DEL SISTEMA PARA LA COAGULACIÓN – FLOCULACIÓN



Fuente : Elaboración propia

FIGURA N° 4.25

SEDIMENTACIÓN DEL SISTEMA LUEGO DE LA AGITACIÓN



Fuente : Elaboración propia

FIGURA N° 4.26

MEDICIÓN DE LOS VALORES FINALES DE pH Y TURBIDEZ DEL SISTEMA LUEGO DE LA SEDIMENTACIÓN DE LAS DIVERSAS MUESTRAS



Fuente : Elaboración propia

- 3) **Dosificación de la mezcla almidón de plátano de seda y sulfato de aluminio.-** Se preparó una solución de almidón de plátano

obtenido al 1% (10 000 ppm) Se midieron en vasos de precipitados volúmenes de 1 000 ml de agua del rio Puchca. A esta agua del rio se le tomó valores iniciales de turbiedad, pH, dureza y temperatura.

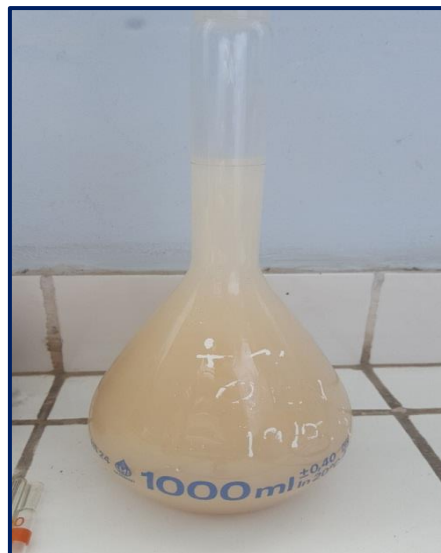
Y se dispusieron un vaso en cada uno de los 6 agitadores del equipo de Jar Test. Con la dosis óptima obtenida de sulfato se prepararon las mezclas almidón: sulfato en proporciones complementarias de tal forma que su suma sea la dosis óptima.

Tal como se presenta en el apartado de procedimientos de recolección de datos. Se agregó primero el sulfato y se agitó los vasos de muestra por 15 seg a 200 rpm y luego se adicionó el almidón en la proporción correspondiente a cada vaso y se agitó por 25 min a 25 rpm

Finalmente se dejó sedimentar por 30 min. Por último se tomaron valores de turbidez y pH y se eligió la dosis óptima a la distribución con mejor porcentaje de remoción de turbidez y se le tomó su dureza.

FIGURA N° 4.27

PREPARACIÓN DE LA SOLUCIÓN DE ALMIDÓN DE PLÁTANO AL 1%



Fuente : Elaboración propia

FIGURA N° 4.28

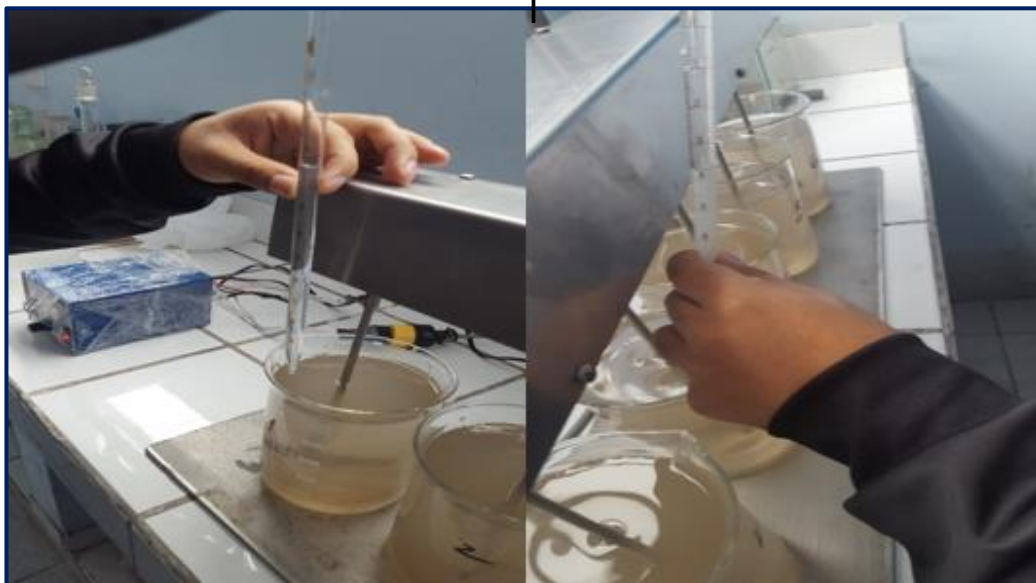
DISPOSICIÓN DE LAS MUESTRAS



Fuente : Elaboración propia

FIGURA N° 4.29

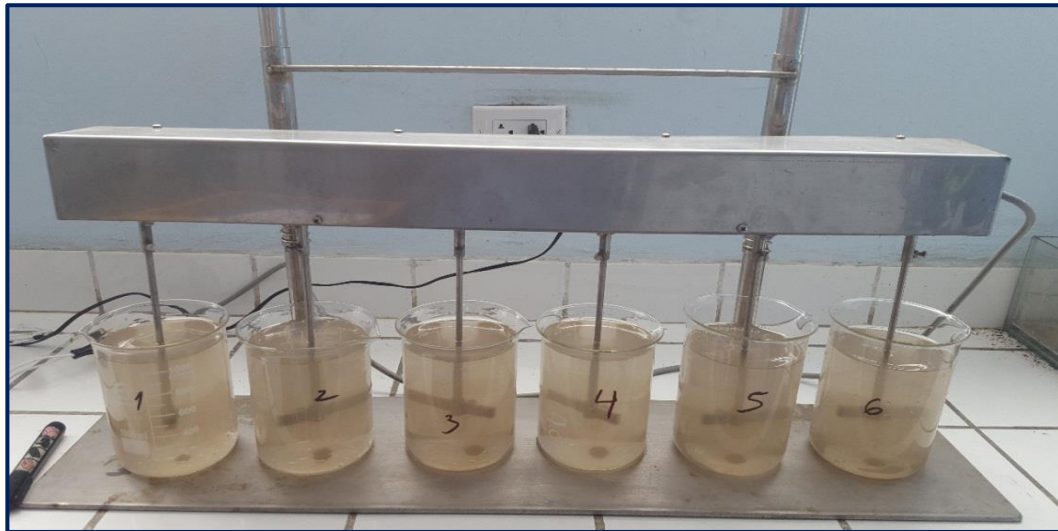
DOSIFICACIÓN DE SULFATO DE ALUMINIO AL 1%/DOSIFICACIÓN DE ALMIDÓN DE PLÁTANO AL 1% A CADA UNA DE LAS MUESTRAS



Fuente : Elaboración propia

FIGURA N° 4.30

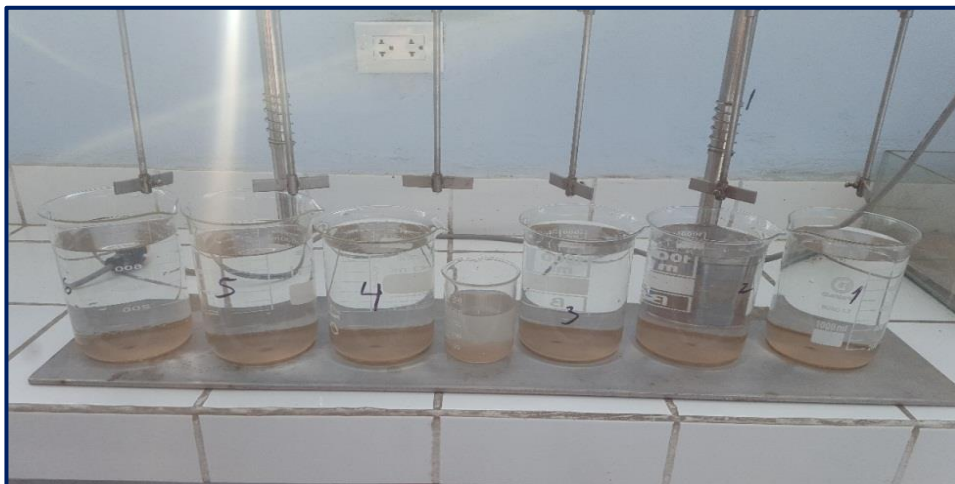
AGITACIÓN DEL SISTEMA PARA ESTA DOSIS CONJUNTA



Fuente : Elaboración propia

FIGURA N° 4.31

SEDIMENTACIÓN DEL SISTEMA PARA LA DOSIS EN CONJUNTO SEÑALADA



Fuente : Elaboración propia

4) Dosificación de la mezcla poliacrilamida y sulfato de aluminio.-

Se preparó una solución de poliacrilamida al 0,1% (1 000 ppm) Se

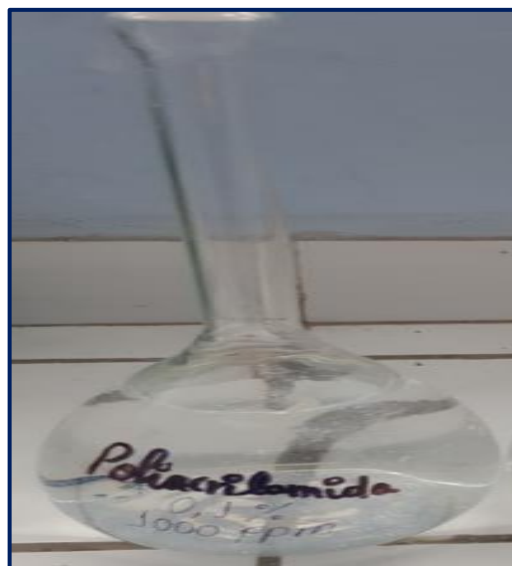
midieron en vasos de precipitados volúmenes de 1 000 ml de agua del rio Puchca. A esta agua del rio se le tomó valores iniciales de turbiedad, pH, dureza y temperatura. Y se dispusieron un vaso en cada uno de los 6 agitadores del equipo de Jar Test. Con la dosis óptima obtenida de sulfato se prepararon las mezclas poliacrilamida: sulfato en proporciones complementarias de tal forma que su suma sea la dosis óptima.

Tal como se presenta en el apartado de procedimientos de recolección de datos. Se agregó primero el sulfato y se agitó los vasos de muestra por 15 seg a 200 rpm y luego se adicionó la poliacrilamida en la proporción correspondiente a cada vaso y se agitó por 25 min a 25 rpm.

Finalmente se dejó sedimentar por 30 min. Por último, se tomaron valores de turbidez y pH y se eligió la dosis óptima a la distribución con mejor porcentaje de remoción de turbidez y se le tomó su dureza.

FIGURA N° 4.32

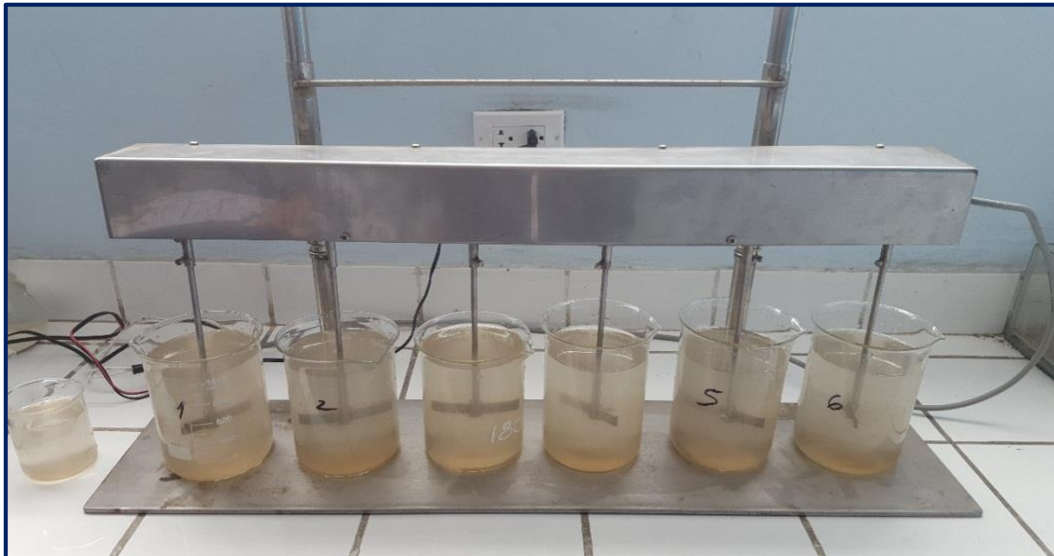
PREPARACIÓN DE LA SOLUCIÓN DE POLIACRILAMIDA AL 0,1%



Fuente : Elaboración propia

FIGURA N° 4.33

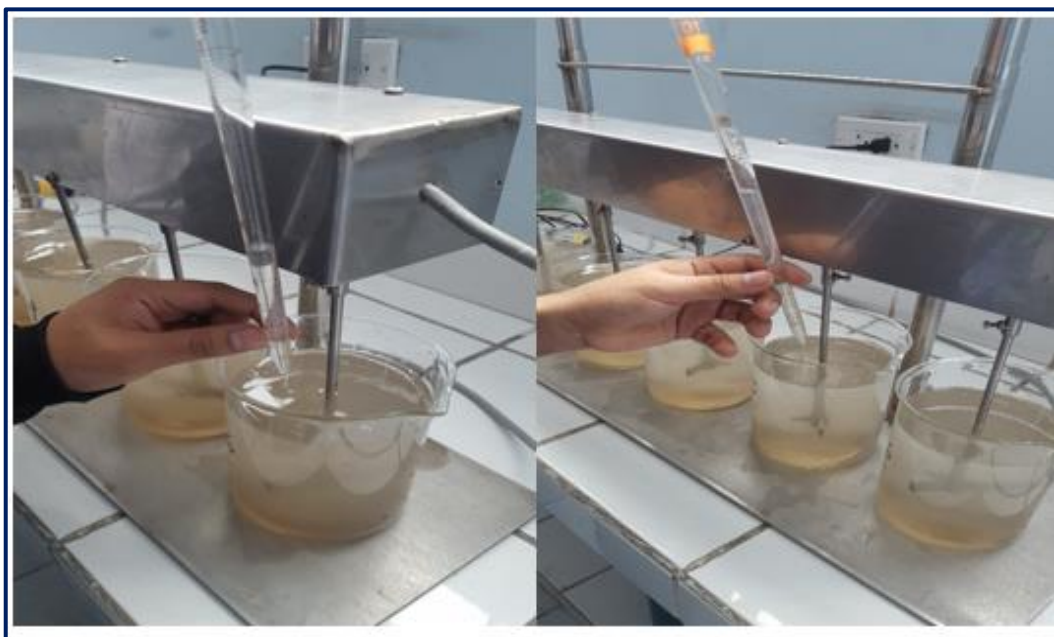
DISPOSICIÓN DE LAS MUESTRAS



Fuente : Elaboración propia

FIGURA N° 4.34

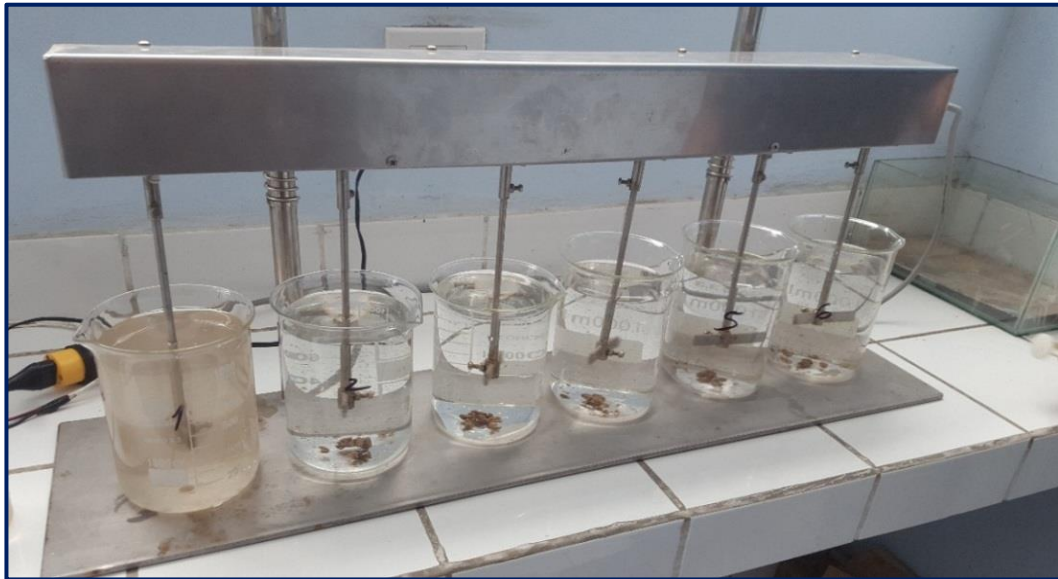
DOSIFICACIÓN DE SULFATO DE ALUMINIO AL 1%/DOSIFICACIÓN DE POLIACRILAMIDA AL 0,1%



Fuente : Elaboración propia

FIGURA N° 4.35

AGITACIÓN DEL SISTEMA PARA ESTA DOSIS CONJUNTA



Fuente : Elaboración propia

FIGURA N° 4.36

SEDIMENTACIÓN DEL SISTEMA PARA LA DOSIS EN CONJUNTO SEÑALADA



Fuente : Elaboración propia

4.4.3. Técnicas de análisis

a) **Pruebas cualitativa y cuantitativa del almidón de plátano.**- Estos análisis se realizaron para identificar el almidón de plátano de seda obtenido y cuanto era su pureza:

1) **Prueba cualitativa del almidón de plátano de seda con solución de lugol.**- Esta prueba se realizó a fin de comprobar que lo que se había obtenido era almidón. Para este análisis cualitativo se empleó como fuente la norma NTC 926, 1986, la cual establece los requisitos y los métodos de ensayo que debe cumplir el almidón de cualquier fuente natural, esta norma se basa en la aplicación de la prueba de lugol (solución de yodo y yoduro de potasio) mediante la verificación física de la reacción química que se lleva a cabo, la cual se evidencia mediante el cambio de coloración de la solución.

2) **Prueba cuantitativa del almidón de plátano de seda mediante espectrofotometría.**- Esta prueba se llevó a cabo tomando como referencia la norma ISO 6647, la cual nos permitirá determinar el porcentaje de pureza del almidón de plátano de seda, se procede de la siguiente manera :

- Se pesó 1 g de almidón puro y se preparó una solución patrón en un volumen de 100 ml de agua destilada.
- Después se realizaron diluciones para poder construir la curva de calibración con concentraciones de 60, 100, 200 y 400 ppm de almidón.
- Se aforó soluciones con las concentraciones descritas de 25 ml, a continuación de adición 2 ml de solución de yodo (2 g de KI + 0,2 g de I₂ aforados hasta 100 ml) y se procedió mediante medición espectro colorimétrica del complejo de yodo. Con estas soluciones se determinó en el espectrofotómetro (modelo Thermo Electron) sus absorbancias a 720 nm

- Con estos datos de absorbancia y concentración se llevó a cabo una regresión, para determinar una relación de estas variables.
- Seguidamente se pesa 1 g del almidón de plátano de seda y se prepara una solución en un volumen de 100 ml
- Luego se hicieron diluciones para obtener 2 muestras (C1 y C2) con concentraciones de 100 y 200 ppm (concentraciones teóricas) de almidón.
- Se aforó las soluciones a un volumen de 25 ml. Y se procedió de forma similar a determinar las absorbancias para cada concentración.
- Finalmente con estos datos y la relación de concentraciones y absorbancias se determinó el porcentaje de pureza del almidón de plátano de seda (*Musa acuminata* AAA)

b) Pruebas de las muestras de agua.- En este punto se señala la metodología utilizada para el análisis químico de las muestras de agua antes de ser sometidas al tratamiento por coagulación – floculación y también las obtenidas después del proceso :

- 1) Determinación de turbidez.-** Se determinó la turbidez de las muestras de aguas según el método descrito por Rodier (2009:55). Método nefelométrico.
- 2) Determinación de pH.-** Se determinó el pH de las muestras de aguas según el método descrito por Rodier (2009:92) Método potenciométrico con electrodo de vidrio.
- 3) Determinación de dureza.-** Se determinó la dureza de las muestras de aguas según el método descrito por Rodier (2009:119). Dureza total por titrimetría con EDTA

4.5. Procedimientos de recolección de datos

En los procedimientos de recolección de datos definimos las variables, los niveles y sus combinaciones para interpretarlas; para ello separamos en dos etapas :

- a) **Procedimientos de recolección de datos en la obtención del almidón del plátano de seda (*Musa acuminata* AAA).**- En la obtención del almidón de plátano de seda se identificaron tres variables, consideradas aquellas cuyas condiciones puedan influir en la obtención del almidón. Cada una de estas variables se dio dos niveles a analizar; así como se ve en la **Tabla N° 4.1** :

TABLA N° 4.1

DEFINICIÓN DE VARIABLES Y SUS NIVELES

Nº	VARIABLE	NOTACIÓN	NIVEL 1	NIVEL 2
1	Tiempo de decantación	t	t_1	t_2
2	Tiempo de secado	τ	τ_1	τ_2
3	Temperatura de secado	T	T_1	T_2

Fuente : Elaboración propia

Haciendo la combinación de las variables y sus niveles se obtuvo un arreglo ortogonal de 8 experimentos, cada una de estas se desarrolló por duplicado; como se aprecia en la **Tabla N° 4.2**

TABLA N° 4.2

ARREGLO ORTOGONAL DE EXPERIMENTOS

Orden de corrida	VARIABLES		
	t	τ	T
1	t_1	τ_1	T_1
2	t_2	τ_1	T_1
3	t_1	τ_2	T_1
4	t_2	τ_2	T_1
5	t_1	τ_1	T_2
6	t_2	τ_1	T_2
7	t_1	τ_2	T_2
8	t_2	τ_2	T_2

Fuente : Elaboración propia

b) Procedimientos de recolección de datos en la dosificación del almidón del plátano de seda (*Musa Acuminata* AAA) en el equipo de Jar Test.- En esta etapa, el procedimiento de recolección de datos es diferente; puesto que se mantienen condiciones fijas como las velocidades de agitación, pH y temperatura. Basamos nuestro estudio únicamente en una variable, que son las concentraciones de sulfato, almidón de plátano de seda y poliacrilamida. Y nuestros parámetros respuesta fueron la turbiedad (NTU), pH y temperatura.

Para esto se obtienen las características iniciales del agua superficial del río Puchca, respecto a la cual se determinaron los porcentajes de remoción de turbidez.

1) Dosificación de sulfato de aluminio.- Para la recolección de datos para determinar la dosis óptima del sulfato de aluminio, se procedió variando las concentraciones de sulfato de aluminio en cada jarra y obteniendo sus parámetros respuestas de turbidez (NTU), pH y temperatura. Tal como se muestra en la **Tabla N° 4.3**:

TABLA N° 4.3

ARREGLO PARA CURVA DE SULFATO DE ALUMINIO

JARRA	ppm de sulfato
1	10
2	20
3	30
4	40
5	50
6	60

Fuente : Elaboración propia

2) Dosificación de la mezcla almidón de plátano de seda y sulfato de aluminio.- Para la recolección de datos en la mezcla de sulfato de aluminio y almidón de plátano, se trabaja en base a la dosis óptima obtenida de la curva de sulfato de aluminio, se varían las

concentraciones de sulfato y almidón y se obtienen parámetros respuesta de turbidez (NTU), pH y temperatura (° C) en base a los porcentajes que se muestran en la **Tabla N° 4.4** :

TABLA N° 4.4

ARREGLO PARA CURVA DE SULFATO DE ALUMINIO Y ALMIDÓN DE PLÁTANO

Jarra	Dosis $Al_2(SO_4)_3$		Dosis Almidón	
	Porcentaje (%)	ppm	Porcentaje (%)	ppm
1	100	50	0	0
2	90	45	10	5
3	80	40	20	10
4	70	35	30	15
5	60	30	40	20
6	50	25	50	25
7	40	20	60	30
8	30	15	70	35
9	20	10	80	40

Fuente : Elaboración propia

- 3) Dosificación de la mezcla poliacrilamida y sulfato de aluminio.-**
 Se procedió de forma similar al arreglo para la curva de sulfato de aluminio y almidón de plátano. Con la dosis óptima de sulfato de aluminio se variaron las concentraciones de poliacrilamida y se obtuvieron parámetros respuesta de turbidez (NTU), pH y temperatura (°C) de acuerdo a los porcentajes que se muestran en la **Tabla N° 4.5 (Ver pag. N° 81)** :

TABLA N° 4.5

ARREGLO PARA CURVA DE SULFATO DE ALUMINIO Y POLIACRILAMIDA

Jarra	Dosis $Al_2(SO_4)_3$		Dosis Poliacrilamida	
	Porcentaje (%)	ppm	Porcentaje (%)	ppm
1	100	50	0	0
2	90	45	10	5
3	80	40	20	10
4	70	35	30	15
5	60	30	40	20
6	50	25	50	25
7	40	20	60	30
8	30	15	70	35
9	20	10	80	40

Fuente : Elaboración propia

4.6. Procesamiento estadístico y análisis de datos

4.6.1. Procesamiento estadístico

Puesto que la investigación contiene variables cuantitativas, se procesaron los datos experimentales obtenidos a través de una matriz de datos, en tablas y gráficos usando softwares como Excel o MINITAB.

4.6.2. Análisis de datos

Para encontrar resultados y cumplir con los objetivos de esta investigación se planteó el uso de la Estadística descriptiva e Inferencial. De acuerdo al tipo de variables se consideró el tipo de análisis a seguir; conociendo las características de cada variable, como se presenta en la **Tabla N° 4.6 (Ver pag. N° 82)**

a) Estrategia de análisis estadístico :

- 1) Exploración de las variables y creación de variables transformadas o derivadas
- 2) Análisis simple de relación
- 3) Descripción de variables

TABLA N^o 4.6

TIPOS DE VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN

N^o	VARIABLES	NOTACIÓN	INDICADORES	TIPO DE VARIABLE
1	Obtención del almidón del plátano de seda (<i>Musa acuminata</i> AAA)	X ₁	% Rendimiento % Pureza	Cuantitativo
2	Dosificación del almidón del plátano de seda (<i>Musa acuminata</i> AAA) para la coagulación – floculación de las aguas del rio Puchca – Ancash.	X ₂	ppm almidón	Cuantitativo

Fuente : Elaboración propia

b) Descripción de estrategia de análisis.- Para las variables cuantitativas se calcularon medidas de tendencia central (media, mediana) y dispersión (desviación estándar, percentil, mínimo y máximo) se calculó un intervalo de confianza para las variables de interés asumiendo la normalidad y utilizando el método exacto para proporciones pequeñas.

V. RESULTADOS

5.1. Resultados de los parámetros de operación en cada etapa del proceso de obtención de almidón de plátano de seda (*Musa acuminata* AAA)

Los parámetros se midieron por duplicado para todos los lotes de almidón, considerando los tiempos de decantación (t), tiempos de secado (τ) y temperaturas de secado (T). Se determinó en primera instancia, el porcentaje de humedad de la pulpa del plátano de seda, el cual arrojó un valor promedio de 67,67% (Ver en Tabla N° 5.1) Los resultados se muestran en la Tabla N° 5.2 (Ver pag. N° 84)

Asimismo los resultados de los análisis hechos al almidón obtenido con mayor porcentaje de rendimiento, primero cualitativamente; para identificar si el producto obtenido es efectivamente almidón y después cuantitativamente, para determinar la pureza se muestran en dos partes.

TABLA N° 5.1

PORCENTAJE DE HUMEDAD DE LA PULPA DEL PLATANO DE SEDA

N° Prueba	M muestra	M cáscara	M pulpa	M pulpa seca	% Humedad
1	332,0138	156,2356	177,4782	56,9545	67,91
2	330,6853	154,3039	175,3814	55,4665	68,37
3	336,2487	159,8852	176,9635	58,8747	66,73
Promedio					67,67

Fuente : Elaboración propia

TABLA N° 5.2

RESULTADOS DEL PROCESO DE OBTENCIÓN DEL ALMIDÓN DE PLÁTANO DE SEDA

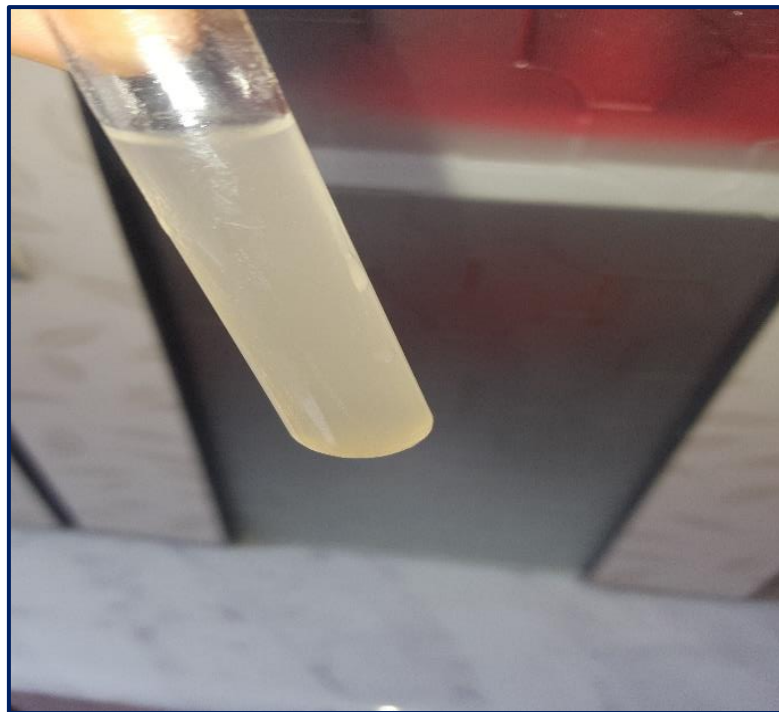
Orden	<i>t</i> (h)	τ (h)	<i>T</i> (°C)	Repetición	<i>m</i>_{muestra} (g)	<i>m</i>_{cáscara} (g)	<i>m</i>_{pulpa} (g)	<i>m</i>_{pulpa seca} (g)	<i>m</i>_{almidón}(g)	% <i>rendimiento</i>
1	4	6	40	Primera	323,9324	150,6634	173,269	56,0159	32.45	57,93
				Segunda	333,2487	156,2852	176,9635	57,2103	32.74	57,23
2	15	6	40	Primera	331,7138	155,2356	176,4782	57,0534	32.56	57,07
				Segunda	336,1825	159,3254	176,8571	57,1759	33.47	58,54
3	4	10	40	Primera	345,2576	160,8743	184,3833	59,6090	35.1	58,88
				Segunda	365,8675	176,1835	189,684	61,3227	34.69	56,57
4	15	10	40	Primera	362,2245	165,5246	196,6999	63,5908	37.64	59,19
				Segunda	325,9921	152,5243	173,4678	56,0802	34.69	61,86
5	4	6	60	Primera	354,4532	163,8214	190,6318	61,6291	35.9	58,25
				Segunda	367,3034	178,2019	189,1015	61,1344	33.87	55,40
6	15	6	60	Primera	364,7457	175,4237	189,322	61,2057	34.98	57,15
				Segunda	327,7559	153,3473	174,4096	56,3846	33.12	58,74
7	4	10	60	Primera	343,2498	159,8857	183,3641	59,2795	34.78	58,67
				Segunda	348,8315	161,2463	187,5852	60,6442	33.61	55,42
8	15	10	60	Primera	334,6853	158,3039	176,3814	57,0221	31.62	55,45
				Segunda	351,3269	161,7182	189,6087	61,2984	33.59	54,80

Fuente : Elaboración propia

- a) **Prueba cualitativa de identificación del almidón del plátano de seda (*Musa acuminata* AAA).**- Para determinar la presencia de almidón en las muestras obtenidas, se llevó a cabo las pruebas de coloración que dan positivo (coloración azul) frente a los reactivos de identificación, además de realizar una comparación de su estructura a nivel microscópica con almidón químicamente puro (usado en laboratorios)
- 1) **Prueba del almidón con el Reactivo de Lugol.**

FIGURA N° 5.1

DISOLUCIÓN DEL ALMIDÓN EN AGUA



Fuente : Elaboración propia

FIGURA N° 5.2

ALMIDÓN EN SOLUCIÓN Y REACTIVO DE LUGOL



Fuente : Elaboración propia

FIGURA N° 5.3

ALMIDÓN + REACTIVO DE LUGOL / LUEGO DE AGITACIÓN

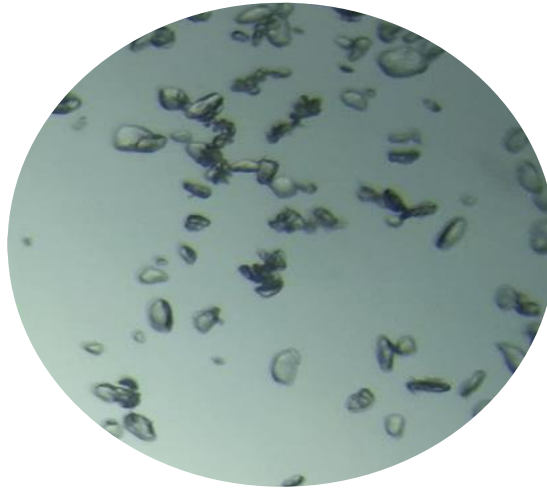


Fuente : Elaboración propia

2) Comparación de su estructura a nivel microscópica

FIGURA N° 5.4

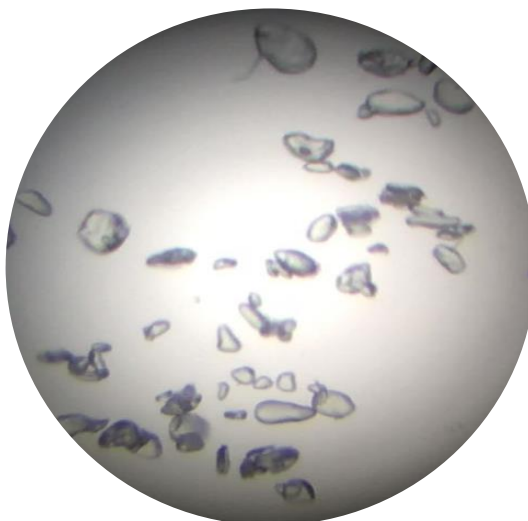
ALMIDÓN GRADO QUÍMICAMENTE PURO



Fuente : Elaboración propia

FIGURA N° 5.5

ALMIDÓN DE PLÁTANO DE SEDA



Fuente : Elaboración propia

- b) **Prueba cuantitativa del almidón de plátano de seda mediante espectrofotometría UV- visible usando patrón de almidón químicamente puro.**- Del procedimiento descrito, en la preparación de las distintas concentraciones de almidón puro (patrón) tanto teóricas como reales se obtiene los datos de la **Tabla N° 5.3** :

TABLA N° 5.3

CURVA DE CALIBRACIÓN DEL ALMIDÓN PATRÓN

N°	VOLUMEN AFORO (ml)	CONCENTRACIÓN TEÓRICA (ppm)	CONCENTRACIÓN REAL (ppm)
1	25	60	60,24
2	25	100	100,40
3	25	200	200,80
4	25	400	401,60

Fuente : Elaboración propia

Luego con las concentraciones se procede a determinar las absorbancias de cada una, y se obtuvo los datos de la **Tabla N° 5.4**

TABLA N° 5.4

LECTURAS DE CONCENTRACIÓN & ABSORBANCIA DE LAS SOLUCIONES DEL ALMIDÓN PURO

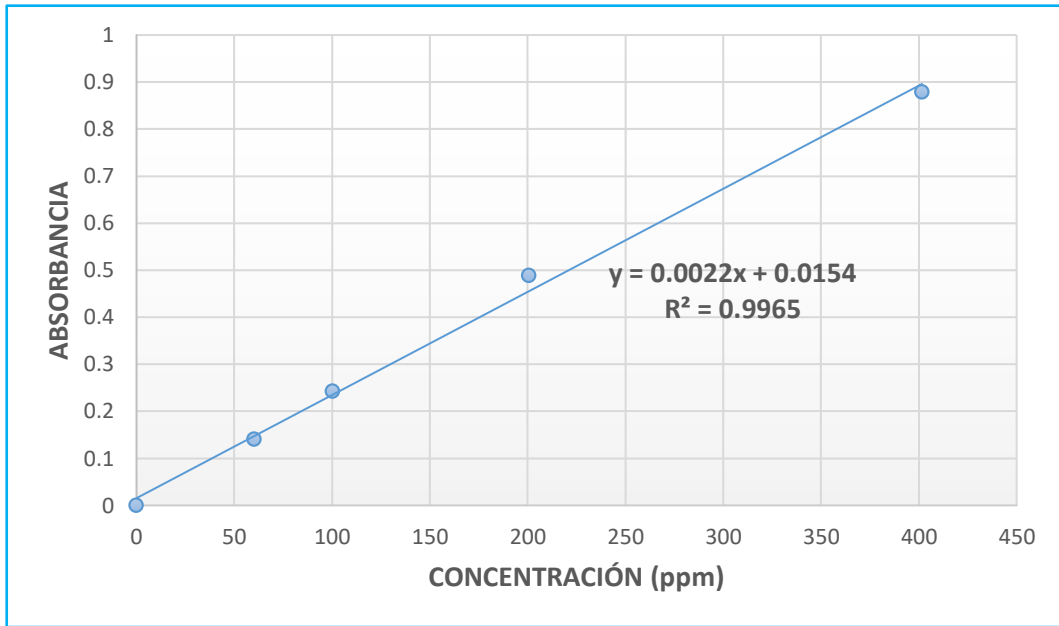
N° PATRÓN	CONCENTRACIÓN TEORICA (ppm)	CONCENTRACIÓN REAL (ppm)	ABS. PROMEDIO
0	0	0,00	0,000
1	60	60,24	0,140
2	100	100,40	0,243
3	200	200,80	0,488
4	400	401,60	0,879

Fuente : Elaboración propia

Se realizó una regresión de los datos obtenidos, para determinar una relación de estas variables. Tal como el **Gráfico N° 5.1 (Ver pag. N° 111)**

GRÁFICO N° 5.1

CURVA DE CALIBRACIÓN DEL ALMIDON PURO



Fuente : Elaboración propia

Del ajuste de regresión lineal para los datos de concentración en ppm de almidón químicamente puro, se obtiene la ecuación de la curva de calibración para la muestra de almidón de plátano.

$$(1) Y = 0,0022X + 0,0154$$

Donde :

- Y : Es la absorbancia de la muestra de almidón leída
- X : es la concentración de la muestra de almidón leída en ppm.

Para la cuantificación de la pureza del almidón de plátano de seda obtenido, se hizo mediante comparación con el almidón puro del cual hemos obtenido su relación de absorbancias y concentraciones. Para ello

determinamos de la solución preparada de almidón de plátano de seda sus absorbancias de dos muestras (C1, C2) y se obtienen los datos de la **Tabla N° 5.5**

TABLA N° 5.5
CONCENTRACIONES DE LAS MUESTRAS DE ALMIDÓN DE PLÁTANO DE SEDA

MUESTRA	VOLUMEN AFORO (ml)	CONCENTRACIÓN TEÓRICA (ppm)
C1	25	100
C2	25	200

Fuente : Elaboración propia

Haciendo uso de la siguiente relación, y con las absorbancias se determina el porcentaje de pureza del almidón de plátano de seda obtenido, tal como se muestra en la **Tabla N° 5.6**

$$(2)\% \text{ Pureza} = Cr * \frac{100}{Ct}$$

Donde :

Cr : Concentración real de la muestra hallada con la ecuación de la curva patrón.

Ct : Concentración teórica de la solución de almidón de plátano de seda (*Musa Acuminata AAA*)

TABLA N° 5.6

**PORCENTAJE DE PUREZA DEL AMIDÓN DE PLATANO DE SEDA
(*Musa Acuminata AAA*)**

MUESTRA	CONCENTRACIÓN TEORICA (ppm)	ABSORCIÓN PROMEDIO	CONCENTRACIÓN REAL (ppm)	PORCENTAJE PUREZA
C1	100	0,197	82,55	82,55
C2	200	0,369	160,73	80,37

Fuente : Elaboración propia

5.2. Resultados de la dosificación de almidón del plátano de seda (*Musa acuminata AAA*) en el equipo de Jar Test y su evaluación

Para la presentación de los resultados se ha dividido en cuatro etapas :

- a) **Resultados de la recolección de agua del rio Puchca – Ancash.-** En la recolección del agua utilizada en la evaluación del almidón obtenido, se midieron las siguientes características iniciales de la muestra de agua (aguas del rio Puchca) las cuales se tienen definidas según los análisis fisicoquímicos, como lo muestra la **Tabla N° 5.7** :

TABLA N° 5.7

CARACTERISTICAS INICIALES DE LA MUESTRA DE AGUA DEL RIO PUCHCA

MUESTRA	NTU	pH	Dureza (ppm)	Temperatura °C
Agua de Rio Puchca	75	8,06	90	19,3

Fuente : Elaboración propia

- b) **Resultados de la dosificación de sulfato de aluminio.-** Para poder iniciar con la dosificación del almidón de plátano de seda (*Musa acuminata AAA*), es necesario encontrar la dosificación optima del coagulante sulfato de aluminio, Se añadió dosificaciones de 10, 20, 30,

40, 50, 60 y 70 ppm de sulfato de aluminio a cada muestra en el equipo Jar Test y se tomó medida de los valores de pH y NTU, los valores se reportaron en la **Tabla N° 5.8**

TABLA N° 5.8

MEDICIONES DE LA DOSIFICACION DE SULFATO DE ALUMINIO EN MUESTRA DE AGUA DEL RIO PUCHCA

Jarra	Dosis $Al_2(SO_4)_3$ ppm	NTU				pH
		1	2	3	Promedio	
1	10	14,58	13,12	15,88	14,53	8,03
2	20	7,19	7,60	6,84	7,21	8,00
3	30	4,12	4,02	4,24	4,13	7,88
4	40	3,54	3,24	3,68	3,49	7,82
5	50	2,78	2,98	3,00	2,92	7,58
6	60	6,02	5,63	5,94	5,86	7,52
7	70	6,86	6,45	6,34	6,55	7,38

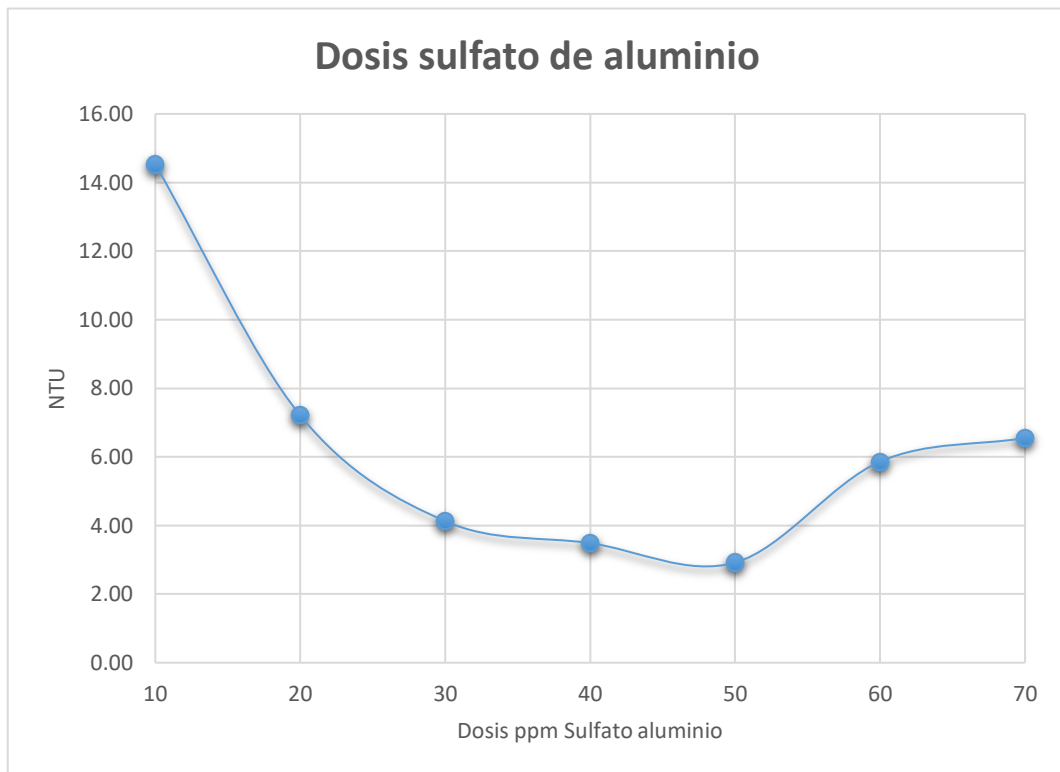
Fuente : Elaboración propia

Con los datos obtenidos de turbiedad en NTU, se procedió a determinar la dosis óptima de sulfato de aluminio para coagular- flocular el agua del rio Puchca recolectada, como se observa en el **Gráfico N° 5.2 (Ver pag. N° 93)**

Con lo observado anteriormente, se determina la dosis óptima del sulfato de aluminio en 50 ppm.

- c) Dosificación de la mezcla almidón de plátano de seda y sulfato de aluminio.**- Se realizó la dosificación de almidón incrementándola porcentualmente tomando como punto de partida 50 ppm, por lo mismo la dosis de sulfato de aluminio ira disminuyendo. Finalmente se tomó medida de los valores de pH y NTU luego del tiempo de sedimentación de las muestras con lo cual se determinó la dosificación optima de almidón de plátano de seda (*Musa acuminata* AAA), los valores se presentan en la **Tabla N° 5.9 (Ver pag. N° 115)**

GRÁFICO N° 5.2
CURVA DOSIFICACIÓN ÓPTIMA DE SULFATO DE ALUMINIO



Fuente : Elaboración propia

TABLA N° 5.9
MEDICIONES DE LA DOSIFICACION DE SULFATO DE ALUMINIO Y ALMIDÓN DE PLÁTANO DE SEDA EN MUESTRA DE AGUA DEL RIO PUCHCA

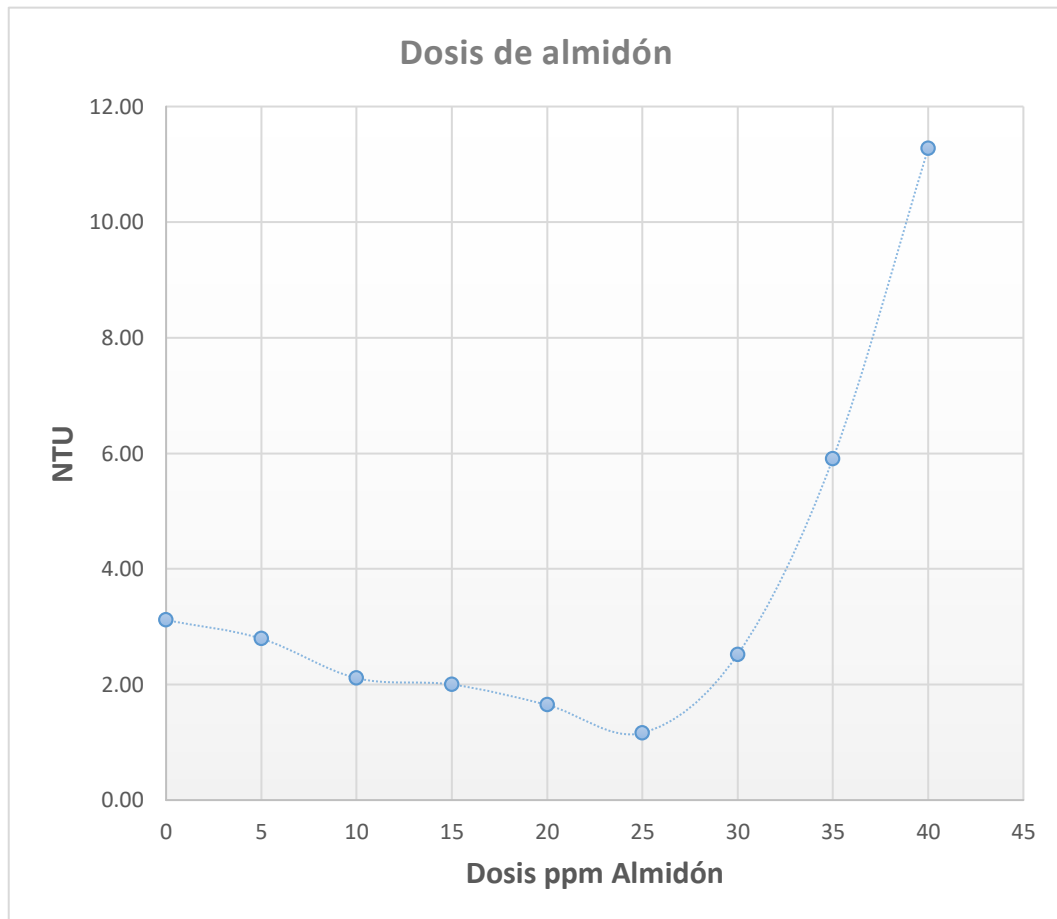
Jarra	NTU				pH
	1º corrida	2º corrida	3º corrida	Promedio	
1	3,26	3,10	2,98	3,11	7,54
2	2,79	2,91	2,68	2,79	7,58
3	2,14	2,03	2,16	2,11	7,65
4	1,95	1,99	2,06	2,00	7,74
5	1,54	1,68	1,72	1,65	7,76
6	1,04	1,10	1,35	1,16	7,80
7	2,88	2,68	2,00	2,52	7,88

Fuente : Elaboración propia

Con los datos obtenidos, se determina la dosis óptima de la mezcla de almidón de plátano de seda con sulfato de aluminio, como se muestra en el **Gráfico N° 5.3**

GRÁFICO N° 5.3

CURVA DOSIFICACIÓN ÓPTIMA DE SULFATO DE ALUMINIO Y ALMIDÓN DE PLATANO DE SEDA



Fuente : Elaboración propia

La dosis óptima de la mezcla sulfato de aluminio y almidón de plátano de seda (*Musa acuminata AAA*) se encuentra en 25 ppm de almidón de plátano y 25 ppm de sulfato.

d) Dosificación de la mezcla poliacrilamida y sulfato de aluminio.- Por último se hizo la evaluación del almidón de plátano de seda en la

coagulación – floculación de aguas del río Puchca, se substituyó el almidón de plátano de seda obtenido por la poliacrilamida. La poliacrilamida es un floculante de alto peso molecular que es muy usado en la industria, se realizó la distribución de la dosificación tomando como punto de partida 50 ppm. Posterior se tomó medida de los valores de pH y NTU luego del tiempo de sedimentación de las muestras, los resultados se muestran en la **Tabla N° 5.10**

TABLA N° 5.10

MEDICIONES DE LA DOSIFICACION DE SULFATO DE ALUMINIO Y POLIACRILAMIDA EN MUESTRA DE AGUA DEL RIO PUCHCA

Jarra	NTU				pH
	1º corrida	2º corrida	3º corrida	Promedio	
1	3,14	4,10	3,58	3,61	7,58
2	1,54	1,38	1,42	1,45	7,62
3	1,02	0,98	0,96	0,99	7,52
4	1,08	1,05	2,00	1,38	7,50
5	1,16	1,18	1,98	1,44	7,52
6	1,15	1,54	2,02	1,57	7,60
7	2,12	1,92	2,54	2,19	7,68

Fuente : Elaboración propia

Se determinó la dosificación óptima de la poliacrilamida, tal como lo muestra el **Gráfico N° 5.4 (Ver pag. N° 96)**

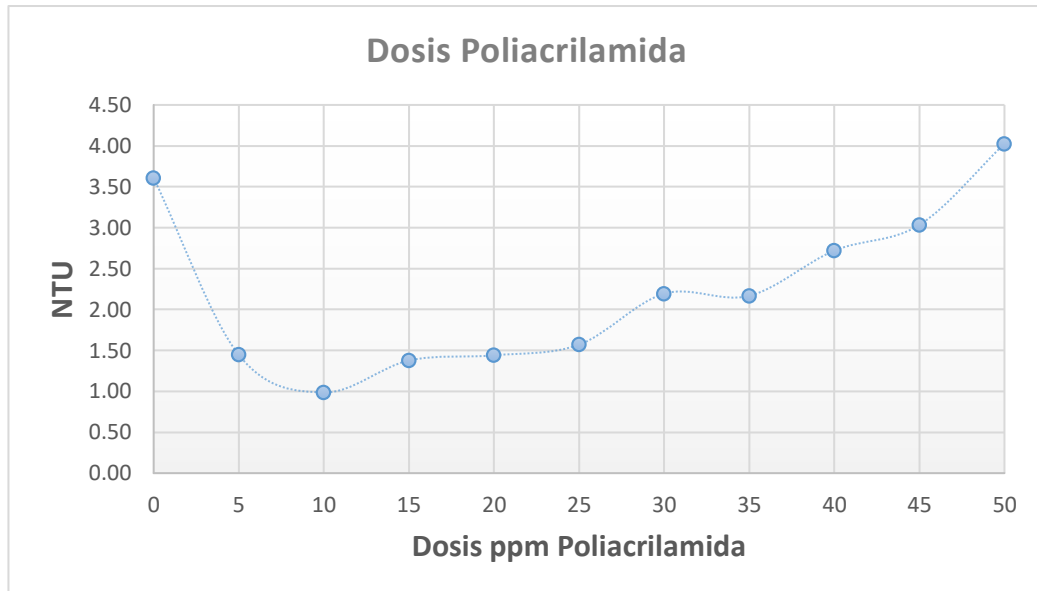
Con lo observado, la dosis óptima de la mezcla de sulfato de aluminio y poliacrilamida está en 10 ppm de poliacrilamida y 40 ppm de sulfato.

Se evaluó el almidón de plátano de seda (*Musa acuminata* AAA) con la poliacrilamida, con los resultados del porcentaje de remoción de turbidez obtenidos en cada caso, estos porcentajes se calcularon teniendo en cuenta la característica de la muestra de agua del río Puchca el cual presenta un valor promedio de 75 NTU, los resultados

se muestran en la **Tabla N° 5.11 (Ver pag. N° 96)** y **Tabla N° 5.12 (Ver pag. N° 97)**

GRÁFICO N° 5.4

CURVA DOSIFICACIÓN ÓPTIMA DE SULFATO DE ALUMINIO Y POLIACRILAMIDA



Fuente : Elaboración propia

TABLA N° 5.11

PORCENTAJE DE REMOCIÓN CON LA DOSIFICACIÓN DE ALMIDÓN DE PLÁTANO DE SEDA (*Musa acuminata* AAA)

Jarra	Dosis Almidón		Porcentaje de Remoción
	Porcentaje (%)	ppm	
1	0	0	95,55
2	10	5	96,01
3	20	10	96,99
4	30	15	97,14
5	40	20	97,65
6	50	25	98,34
7	60	30	96,40
8	70	35	91,56
9	80	40	83,90

Fuente : Elaboración propia

TABLA N° 5.12

PORCENTAJE DE REMOCIÓN CON LA DOSIFICACIÓN DE POLIACRILAMIDA

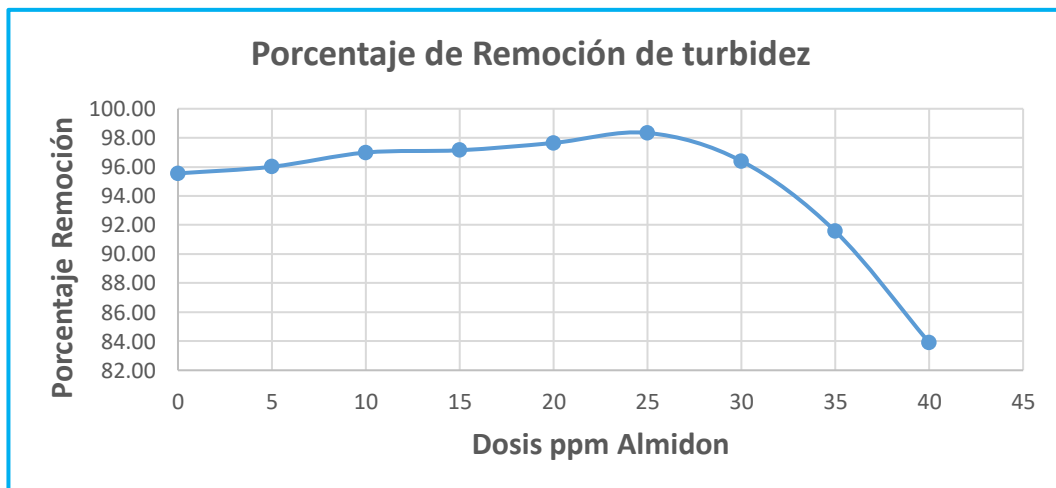
Jarra	Dosis Poliacrilamida		Porcentaje de Remoción
	Porcentaje (%)	ppm	
1	0	0	95,60
2	10	5	98,24
3	20	10	98,80
4	30	15	98,32
5	40	20	98,24
6	50	25	98,09
7	60	30	97,33
8	70	35	97,36
9	80	40	96,68
10	90	45	96,30
11	100	50	95,09

Fuente : Elaboración propia

Estos datos de porcentaje de remoción se presentan mejor en el **Gráfico N° 5.5 y Gráfico N° 5.6 (Ver pag. N° 98)**

GRÁFICO N° 5.5

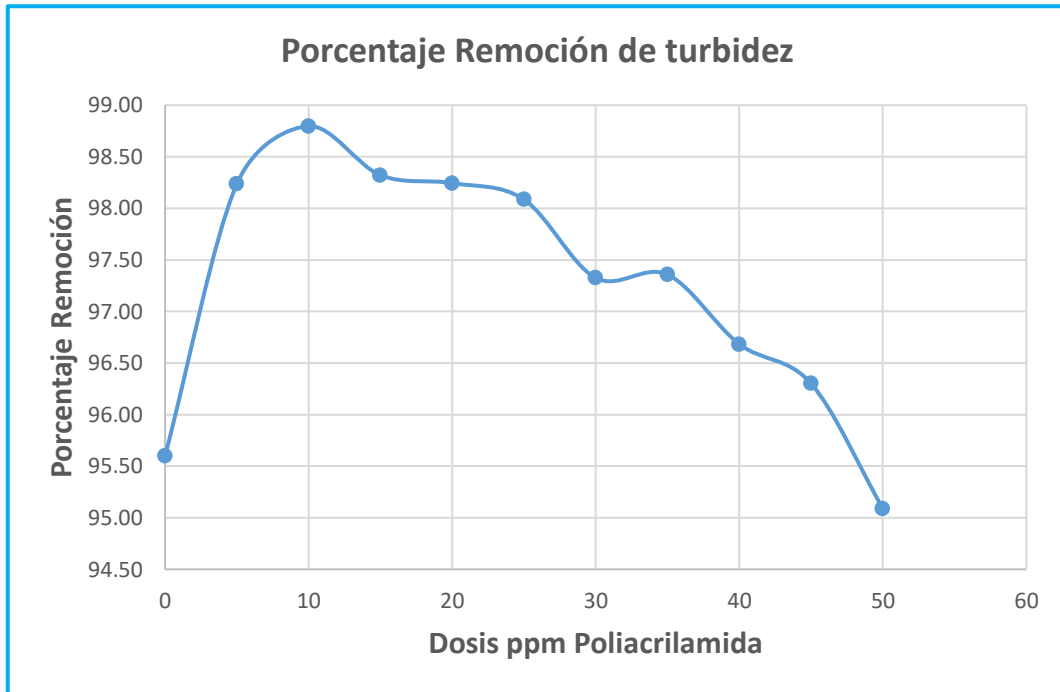
CURVA PORCENTAJE DE REMOCIÓN DE TURBIDEZ DOSIFICANDO ALMIDÓN DE PLÁTANO DE SEDA



Fuente : Elaboración propia

GRÁFICO N° 5.6

CURVA PORCENTAJE DE REMOCIÓN DE TURBIDEZ DOSIFICANDO POLIACRILAMIDA



Fuente : Elaboración propia

TABLA N° 5.13

RESULTADOS DE DUREZA DOSIFICANDO MEZCLA DE ALMIDON DE PLATANO – SULFATO DE ALUMINIO / POLIACRILAMIDA – SULFATO DE ALUMINIO

Mezcla	Dureza inicial (mgCaCO₃/L)	Dureza final (mgCaCO₃/L)
Almidón – Sulfato de Aluminio	90	89,92
Poliacrilamida – Sulfato de Aluminio	90	65,00

Fuente : Elaboración propia

VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

6.1. Contrastación de hipótesis con los resultados

6.1.1. Pruebas cualitativas y cuantitativas del almidón de plátano

Las pruebas cualitativas de identificación del almidón obtenido con el reactivo de Lugol, en donde se observa la coloración característica que debe tener una solución de almidón con este reactivo. Asimismo se observa en la imagen microscópica las partículas de almidón obtenido y comparada con la del almidón puro, se encuentran similitudes.

Por otra parte en las pruebas cuantitativas del almidón obtenido se observa que el mejor porcentaje de rendimiento se obtiene a un tiempo de decantación de 15 horas, un tiempo de secado de 10 horas y a una temperatura de 40°C

Por lo descrito anteriormente se observa que es posible obtener el almidón a partir del plátano de seda (*Musa acuminata* AAA)

6.1.2. Pruebas de evaluación del almidón del plátano de seda con el equipo de Jar Test

En los ensayos de Jar test para la evaluación del almidón de plátano de seda en la coagulación – floculación de aguas del río Puchca – Ancash. Se parte de la caracterización del agua del río Puchca, donde se tiene turbiedad promedio de 75 NTU. Seguidamente para la evaluación del almidón, se requirió la dosis óptima de sulfato.

Esta dosis final fue de 50 ppm alcanzando turbiedades de hasta 3 NTU. Luego finalmente en la comparación de % de remoción de turbiedad de las mezclas almidón – sulfato y poliacrilamida – sulfato se observa porcentajes de remoción de 98,34 y 98,80 respectivamente. Evidenciando que se obtienen resultados similares con ligera ventaja de la poliacrilamida al ser más activa. Asimismo se observa que parámetros de pH y temperatura no varían significativamente, denotando que no presentan demasiada influencia en el proceso realizado para este tipo de agua.

Por lo descrito se determina que es posible determinar la dosificación adecuada del almidón del plátano de seda (*Musa acuminata* AAA) para la coagulación – floculación de las aguas del río Puchca – Ancash y su evaluación comparada con la poliacrilamida presenta buenos resultados.

En tema general se demuestra que es posible obtener el almidón de plátano de seda (*Musa acuminata* AAA) y evaluar su eficiencia para la coagulación – floculación de las aguas del río Puchca – Ancash a nivel de laboratorio puesto que se obtienen resultados adecuados para este tipo de procesos y tratamiento de aguas naturales.

6.2. Contrastación de resultados con otros estudios similares

Según Trujillo y compañeros (2014), analizando 4 factores variables como pH, dosis de coagulante, velocidad de mezcla rápida y velocidad de mezcla lenta para mezclas de sulfato y almidón presenta mejores resultados de remoción en porcentajes de relación 50 : 50 Estos resultados en velocidad de mezcla rápida de 150 rpm y velocidad de mezcla lenta de 20 rpm

Por su parte Laines (2008) en su trabajo de mezclas con potencial coagulante para tratamiento de lixiviados de un relleno sanitario con mezclas de almidón de plátano, sulfato y arcillas logró reducir turbiedades menores a 5 NTU con proporciones similares de almidón de plátano – sulfato de aluminio.

En contraste con nuestro trabajo las mejores remociones de almidón – sulfato se obtienen en la relación 50 : 50 sin embargo la velocidad de mezcla rápida se realizó a 200 rpm y velocidad de mezcla lenta a 25 rpm. Asimismo se comparó con la mezcla poliacrilamida – sulfato, en donde está al ser más activa presenta su punto de dosis optima en 10 ppm de poliacrilamida y 40 ppm de sulfato de aluminio con porcentaje de remoción de turbidez de 98.80% Mientras que el almidón obtenido del plátano de

seda su dosis óptima se presenta en la concentración de 25 ppm de almidón y 25 ppm de sulfato con porcentaje de remoción de 98,34%

VII. CONCLUSIONES

- 1)** El proceso de extracción del almidón del plátano de seda (*Musa acuminata* AAA) se realizó por vía húmeda a través de la decantación y para la evaluación del almidón extraído se usó el equipo de prueba de jarras, en el cual la comparación de porcentajes de turbidez de las mezclas poliacrilamida – sulfato de aluminio y almidón de plátano – sulfato de aluminio fueron de 98,80% y 98,34% respectivamente.
- 2)** La extracción del almidón de plátano de seda (*Musa acuminata* AAA) se obtuvo con un rendimiento de extracción con respecto a la masa de pulpa del plátano de 60,52%, así como un porcentaje de pureza de 80%
- 3)** La dosificación adecuada del almidón extraído del plátano de seda (*Musa acuminata* AAA) fue la mezcla de 25 ppm de almidón de plátano de seda y 25 ppm de sulfato de aluminio; la que se alcanzó el mejor porcentaje de remoción de turbidez (98,34%)

VIII. RECOMENDACIONES

- 1)** Extender el estudio orientado al tratamiento de purificación de aguas en base a coagulantes naturales, midiendo tantos parámetros como sean necesarios a fin de asemejarse más a la realidad.
- 2)** Estudiar la influencia del tamaño de partícula de los gránulos de almidón como variable de proceso.
- 3)** Realizar análisis de alcalinidad, color, DBO, etc. para evaluar el comportamiento de éstos parámetros en las condiciones de trabajo del presente estudio.
- 4)** Realizar una mayor cantidad de corridas experimentales para obtener un mayor grado de confiabilidad en los resultados.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1) Castrillón, D.; De Los Ángeles, M. Determinación de las Dosis Óptimas del Coagulante Sulfato de Aluminio Granulado Tipo B en Función de la Turbiedad y el Color para la Potabilización del Agua en la Planta de Tratamiento de Villa Santana. Tesis para título. Pereira. Universidad Tecnológica de Pereira. 2012. Disponible en : <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/11059/3146/1/6281622H565.pdf>. Consultada el 6 de marzo del 2016
- 2) Centro de Exportación e Inversión de la República Dominicana (CEI – RD). Perfil económico del plátano. Disponible en : http://www.ceird.gov.do/ceird/estudios_economicos/estudios_productos/perfiles/platano.pdf. Consultada el 9 de abril del 2016
- 3) Guadrón, E. N. Diseño y Desarrollo del Proceso para la Extracción de Almidón a Partir del Guineo Majoncho Verde (*Musa sp.* Variedad Cuadrado) para su Uso en la Industria de Alimentos. Tesis para título. San Salvador. Universidad de El Salvador. 2013
- 4) Laines J., Goñi J., Adams R.; Camacho W. Mezclas con Potencial Coagulante para Tratamiento de Lixiviados de un Relleno Sanitario, en *Interciencia*. Vol. 33(1): 22 a 28. Enero 2008
- 5) Letterman; Villegas. Optimizing flocculator power input, en *Journal of the Environmental Engineering Division*. Vol. 102 (2): 251 a 262. 1976
- 6) López, R., Laines, J., Hernández, J.; Aparicio, M. Evaluación de Almidones de Malanga (*Colocasia Esculenta*) Como Agentes Coadyuvantes en la Remoción de Turbiedad en Procesos de Potabilización de Agua, en *Revista Mexicana de Ingeniería Química*. Vol.13 (3): 855 a 863. Agosto 2014
- 7) Mantilla, D. C. Extracción y Modificación de Almidón de Plátano Cuatro Filos (*Musa ABB* del subgrupo *Silver bluggoe*) para Posible Uso en el Tratamiento de Potabilización de Aguas. Tesis para título. Cartagena de Indias. Universidad de Cartagena. 2013
- 8) Morrison, R.; Boyd, R. Química Orgánica. Estados Unidos. Editorial Pearson Addison Wesley. Quinta Edición. 1998
- 9) Ortega, J., Laines, J.; Aparicio, M. Almidón Modificado de Plátano : Posible Uso en el Tratamiento de Lixiviados Provenientes de Rellenos Sanitarios, en *Kuxulkab´*. Vol.17 (31): 87 a 96. Diciembre 2010. Disponible en :

<http://revistas.ujat.mx/index.php/kuxulkab/article/viewFile/403/324>.
Consultada el 20 de marzo del 2016

- 10) Quiroz, N., Vargas, M.; Jiménez, J. Desarrollo de Coagulantes y Floculantes para la Remoción de Color en Aguas de Consumo Humano; El Río Humo, Reserva Forestal Río Macho. Proyecto investigación. Costa Rica. Instituto Tecnológico de Costa Rica. 2010. Disponible en : https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/2930/Informe_Final.pdf?sequence=1&isAllowed=y Consultada el 26 de marzo del 2016
- 11) Robles, K. Harina y Productos de Plátano. Universidad del Valle. 2007. Disponible en : <http://www.ilustrados.com/documentos/harina-producto-platano-240807.pdf>. Artículo web. Consultada el 9 de abril del 2016
- 12) Rodier, J., Legube, B.; Merlet, N. Análisis del Agua. Barcelona. Editorial Omega S.A. Novena Edición. 2011
- 13) Román, C. H. Consideraciones Epidemiológicas para el Manejo de la Marchitez por *Fusarium (Fusarium oxysporum f. sp. cubense)* del Banano en la Región Central del Perú. 2012. Disponible en : <http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A10244E/A10244E.PDF> Consultada el 10 de abril del 2016
- 14) Romero, L.; Vargas, M. Aprovechamiento de Algunos Materiales en el Desarrollo de Coagulantes y Floculantes para el Tratamiento de Aguas en Costa Rica, en *Tecnología en marcha*. Vol.19 (4): 37 a 41. Octubre 2010. Disponible en : http://revistas.tec.ac.cr/index.php/tec_marcha/article/view/37/36 Consultada el 19 de marzo del 2016
- 15) Romero, J. A. Calidad del Agua. Colombia. Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería. Tercera Edición. 2005
- 16) Secretaría de Economía (SE). Monografía del Sector Plátano en México: Situación Actual y Oportunidades de Mercado. 2012. Disponible en : http://www.economia.gob.mx/files/Monografia_Platano.pdf. Artículo web. Consultada el 26 de marzo del 2016
- 17) Solís, R., Laines, J.; Hernández, J. Mezclas con Potencial Coagulante para Clarificar Aguas Superficiales, en *Rev. Int. Contam. Ambie*. Vol.28 (3): 229 a 236. Marzo 2012

- 18)** Trujillo, D., Duque, L., Arcila, J., Rincón, A., Pacheco, S.; HERRERA, O. Remoción de Turbiedad en Agua de una Fuente Natural Mediante Coagulación/Floculación Usando Almidón de Plátano, en *ion*. Vol. 27(1) : 17 a 24. 2014. Disponible en : <http://www.redalyc.org/pdf/3420/342031331003.pdf>. Consultada el 19 de marzo del 2016
- 19)** Wade, L. G. Química Orgánica. Madrid. Editorial Pearson Educación S.A. Quinta Edición. 2004.

ANEXOS

ANEXO N° 1

MATRIZ DE CONSISTENCIA

TITULO: PROCESO DE OBTENCIÓN Y EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DEL ALMIDÓN DEL PLÁTANO DE SEDA (*Musa acuminata* AAA) PARA LA COAGULACIÓN – FLOCULACIÓN DE LAS AGUAS DEL RIO PUCHCA – ANCASH A NIVEL DE LABORATORIO

PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	VARIABLE DEPENDIENTE	DIMENSIONES	INDICADORES	MÉTODO
¿Cómo debe ser la obtención y evaluación de la eficiencia del almidón del plátano de seda (<i>Musa acuminata</i> AAA) para la coagulación – floculación de las aguas del río Puchca – Ancash?	Obtener y evaluar la eficiencia del almidón del plátano de seda (<i>Musa acuminata</i> AAA) para la coagulación – floculación de las aguas del río Puchca – Ancash.	Es posible obtener y evaluar la eficiencia del almidón del plátano de seda (<i>Musa acuminata</i> AAA) para la coagulación – floculación de las aguas del río Puchca – Ancash.	Y = Obtención y evaluación de la eficiencia del almidón del plátano de seda (<i>Musa acuminata</i> AAA) para la coagulación – floculación de las aguas del río Puchca – Ancash.	Remoción de turbidez	% Remoción de turbidez	Método Nefelométrico de turbidez (Medición en NTU)
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS GENERALES	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	VARIABLES INDEPENDIENTES	DIMENSIONES	INDICADORES	MÉTODO
¿Cómo se obtiene el almidón a partir del plátano de seda (<i>Musa acuminata</i> AAA)?	Obtener almidón a partir del plátano de seda (<i>Musa acuminata</i> AAA)	Es posible obtener el almidón a partir del plátano de seda (<i>Musa acuminata</i> AAA)	X1 = Obtención del almidón del plátano de seda (<i>Musa acuminata</i> AAA)	Pureza del almidón	% pureza del almidón	Método vía húmeda por decantación. Espectrofotometría
¿Cuál es la dosificación adecuada del almidón del plátano de seda (<i>Musa acuminata</i> AAA) para la coagulación – floculación de las aguas del río Puchca – Ancash?	Determinar la dosificación adecuada del almidón del plátano de seda (<i>Musa acuminata</i> AAA) para la coagulación – floculación de las aguas del río Puchca – Ancash	Es posible determinar la dosificación adecuada del almidón del plátano de seda (<i>Musa acuminata</i> AAA) para la coagulación – floculación de las aguas del río Puchca – Ancash	X2 = Dosificación del almidón del plátano de seda (<i>Musa acuminata</i> AAA) para la coagulación – floculación de las aguas del río Puchca – Ancash	Concentración del almidón	mg/L	Ensayos experimentales (prueba de jarras)

ANEXO Nº 2

**NTC 926 NORMA TÉCNICA COLOMBIANA REFERENCIA DEL
ENSAYO CUALITATIVO DE ALMIDON**

**NORMA TÉCNICA
COLOMBIANA**

**NTC
926**

1986-06-18

ALMIDÓN DE MAÍZ SIN MODIFICAR



E: NON-MODIFIED CORN STARCH

CORRESPONDENCIA:

DESCRIPTORES: almidón de maíz; almidón sin
modificar; industria textil-almidón;
industria alimentaria-almidón.

PRÓLOGO

El Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, **ICONTEC**, es el organismo nacional de normalización, según el Decreto 2269 de 1993.

ICONTEC es una entidad de carácter privado, sin ánimo de lucro, cuya Misión es fundamental para brindar soporte y desarrollo al productor y protección al consumidor. Colabora con el sector gubernamental y apoya al sector privado del país, para lograr ventajas competitivas en los mercados interno y externo.

La representación de todos los sectores involucrados en el proceso de Normalización Técnica está garantizada por los Comités Técnicos y el período de Consulta Pública, este último caracterizado por la participación del público en general.

La NTC 926 (Segunda actualización) fue ratificada por el Consejo Directivo de 1986-06-18.

Esta norma está sujeta a ser actualizada permanentemente con el objeto de que responda en todo momento a las necesidades y exigencias actuales.

A continuación se relacionan las empresas que colaboraron en el estudio de esta norma a través de su participación en el Comité Técnico C10.4, Harinas, féculas, almidones y sus productos.

ADIMCE	FRUCO-MAIZENA
ANDERCOL	INGEOMINAS
ANDIGRAF	INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO
BASF QUÍMICA COLOMBIANA	INSTITUTO DE INVESTIGACIONES TECNOLÓGICAS
CARTÓN DE COLOMBIA	MAIZENA
CARTONES AMÉRICA	PAPELES NACIONALES
CARVAJAL S.A.	PAPELES SCOTT DE COLOMBIA
CICELPA (UIS)	PRODUCTOS QUÍMICOS DEL HUILA
COLRESIN LTDA.	PRODUCTOS QUÍMICOS PANAMERICANOS
CYANAMID DE COLOMBIA	PROPAL S.A.
DELMAÍZ	SULFOQUÍMICA LTDA.
DERIVADOS INDUSTRIALES DEL VALLE	SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y
EMPAQUES INDUSTRIALES	COMERCIO
FOSFORERA COLOMBIANA	

ICONTEC cuenta con un Centro de Información que pone a disposición de los interesados normas internacionales, regionales y nacionales.

DIRECCIÓN DE NORMALIZACIÓN

ANEXO Nº 3
ISO 6647 DETERMINACIÓN DE AMILOSA – REFERENCIA DE
DETERMINACIÓN DE LA PUREZA DEL ALMIDÓN

**INTERNATIONAL
STANDARD**

**ISO
6647-2**

First edition
2007-09-01

**Rice — Determination of amylose
content —**

**Part 2:
Routine methods**

*Riz — Détermination de la teneur en amylose —
Partie 2: Méthodes de routine*

This is a free 5 page sample. Access the full version online.



Reference number
ISO 6647-2:2007(E)

Rice — Determination of amylose content —

Part 2: Routine methods

1 Scope

This part of ISO 6647 specifies two simplified routine methods for the determination of the amylose mass fraction of milled rice, non-parboiled. The main difference between the two methods is the dispersion procedure: method A specifies hot, and method B cold, dispersion.

Both methods are applicable to rice with an amylose mass fraction higher than 5 %.

NOTE These methods describe simplified procedures for the preparation of samples, which are frequently used in routine laboratories. The methods use the same reagents as the reference method (see ISO 6647-1), but omit the defatting step. Rice samples of which the amylose mass fraction has been determined by the reference method are used as standards.

2 Normative references

The following referenced documents are indispensable for the application of this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

ISO 712, *Cereals and cereal products — Determination of moisture content — Routine reference method*

ISO 6647-1, *Rice — Determination of amylose content — Part 1: Reference method*

ISO 7301, *Rice — Specification*

ISO 8466-1, *Water quality — Calibration and evaluation of analytical methods and estimation of performance characteristics — Part 1: Statistical evaluation of the linear calibration function*

3 Terms and definitions

For the purposes of this document, the terms and definitions given in ISO 6647-1 and ISO 7301 apply.

4 Principle

Rice is ground to a very fine flour to break up the endosperm structure in order to aid complete dispersion and gelatinization. A test portion is dispersed in a sodium hydroxide solution, to an aliquot portion of which is added an iodine solution. The absorbance, at 720 nm, of the colour complex formed is then determined using a spectrophotometer.

Measurement wavelengths of 620 nm or 680 nm can also be used.

ANEXO Nº 4

DATOS ESPECTROFOTOMETRICOS

THERMO ELECTRON ~ VISIONpro SOFTWARE V4.10

Nombre operario (No Introducido) Fecha del informe 7/14/2017
 Departamento (No Introducido) Hora del informe 3:05:30PM
 Organización (No Introducido)
 Información (No Introducido)

Calibración - curva almi2.fqc
 Nombre operario (No Introducido)
 EV300 140602

Método de Calibración - curva almi2.fqc
 Descripción (No Introducido)
 Modo Cuantificación Lambda Sencilla Patrones 5
 Lambda 1 720.00 nm Réplicas 2
 Lambda 2 Apagado Ajuste de Curva inicial Todas Curvas
 Lambda 3 Apagado Uds., Conc. (No Introducido)
 Tiempo Integ. 00:00:01 Nº Decimales Conc. 3
 D2/Halógena Xenón Detección desviacione Apagado
 Ancho de Banda 2.0 nm Caducidad Apagado
 Status Seguridad Desprotegido
 Rango del Coeficiente Apagado

Tabla de Patrones - curva almi2.fqc

Patrón	Conc.	Use	Rep.	720.00nm	Errores
Patrón01	0.000	Sí	1	0.000	Ninguno
			2	0.000	Ninguno
			Media:	0.000	Ninguno
Patrón02	60.000	Sí	1	0.140	Ninguno
			2	0.140	Ninguno
			Media:	0.140	Ninguno
Patrón03	100.000	Sí	1	0.243	Ninguno
			2	0.243	Ninguno
			Media:	0.243	Ninguno
Patrón04	200.000	Sí	1	0.488	Ninguno
			2	0.488	Ninguno
			Media:	0.488	Ninguno
Patrón05	400.000	Sí	1	0.879	Ninguno
			2	0.879	Ninguno
			Media:	0.879	Ninguno

Todos los Resultados han sido calculados a doble precisión , acorde con ANSI/IEEE STD 754-1985 , pero han sido redondeados por motivos gráficos

Tecla de errores

Ninguno : No se detectan errores
 I : Datos inválidos

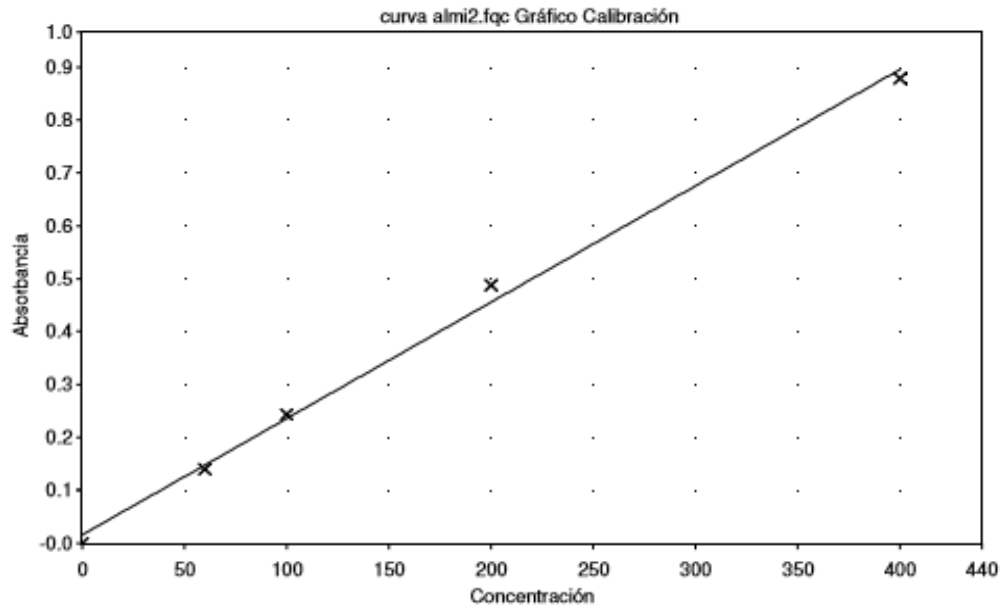
Calibración Línea / Estadísticas Curva
 Ecuación $A = 0.0022 \times \text{Conc} + 0.0153$
 Ajuste seleccionadineal
 Coeficiente 0.996464
 Suma de residuos 0.0034

THERMO ELECTRON ~ VISIONpro SOFTWARE V4.10

Nombre operario (No Introducido)
Departamento (No Introducido)
Organización (No Introducido)
Información (No Introducido)

Fecha del informe 7/14/2017
Hora del informe 3:05:30PM

Gráfico Calibración

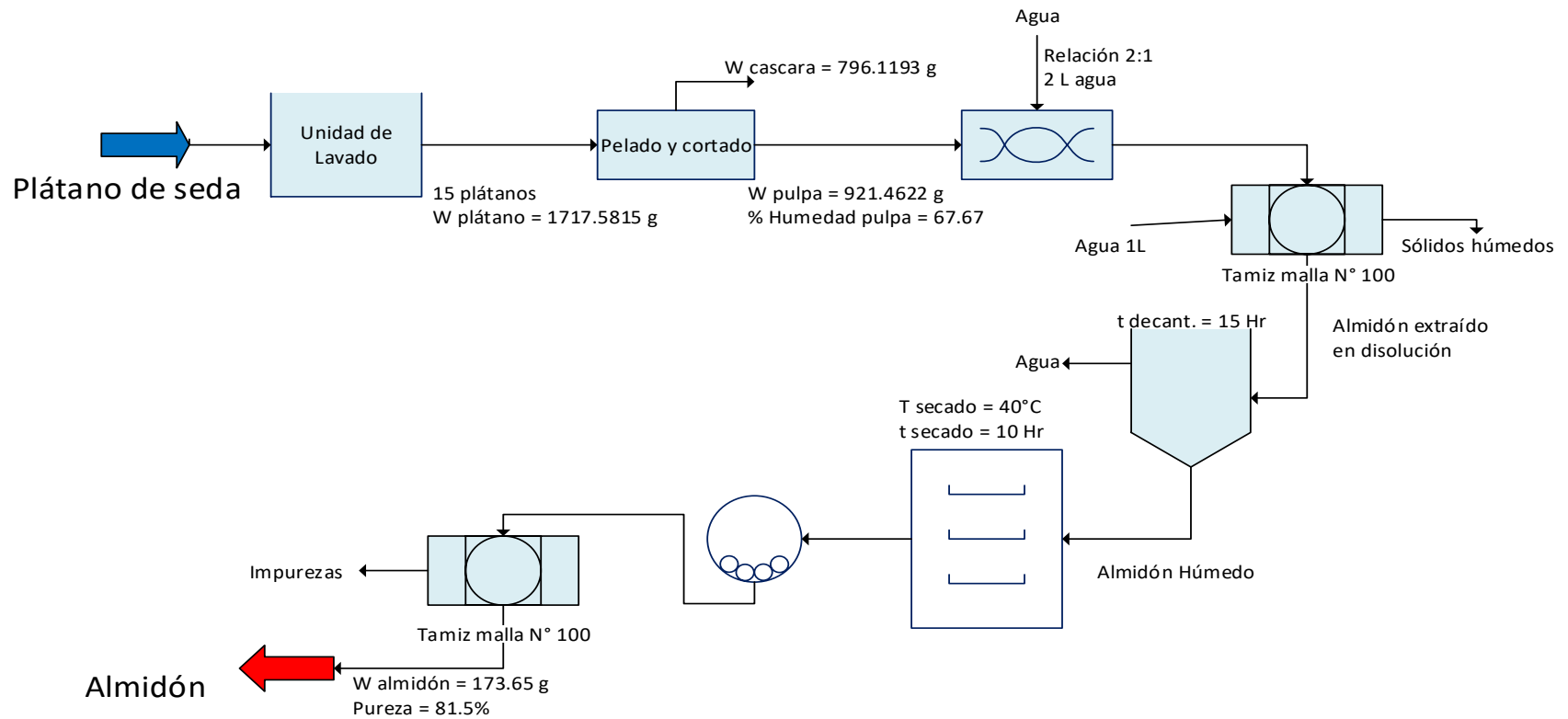


ANEXO Nº 5**DETERMINACIÓN DE LA DUREZA FINAL AL DOSIFICAR
ALMIDON DE PLÁTANO-SULFATO DE ALUMINIO /
POLIACRILAMIDA-SULFATO DE ALUMINIO**

Ítem de muestra	Volumen de muestra (mL)	Factor de dilución	Volumen gastado de EDTA (mL)	Volumen gastado en blanco (mL)	Volumen corregido (mL)	mg CaCO ₃ /L
Mezcla Almidón de plátano + Sulfato de aluminio	50	1	4,5	0	4,5	89,92
Mezcla Poliacrilamida + Sulfato de aluminio	50	1	3,25	0	3,25	65

ANEXO N° 6

RENDIMIENTO DEL PROCESO DE OBTENCIÓN DEL ALMIDÓN DE PLÁTANO DE SEDA



ANEXO Nº 7

ANALISIS DE VARIANZA POR ANOVA

Orden Est	Orden Corrida	Punto Central	Bloques	Tiempo decantación	Tiempo secado	Temperatura secado	% extracción almidón	RESI1
1	1	1	1	4	6	40	57,93	0,3513
2	2	1	1	15	6	40	57,07	- 0,7347
3	3	1	1	4	10	40	58,88	1,1570
4	4	1	1	15	10	40	59,19	- 1,3335
5	5	1	1	4	6	60	58,25	1,4246
6	6	1	1	15	6	60	57,15	- 0,7939
7	7	1	1	4	10	60	58,67	1,6248
8	8	1	1	15	10	60	55,45	0,3273
9	9	1	1	4	6	40	57,23	- 0,3513
10	10	1	1	15	6	40	58,54	0,7347
11	11	1	1	4	10	40	56,57	- 1,1570
12	12	1	1	15	10	40	61,86	1,3335
13	13	1	1	4	6	60	55,40	- 1,4246
14	14	1	1	15	6	60	58,74	0,7939
15	15	1	1	4	10	60	55,42	- 1,6248
16	16	1	1	15	10	60	54,80	- 0,3273

Ajuste factorial: % extracción vs. Tiempo decan; Tiempo secad; ...

Efectos y coeficientes estimados para % extracción almidón (unidades codificadas)

Término	Efecto	Coef	Coef. de EE	T
P				
Constante		57.5722	0.3789	151.96
0.000				
Tiempo decantación	0.5550	0.2775	0.3789	0.73
0.485				
Tiempo secado	0.0667	0.0334	0.3789	0.09
0.932				
Temperatura secado	-1.6725	-0.8362	0.3789	-2.21
0.058				
Tiempo decantación*Tiempo secado	-0.1169	-0.0584	0.3789	-0.15
0.881				
Tiempo decantación*	-0.9566	-0.4783	0.3789	-1.26
0.242				
Temperatura secado				
Tiempo secado*Temperatura secado	-1.3674	-0.6837	0.3789	-1.80
0.109				
Tiempo decantación*Tiempo secado*	-1.4031	-0.7015	0.3789	-1.85
0.101				
Temperatura secado				

S = 1.51548 PRESS = 73.4936
R-cuad. = 63.16% R-cuad. (pred.) = 0.00% R-cuad. (ajustado) = 30.93%

Análisis de varianza para % extracción almidón (unidades codificadas)

Fuente	GL	SC sec.	SC ajust.	MC ajust.
F				
Efectos principales	3	12.438	12.438	4.146
1.81				
2-Interacciones de (No.) factores	3	11.194	11.194	3.731
1.62				
3-Interacciones de (No.) factores	1	7.875	7.875	7.875
3.43				

Error residual	8	18.373	18.373	2.297
Error puro	8	18.373	18.373	2.297
Total	15	49.880		

Fuente	P
Efectos principales	0.224
2-Interacciones de (No.) factores	0.259
3-Interacciones de (No.) factores	0.101
Error residual	
Error puro	
Total	

Coeficientes estimados para % extracción almidón utilizando datos en unidades

descodificadas

Término	Coef
Constante	67.1675
Tiempo decantación	-2.02334
Tiempo secado	-1.25299
Temperatura secado	-0.212235
Tiempo decantación*Tiempo secado	0.313573
Tiempo decantación*	0.0423257
Temperatura secado	
Tiempo secado*Temperatura secado	0.0264028
Tiempo decantación*Tiempo secado*	-0.00637770
Temperatura secado	

Medias de cuadrado mínimo para % extracción almidón

		Media del
		Error
		Media estándar
Tiempo decantación		
4	57.29	0.5358
15	57.85	0.5358
Tiempo secado		
6	57.54	0.5358
10	57.61	0.5358
Temperatura secado		
40	58.41	0.5358

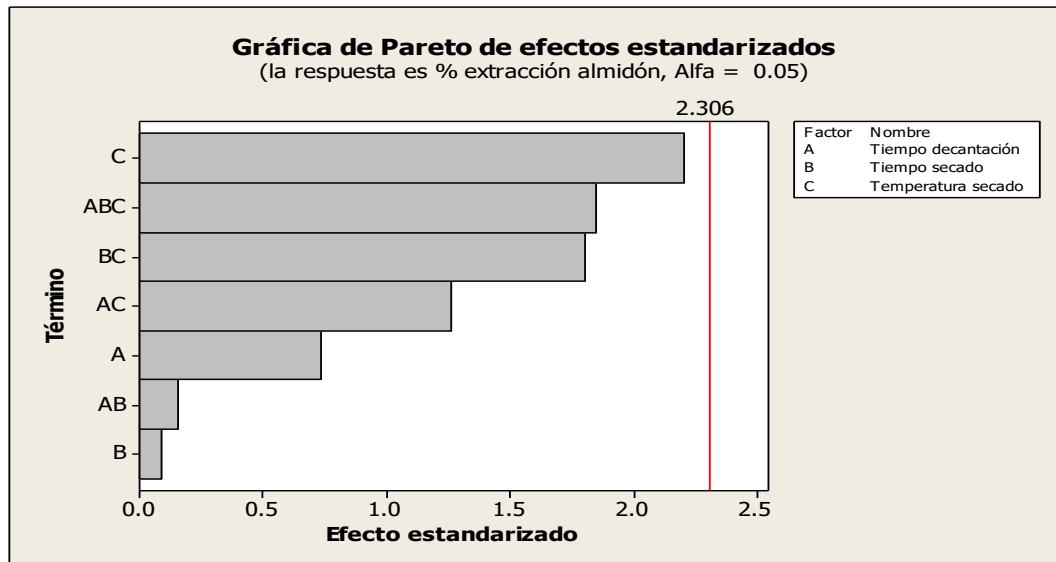
60		56.74	0.5358	
Tiempo decantación*Tiempo secado				
4	6	57.20	0.7577	
15	6	57.87	0.7577	
4	10	57.39	0.7577	
15	10	57.82	0.7577	
Tiempo decantación*Temperatura secado				
4	40	57.65	0.7577	
15	40	59.16	0.7577	
4	60	56.94	0.7577	
15	60	56.54	0.7577	
Tiempo secado*Temperatura secado				
6	40	57.69	0.7577	
10	40	59.13	0.7577	
6	60	57.39	0.7577	
10	60	56.09	0.7577	
Tiempo decantación*Tiempo secado*Temperatura secado				
4	6	40	57.58	1.0716
15	6	40	57.80	1.0716
4	10	40	57.73	1.0716
15	10	40	60.52	1.0716
4	6	60	56.83	1.0716
15	6	60	57.95	1.0716
4	10	60	57.05	1.0716
15	10	60	55.12	1.0716

Respuesta pronosticada para los nuevos puntos del diseño utilizando el modelo

para % extracción almidón

Punto	Ajuste	Ajuste SE	IC de 95%	PI de 95%
1	57.5787	1.0716	(55.1076; 60.0498)	(53.2986; 61.8588)
2	57.8040	1.0716	(55.3329; 60.2751)	(53.5239; 62.0841)
3	57.7266	1.0716	(55.2555; 60.1978)	(53.4465; 62.0068)
4	60.5244	1.0716	(58.0533; 62.9955)	(56.2443; 64.8045)
5	56.8271	1.0716	(54.3560; 59.2983)	(52.5470; 61.1072)
6	57.9455	1.0716	(55.4744; 60.4166)	(53.6654; 62.2256)
7	57.0464	1.0716	(54.5753; 59.5175)	(52.7663; 61.3265)
8	55.1249	1.0716	(52.6537; 57.5960)	(50.8447; 59.4050)
9	57.5787	1.0716	(55.1076; 60.0498)	(53.2986; 61.8588)
10	57.8040	1.0716	(55.3329; 60.2751)	(53.5239; 62.0841)

11	57.7266	1.0716	(55.2555; 60.1978)	(53.4465; 62.0068)
12	60.5244	1.0716	(58.0533; 62.9955)	(56.2443; 64.8045)
13	56.8271	1.0716	(54.3560; 59.2983)	(52.5470; 61.1072)
14	57.9455	1.0716	(55.4744; 60.4166)	(53.6654; 62.2256)
15	57.0464	1.0716	(54.5753; 59.5175)	(52.7663; 61.3265)
16	55.1249	1.0716	(52.6537; 57.5960)	(50.8447; 59.4050)



Al indicar un valor de significancia mayor a 0,05 (valor p) se concluye que las diferencias no son estadísticamente significativas.

