



TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO

INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE SANTIAGO PAPASQUIARO



REPORTE DE RESIDENCIA PROFESIONAL

“Determinación de pruebas de tratabilidad para valorar los parámetros físicos, químicos y biológicos de aguas residuales en una industria pastelera”

Presenta:

Erika Jazmin Carrasco Ortiz

Número de Control:

17010185

Empresa:

Ingeniería de Control Ambiental y Saneamiento S.A. de C.V.

Asesor Externo:

Ing. Omar Aguilar Carranza

Asesor Interno

M.C. Joel Díaz Martínez

Santiago Papasquiario, Dgo., México

Febrero 2022

AGRADECIMIENTOS

A la Academia de ingeniería Ambiental, mis profesores que estuvieron desde un inicio de mi carrera, para brindarme el conocimiento y enseñanza para poderme desarrollar como ingeniería ambiental, me es grato reconocerles su labor como profesores, siempre teniendo paciencia y compromiso con nuestro aprendizaje académico.

En especial agradezco al MC Joel Díaz Martínez por apoyarme en todo mi periodo de residencia profesional, brindándome sus conocimientos y consejos, siendo mi guía en todo el transcurso de mi proyecto profesional.

Al ingeniero Omar Aguilar Carranza gerente del área de ingeniería de la empresa Ingeniería de Control Ambiental y Saneamiento, por brindarme la oportunidad de desempeñarme como ingeniera ambiental en mi estadía de prácticas profesionales.

A mis padres, Efrén Carrasco Quiñonez y Delia Ortiz Martínez, por su apoyo incondicional a lo largo de mi vida. Agradezco la confianza que pusieron en mí en todo este proceso de mi educación, me fue sustancial las palabras de apoyo que me brindaron siempre, gracias a los dos infinitamente, su esfuerzo rindió frutos.

A mis hermanos, Efraín y Edgar Ricardo Carrasco Ortiz, mis mayores ejemplos a seguir, de que todo se puede lograr si se tiene el deseo y la confianza de crecer como persona, siempre me fue significativo aprender de ellos.

A Víctor Javier Chávez, por estar siempre conmigo, en especial en esta etapa de mi vida, agradezco el apoyo que me ha brindado siempre que lo necesito, gracias por creer en mí, me enseñaste a nunca rendirme.



A toda mi familia y seres queridos, por estar siempre ahí cuando los necesito, sus consejos me fueron muy importantes para crecer.

A mis abuelos que, aunque no están aquí presentes en mi vida, me ayudaron a forjarme como una persona de bien, siendo un claro ejemplo de que todo esfuerzo tiene recompensa por más difícil que parezca.

Finalmente, agradezco a mis amigos, aquellas personas que compartieron conmigo mis mismos sueños de ser una persona de éxito. A Mariela Martínez Ortiz, por estar siempre, por ser una amiga incondicional en cada etapa de mi vida, agradezco que haya estado en este proceso apoyándome, los desvelos fueron muchos, pero las motivaciones y ganas de crecer eran superiores siempre, gracias por compartir conmigo las mismas ganas de crecer profesionalmente.

Determinación de pruebas de tratabilidad para valorar los parámetros físicos, químicos y biológicos de aguas residuales en una industria pastelera.

Carrasco, O. E. J.¹

RESUMEN

Los estudios de tratabilidad en aguas residuales industriales permiten la reducción de los niveles de contaminantes, debido a que estos llegan a presentar un alto riesgo para los recursos hídricos y el suelo al ser desechados hacia un cuerpo receptor. El objetivo del presente proyecto es evaluar distintos métodos de tratabilidad con el fin de identificar y generar la mejor alternativa para el tratamiento de aguas residuales en una industria pastelera. Se analizaron los parámetros de calidad de pH, conductividad, temperatura, SST Y DQO a las muestras crudas de Crema, Mermelada, Compuesta (Crema y Mermelada), Chocolate y Compuesta (Crema y Mermelada), después se prosiguió a realizar las pruebas fisicoquímicas de tratabilidad, demostrando que la adición de NaOH al 5 % para el aumento de pH a 8, el clorhidróxido de aluminio como coagulante y el polímero aniónico al 3% como floculante eran las sustancias adecuadas de tratabilidad. Después de la prueba fisicoquímica, se obtuvo en la muestra de crema un pH de 5.64, 21.8 °C, 1,170 mg/L SST, 35,800 mg/L DQO y 3.44 mS de conductividad; de mermelada un pH de 6.16, 24.1 °C, 133 mg/L SST, 15,200 mg/L DQO y 1.41 mS de conductividad; compuesta (crema y mermelada) un pH de 6.84, 21.3 °C, 800 mg/L SST, 22,500 mg/L DQO y 2.04 mS de conductividad; chocolate un pH de 9.16, 23.7 °C, 8,400 mg/L SST, 39,650 mg/L DQO y 5.44 mS de conductividad y de la compuesta (chocolate y mermelada) un pH de 4.69, 23.3 °C, 7,700 mg/L SST, 24,980 mg/L DQO y 4.69 mS de conductividad. Se asume que estos análisis permitirán a la industria cumplir con un efluente de agua residual tratada que cumpla con la NOM-002-SEMARNAT-1996.

Palabras clave: análisis, parámetros de calidad y método.

1.Erika Jazmin Carrasco Ortiz. Instituto Tecnológico Superior de Santiago Papasquiaro, Dgo. Tel: (674) 862 19 87. erika.carrascortiz@gmail.com



Determination of treatability tests to assess the physical, chemical and biological parameters of wastewater in a pastry industry.

Carrasco, O. E. J.¹

ABSTRACT

Treatability studies in industrial wastewater allow the reduction of pollutant levels, since these come to present a high risk to water resources and the soil when they are discharged into a receiving body. The objective of this project is to evaluate different treatability methods in order to identify and generate the best alternative for wastewater treatment in a pastry industry. The quality parameters of pH, conductivity, temperature, SST and COD were analyzed in the raw samples of Cream, Jam, Composite (Cream and Jam), Chocolate and Composite (Cream and Jam), then the physicochemical tests of treatability, demonstrating that the addition of 5% NaOH to increase the pH to 8, aluminum chlorohydroxide as coagulant and 3% anionic polymer as flocculant were the suitable substances for treatability. After the physicochemical test, a pH of 5.64, 21.8 ° C, 1,170 mg / L SST, 35,800 mg / L COD and 3.44 mS of conductivity was obtained in the cream sample; of jam a pH of 6.16, 24.1 ° C, 133 mg / L TSS, 15,200 mg / L COD and 1.41 mS of conductivity; compound (cream and jam) a pH of 6.84, 21.3 ° C, 800 mg / L TSS, 22,500 mg / L COD and 2.04 mS of conductivity; chocolate a pH of 9.16, 23.7 ° C, 8,400 mg / L TSS, 39,650 mg / L COD and 5.44 mS of conductivity and of the compound (chocolate and jam) a pH of 4.69, 23.3 ° C, 7,700 mg / L TSS, 24,980 mg / L COD and 4.69 mS of conductivity. It is assumed that these analyzes will allow the industry to comply with a treated wastewater effluent that complies with NOM-002-SEMARNAT-1996.

Keywords: analysis, quality parameters and method.

1.Erika Jazmin Carrasco Ortiz. Instituto Tecnológico Superior de Santiago Papasquiaro, Dgo. Tel: (674) 862 19 87. erika.carrascortiz@gmail.com

ÍNDICE

1. Introducción.....	1
2. Descripción de la empresa.....	2
2.1 Misión	2
2.2 Visión.....	2
2.3 Área de ingeniería y proyectos	2
2.3.1 Rehabilitación y/u Optimización.....	2
2.3.2 Diseño	3
2.3.3 Construcción	3
2.3.4 Operación y Outsourcing.....	3
2.4 Acreditaciones	3
2.4.1 Entidad Mexicana de Acreditación (EMA).....	3
2.4.2 ISO-17025.....	3
2.5 Aprobaciones.....	3
2.6 Empresa Socialmente Responsable	3
2.7 Actividades en el área de trabajo.....	4
3. Problemas para resolver priorizandolos	6
4. Objetivos	7
4.1 Objetivo general.....	7
4.2 Objetivos específicos.....	7
5. Justificación.....	8
5.1 Ámbito ambiental	8
5.2 Ámbito ambiental y social	8
5.3 Económico.....	9
6.1 Marco teórico.....	10



6.1.1 Antecedentes	10
6.1.2 Marco de referencia.....	15
6.1.2.1 Aguas residuales	15
6.1.2.1.1 Problemática ambiental de las aguas residuales	15
6.1.2.1.2 Aguas residuales industriales.....	15
6.1.2.1.3 Aguas residuales de una industria de lácteos	15
6.1.2.2 Estudios de tratabilidad.....	16
6.1.2.2.1 Importancia de los estudios de tratabilidad	16
6.1.2.2.2 Caracterización de aguas residuales industriales	16
6.1.2.2.3 Pruebas de Jarras	17
6.1.2.2.4 Importancia de la variación de pH.....	17
6.1.2.2.5 Coagulación	18
6.1.2.2.6 Floculación.....	18
6.1.2.3 Plantas de tratamiento de Aguas Residuales	18
6.1.2.3.1 Impacto ambiental del tratamiento de aguas residuales	19
6.1.3 Bases legales	20
6.1.3.1 NOM 002-SEMARNAT-1996	20
6.1.3.1.1 Objetivo de aplicación.....	20
6.1.3.1.2 Especificaciones	20
6.1.3.1.3 Especificaciones	23
7. Procedimientos y descripción de las actividades realizadas	24
7.1 Área de estudio.....	24
7.2 Conducción del experimento	25
7.2.1 Preparación de soluciones	25
7.3 Diseño experimental	26



7.4 Descripción de variables.....	29
7.4.1 Medición de parámetros de calidad de agua cruda y tratada.....	29
7.4.2 pH.....	29
7.4.3 Temperatura.....	29
7.4.4 Conductividad	29
7.4.5 SST	30
7.4.6 DQO	30
7.5 Análisis estadístico	32
8.1 Resultados y discusión de resultados	33
8.1.1 Resultados del mejor tratamiento de muestra de agua residual de crema con respecto a la muestra cruda	33
8.1.2 Resultado de tratabilidad de muestra de agua residual de mermelada con respecto a la muestra cruda	37
8.1.3 Resultado de tratabilidad de muestra compuesta de agua residual de mermelada y crema con respecto a la muestra cruda con respecto a la muestra cruda	40
8.1.4 Resultado de tratabilidad de muestra de agua residual de chocolate con respecto a la muestra cruda	43
8.1.5 Resultado de tratabilidad de muestra compuesta de agua residual de chocolate y mermelada con respecto a la muestra cruda.....	46
8.1.5 Cantidad de DQO removida en cada tratamiento	49
9. Conclusiones.....	52
9.1 Recomendaciones y experiencia profesional.....	54
10. Competencias desarrolladas y/o aplicadas	55
11. Bibliografía	58
12. Anexos	62



12.1 Determinación de la mejor prueba de tratabilidad con la muestra de agua residual de crema	62
12.2 Tratabilidad de muestra de agua residual de mermelada	63
12.3 Tratabilidad de muestra de agua residual compuesta de crema y mermelada.	65
12.4 Tratabilidad de muestra de agua residual de chocolate	67
12.5 Tratabilidad de muestra de agua residual compuesta de chocolate y mermelada.....	68

Índice de ilustraciones

Ilustración 1. Vista satelital de Ingeniería de Control Ambiental y Saneamiento. ...	24
Ilustración 2. Laboratorio de tratabilidad del área de ingeniería	24
Ilustración 3. Tratabilidad de las muestras 3,4 y 6 de crema.....	62
Ilustración 4. Tratabilidad de las muestras filtradas 3, 4 y 6 de crema	62
Ilustración 5. Ajuste de pH.....	63
Ilustración 6. Formación del coagulante	63
Ilustración 7. Formación del floculante	64
Ilustración 8. Muestra tratada de mermelada	64
Ilustración 9. Ajuste de pH.....	65
Ilustración 10. Formación de coagulante.....	65
Ilustración 11. Formación del floculante	66
Ilustración 12. Ajuste de pH.....	67
Ilustración 13. Formación del coagulante	67
Ilustración 14. Formación del floculante	68
Ilustración 15. Ajuste de pH.....	68
Ilustración 16. Formación del coagulante	69
Ilustración 17. Formación del floculante	69
Ilustración 18. Carta de vinculación.....	70
Ilustración 19. Carta de aceptación	71
Ilustración 20. Carta de liberación	72
Ilustración 21. Carta de agradecimiento	73

Índice de tablas

Tabla 1. Límites máximos permisibles.....	20
Tabla 2. Identificación de la mejor prueba de tratabilidad en la muestra de crema.	26
Tabla 3. Cantidad de agregada de NaOH al 5%, Befloc ACH y polímero aniónico al 3% para las distintas pruebas de tratabilidad	27
Tabla 4. Cantidad de DQO removida en cada tratamiento.....	49
Tabla 5. Competencias desarrolladas.	55

Índice de gráficas

Gráfica 1. Resultados de pH de crema.....	34
Gráfica 2. Resultados de temperatura de crema.....	34
Gráfica 3. Resultados de SST de crema.....	35
Gráfica 4. Resultados de DQO.....	35
Gráfica 5. Resultados de conductividad.....	36
Gráfica 6. Resultados de pH de mermelada.....	37
Gráfica 7. Resultados de temperatura de mermelada.....	38
Gráfica 8. Resultados de SST de mermelada.....	38
Gráfica 9. Resultados de DQO de mermelada.....	39
Gráfica 10. Resultados de conductividad de mermelada.....	39
Gráfica 11. Resultados de pH compuesta (mermelada y crema).....	40
Gráfica 12. Resultados de temperatura compuesta (mermelada y crema).....	41
Gráfica 13. Resultados de SST compuesta (mermelada y crema).....	41
Gráfica 14. Resultados de DQO compuesta (mermelada y crema).....	42
Gráfica 15. Resultados de conductividad compuesta (mermelada y crema).....	42
Gráfica 16. Resultados de pH de chocolate.....	43
Gráfica 17. Resultados de temperatura de chocolate.....	44
Gráfica 18. Resultados de SST de chocolate.....	44
Gráfica 19. Resultados de DQO de chocolate.....	45
Gráfica 20. Resultados de conductividad de chocolate.....	45
Gráfica 21. Resultados de pH de compuesta (chocolate y mermelada).....	46
Gráfica 22. Resultados de temperatura de compuesta (chocolate y mermelada).....	47
Gráfica 23. Resultados de pH de SST (chocolate y mermelada).....	47
Gráfica 24. Resultados de DQO de compuesta (chocolate y mermelada).....	48
Gráfica 25. Resultados de conductividad de compuesta (chocolate y mermelada).....	48

1. INTRODUCCIÓN

Es importante destacar la importancia de realizar prácticas profesionales dentro de una industria, de esta manera se permite estar en escenarios reales, relacionados con la práctica del rol profesional a desempeñar, posibilitando la adquisición de conocimientos, habilidades y competencias necesarias para el ejercicio profesional. Las prácticas profesionales se convierten así en una situación de aprendizaje, logrando una experiencia personal y profesional.

Un ingeniero ambiental será el encargado de contribuir a la conservación y preservación de los recursos naturales. Razones primordiales para realizar dentro de la estadía de prácticas profesionales en Ingeniería de Control Ambiental y Saneamiento, debido a que se pretende realizar acciones benéficas que permitan disminuir el daño medioambiental de las aguas residuales en una industria.

El tratamiento de las aguas residuales industriales requiere la reducción de los niveles de contaminantes, porque estas llegan a presentar un alto riesgo para los recursos hídricos y el suelo. Por tal motivo, las aguas residuales de una industria pastelera llegan a cumplir con las características necesarias para considerar el control y monitoreo, puesto que los impactos ambientales generados llegan a ser de gran cantidad al ser desechados. Dentro de la operación de la industria de lácteos los principales aportes de material orgánico a las aguas residuales se dan durante pérdidas que ocurren dentro de los procesos de obtención de los productos y el lavado de los diferentes equipos utilizados para la producción de los distintos productos. Ese aporte tiene el potencial de afectar principalmente los parámetros del agua en uso, como el pH, DQO, y los sólidos totales disueltos. Por ello se pretende realizar distintas pruebas de tratabilidad a las descargas generadas con el fin de buscar disminuir los parámetros críticos, mejorando la calidad del afluente, teniendo en cuenta el costo, la eficiencia, la factibilidad, logrando disminuir el impacto ambiental generado en los vertimientos por la contaminación del agua.



2. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

Fue fundado en 1987 por el Ing. Gabriel Trujillo Castellanos, con la finalidad de proveer servicios basados en ingeniería de vanguardia, la demanda de nuevas regulaciones ambientales permite el surgimiento del Laboratorio Acreditado en Aguas y Aguas Residuales, bajo la Certificación ISO-17025.

Con esto la empresa amplía sus ramas a áreas de Alimentos, Emisiones a la Atmósfera, Estudios Laborales y Gestoría Ambiental.

Actualmente se han construido más de 200 Plantas de Tratamiento de Agua y Agua Residual. Colaborando con más de 400 industrias y comercios líderes en su ramo, en los servicios de control de contaminación, a través del Laboratorio Acreditado. Logrando ser una empresa especialista en aguas residuales y plantas de tratamiento trabajando para el sector industrial, comercial y en general del país.

2.1 Misión

Prolongar y mejorar la calidad de vida, mediante acciones y soluciones para reducir y controlar la contaminación del medio ambiente.

2.2 Visión

Liderazgo e innovación a nivel nacional, en la aplicación de sistemas para prevenir la contaminación, mediante proyectos de desarrollo sustentable.

2.3 Área de ingeniería y proyectos

La tecnología soportada por especialistas, laboratorios de investigación, y gran desarrollo de ingeniería, han permitido lograr el tratamiento de agua residual, complementando la experiencia en materia ambiental en cualquier rama.

2.3.1 Rehabilitación y/u Optimización

Optimizan y/o rehabilitan la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales existente, considerando siempre el cumplimiento de la normatividad y eficiencia de los costos.

2.3.2 Diseño

En esta área se dedican a realizar pruebas para proponer la ingeniería y tecnología necesaria para la planta de tratamiento de acorde a las necesidades requeridas por la industria.

2.3.3 Construcción

Se lleva a cabo la realización de obra civil, hidráulica, eléctrica, equipamiento y puesta en marcha de su Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.

2.3.4 Operación y Outsourcing

Suministro de personal capacitado para la operación de Plantas de Tratamiento de Agua Residual, así como químicos y equipos, para la correcta operación de su Planta de Tratamiento de Agua Residual.

2.4 Acreditaciones

2.4.1 Entidad Mexicana de Acreditación (EMA)

Acreditación ante EMA, permitiendo el correcto manejo de muestras y análisis de aguas residuales y planta de tratamiento.

2.4.2 ISO-17025

Laboratorio Acreditado en Aguas y Aguas Residuales, bajo la Certificación ISO-17025.

2.5 Aprobaciones

Ingeniería de Control Ambiental y Saneamiento S.A. de C.V. tiene aprobación por parte de PROFEPA y CONAGUA para poder realizar diversas pruebas de laboratorio de calidad de agua

2.6 Empresa Socialmente Responsable

Comprometida con:

- Establecer los principios y compromisos de Ingeniería de Control Ambiental y Saneamiento S.A. de C.V. con las comunidades donde opera, así como establecer los lineamientos de comportamiento para promover un entorno de bienestar social en las mismas.

- Establecer los principios y directrices a seguir para garantizar el cumplimiento de responsabilidades con los clientes de Ingeniería de Control Ambiental y Saneamiento S.A. de C.V.
- Establecer los lineamientos de Ingeniería de Control Ambiental y Saneamiento S.A. de C.V. para la implementación transversal de las prácticas socialmente responsables.
- Establecer los principios y directrices a seguir en materia ambiental, para garantizar la protección de los entornos en donde las labores de Ingeniería de Control Ambiental y Saneamiento S.A. de C.V. tengan implicaciones, con el fin de conservar las condiciones ambientales en equilibrio con las necesidades socioeconómicas.
- Formalizar el compromiso de Ingeniería de Control Ambiental y Saneamiento S.A. de C.V. con los derechos laborales reconocidos en la legislación nacional y en los principios rectores de la empresa para lograr un bienestar y calidad de vida laboral en sus colaboradores.

Dirección: 14 ORIENTE, 4017, AMERICA SUR, PUEBLA, PUE, C.P. 72340.

2.7 Actividades en el área de trabajo

En Ingeniería de Control Ambiental y Saneamiento, dentro del área de ingeniería, dentro de mis funciones esta realizar diversas cotizaciones a distintos proveedores tanto de herramienta, material eléctrico, equipos, tornillería, reactivos, refacciones, mano de obra, mantenimiento, servicio o alguna fabricación, todo esto con la función de realizar distintas requisiciones que son pasadas al área de compras, especificando el motivo de la solicitud de la compra, la obra a la se ejecutaría y el presupuesto total de la compra, mismas fueron necesarias en distintas obras de plantas de tratamiento que se estaban ejecutando para su construcción, así como también de las que se estaban en operación y outsourcing y requieren de algún material en específico para su posterior funcionamiento.

De la misma manera, participaba en reuniones semanales que se tenían todos los lunes con el área de compras de la empresa, tratando temas de importancia de las



diferentes plantas de tratamiento que se estaban construyendo, así como también las que se tenían en operación y outsourcing.

Por otra parte, en el laboratorio, como parte de las actividades del área de ingeniería y de sus actividades de operación y outsourcing, para inicios como finales (lunes y viernes) se traían pequeñas cantidades de muestra de las diferentes plantas de tratamiento, tanto del influente como del efluente de las PTAR, mismas que se realizaban parámetros de control como lo eran la determinación de pH, conductividad, temperatura, sólidos suspendidos totales y demanda química de oxígeno, permitiendo observar y comparar los resultados obtenidos, para después elaborar reportes mensuales que eran enviados a las diferentes plantas de tratamiento con la finalidad de que se enteraran del buen funcionamiento de su PTAR y en caso de ocurrir algún inconveniente, proponer la solución a la problemática que se pudiera presentar con respecto a lo obtenido.

Así como también, se traían muestras de aguas residuales industriales de diferentes empresas, con la finalidad de realizar pruebas de tratabilidad, realizando pruebas fisicoquímicas, filtraciones por membrana y pruebas de lodos activados, que tenían la función de ver la remoción de materia orgánica, de la muestra original con respecto de la tratada, donde dicho parámetro al igual que la temperatura, pH, conductividad y sólidos suspendidos, servían de apoyo para realizar una propuesta de planta de tratamiento, de acuerdo a las características específicas de cada empresa.



3. PROBLEMAS PARA RESOLVER PRIORIZANDOLOS

Es primordial contar con agua de forma permanente, con la calidad y cantidad requerida, es un factor importante dentro de los costos financieros de una empresa. Una planta de tratamiento de agua ofrece beneficios en la sustentabilidad de la empresa a lo largo del tiempo, por medio del aprovechamiento de agua residual y la liberación segura de desechos generados de su efluente.

Por tal motivo, para poder garantizar un efluente de agua residual tratada que cumpla con las condiciones de descarga acorde a la normativa mexicana vigente la NOM-002-SEMARNAT-1996, se considerara la ejecución de una serie de pruebas de tratabilidad, con el objetivo de determinar que el proceso seleccionado para restaurar el agua residual sea realmente el adecuado para la planta de tratamiento. De esta manera se orientará de manera más eficiente la calidad de agua residual que se estará recibiendo en la PTAR, así como la capacidad real del sistema de tratamiento de aguas residuales.

4. OBJETIVOS

4.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar distintos métodos de tratabilidad con el fin de identificar y generar la mejor alternativa para el tratamiento de aguas residuales en una industria pastelera.

4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar diferentes análisis de tratabilidad a las aguas residuales a los distintos procesos de la industria pastelera.
- Analizar cual tratamiento es más apto y eficaz para la industria.
- Comprobar que el agua residual tratada cumpla con las condiciones de descarga acorde a la normativa mexicana vigente de la NOM-002-SEMARNAT-1996.
- Identificar la cantidad de demanda química de oxígeno que es removida después del tratamiento.

5. JUSTIFICACIÓN

En Ingeniería de Control Ambiental y Saneamiento S.A. de C.V. en el área de ingeniería se lleva a cabo el tratamiento y construcción de plantas de tratamiento de aguas residuales con el fin de garantizar la depuración de materia orgánica, logrando reducir la carga contaminante que se llega a generar en diversos sectores industriales. Todo proyecto debe ser avalado por procesos de veracidad que logren obtener el resultado esperado y es por ello por lo que se efectuara a nivel laboratorio procesos de remoción para cada contaminante reactante.

Por tal motivo es primordial llevar a cabo pruebas de tratabilidad, pues estas permiten experimentalmente valorar parámetros físicos, químicos y biológicos; los cuales ayudan a comprobar y a determinar el proceso adecuado para restaurar el agua residual y que esta sea realmente la adecuada para una planta de tratamiento.

5.1 Ámbito ambiental

De manera particular, se realizarán pruebas de tratabilidad a una industria pastelera misma que llega a generar aguas residuales de la elaboración de mermelada y crema chantillí y chocolate, por tal motivo se buscara el tratamiento más adecuado para esta industria con el fin de poder determinar los parámetros de diseño, las dosis precisas de insumos, así como el tamaño y tipo de las diferentes unidades que conforman una planta de tratamiento de aguas residuales, logrando tener un efluente de agua residual tratado que cumpla con las condiciones de descarga acorde a la normativa mexicana vigente de la NOM-002-SEMARNAT-1996.

5.2 Ámbito ambiental y social

Las descargas de aguas residuales sin previo tratamiento afectan a la flora y fauna que está alrededor de los mantos acuíferos y a todas las personas que se benefician de estos. Sin contar que los elementos contaminantes que llevan consigo las aguas residuales también afectan al suelo y subsuelo, haciendo que el agua subterránea también se contamine. Si bien la realización de pruebas de tratabilidad en esta industria garantizara un efluente de la PTAR con características medioambientales aptas para su descarga, de esta forma, no se afectará a las zonas aledañas al lugar,



ya que se garantizará que el proceso que recibe el agua contaminada en esta planta ayudará a que este recurso pueda regresar a ríos, mares o lagos sin ningún contaminante que ponga en peligro la vida animal y la salud de las personas.

5.3 Económico

Si bien el costo de la realización de una planta de tratamiento es algo elevado a corto plazo, este a largo plazo garantizará evitar sanciones, puesto que, al no realizar el tratamiento de aguas industriales a las fuentes hídricas serán multados a partir de la medición de la cantidad de sustancias descargadas, que es lo que impacta en la calidad del agua, y no durante el proceso de tratamiento.

Tratar el agua, es decir, quitarle los elementos contaminantes que allí quedaron después de usarla por primera vez, necesariamente significa un ahorro para la industria pastelera. Una eficiente depuración permitirá a futuro el aprovechamiento de las aguas.

Por tal motivo, se tendrá un impacto positivo sobre la imagen de la marca, siendo este un comportamiento responsable con el medio ambiente y el entorno, algo que sin duda será valorado positivamente por los clientes y la sociedad en general.

6.1 MARCO TEÓRICO

6.1.1 ANTECEDENTES

(Rivas, 2011) realizó una evaluación del potencial de uso de las sustancias químicas extraídas de la pulpa del fique (*Furcraea macrophylla*), como mejorador de los procesos de tratamiento de las aguas residuales urbanas e industriales, como inhibidor de olores y como catalizador en la recuperación de cuerpos de agua degradados por procesos de hiper-eutrofización. Por tal motivo se efectuaron pruebas de tratabilidad en un equipo de ensayo de jarras empleando, como variables de control, los parámetros de color, turbiedad, DQO, pH y sólidos disueltos totales. Logrando demostrar que los efluentes analizados contienen bajas concentraciones de sólidos, se obtuvieron mejoras promedio, respecto del uso del coagulante, del 17% en remoción de color, 28% en turbiedad y del 11% en abatimiento de DQO, empleando combinaciones de 20 mg/L de cloruro férrico hexahidrato como coagulante, y 5 mg/L de extracto de hojas de fique, como coadyuvante, a un pH de 4,62. De esta manera se comprobó que el uso del extracto de hojas de fique, como coadyuvante de coagulación de efluentes de industria de pastelería, permite una remoción media, estadísticamente significativa de 17% en los valores de color, 28% en los valores de turbiedad y 11% en los de DQO, estimados sobre los valores conseguido.

(Rivera, 2020) en Cota, Cundinamarca, debido a que la empresa FOOD & DRINKS ALIMENTOS SAS carece de un sistema para el tratamiento de aguas. Realizó un estudio físico químico y económico para establecer cada uno de los equipos y reactivos a utilizar y disminuir el impacto ambiental que se había generado. Pudiendo determinar un balance hídrico de un vertimiento diario al alcantarillado de 2,5 m³/diarios de agua industrial residual. Habiendo realizado la caracterización correspondiente al agua residual por el laboratorio QUIMICONTROL se especificaron los principales parámetros expuestos en la Resolución que no se encuentran dentro del límite permitido, estos son: pH, DBO5, DQO, grasas y aceites. Por ello se pretendió garantizar el cumplimiento de los parámetros expuestos, empleando las siguientes metodologías: Trampa de grasas, DAF, filtro de arena y

filtro de carbón; permitiendo así que cada uno de los parámetros se cumplieran. Se estableció cada uno de los valores a la salida del sistema del tratamiento de aguas residuales por medio del balance de cargas de forma teórica, teniendo en cuenta la eficiencia de cada equipo.

(Ruiz, 2007) realizó un tratamiento de aguas residuales de una industria láctea, permitiendo analizar la aplicación de electrocoagulación como tratamiento de las aguas residuales de la industria láctea, dicho tratamiento consistió en un diseño experimental factorial $3 \times 2 \times 3$, de esta manera se realizó una prueba de tamizado consistente en la observación del comportamiento de diferentes variables fisicoquímicas en el medio acuoso recolectando información a priori que permitiera determinar los valores de corriente eléctrica, distancia entre electrodos, tiempo de exposición al tratamiento y pH que llevan a tratamientos de electrocoagulación más eficientes para ser tenidos en cuenta en el diseño experimental. Las variables que se consideraron como factores para el diseño experimental fueron: densidad de corriente eléctrica (J), pH inicial del agua residual y tiempo de tratamiento (min); manteniendo como electrodo de sacrificio al hierro (ánodo) y como cátodo el aluminio. El diseño experimental utilizado en la investigación es un diseño factorial de tres factores (pH, densidad de corriente y tiempo), completamente al azar. Los niveles para cada uno de estos factores se consignan en la Tabla 1. Para cada uno de los experimentos se realizaron cuatro repeticiones. Las variables de respuesta fueron el porcentaje de remoción de DQO y el de grasas y aceites. La DQO fue corregida por las interferencias de hierro. De esta manera se comprobó la eficiencia a variaciones de pH, densidad de corriente y tiempo de tratamiento, las variables de respuesta medidas fueron porcentajes de remoción de DQO y grasas y aceites. Logrando remociones de DQO del 94 % y la de grasas y aceites del 99 % a pH ácido y a tiempo de tratamiento de 15 minutos.

(Fonseca, 2015) en su investigación “Diseño de un sistema de tratamiento de aguas residuales de las líneas del proceso en la planta de lácteos paraíso del Cantón Salcedo” logrando cumplir con la normativa ambiental de descarga de efluentes que



es exigida a las industrias del país. Mediante la caracterización de las muestras se permitió identificar a los siguientes parámetros que se encuentran fuera del rango permisible en la Norma de Calidad Ambiental de Descarga de Efluentes, encontrando valores altos de Demanda química de oxígeno, Demanda bioquímica de oxígeno, Aceites y grasas, Fósforo total, Nitrógeno total, Sólidos suspendidos y Sólidos totales. Se efectuó pruebas de tratabilidad para un efluente con alta carga de materia orgánica biodegradable mediante un sistema biológico, aquel que promueve la descomposición de dicho material orgánico. Por último, se dimensionaron los equipos respectivos para el sistema de tratamiento de acuerdo con los resultados obtenidos de la degradación biológica del efluente teniendo: Canal, Rejas, Trampa de grasa, Tanque de aireación y Sedimentador secundario. El caudal medido por 7 días consecutivos mediante el método volumétrico identificándose como caudal promedio: 1,93 m³/h. La validación se evidencia mediante la caracterización del agua residual obtenida después del ensayo de tratabilidad, así los porcentajes de remoción de los parámetros son: Demanda química de oxígeno 96,7%, Demanda bioquímica de oxígeno 96,9%, Aceites y grasa 94,3%, Fósforo total 93,5%, Nitrógeno total 90,5 %, Sólidos suspendidos 94,0% y Sólidos totales 59,6%. Lácteos Paraíso con este sistema de tratamiento propuesto cumplirá con la legislación ambiental para descarga al alcantarillado público. Se recomienda limpieza periódica de equipos y colocación de los lodos formados en eras de secado para su disposición final.

(Humberto, 2007) realizó una tratabilidad en donde se evaluó las aguas residuales generadas en talleres de lavado y engrasado mediante una separación del aceite por gravedad y una desemulsificación química, para ello se determinó el efecto que tienen el sulfato de aluminio, el cloruro férrico y los polímeros servical P y servican 50 en la remoción de aceite emulsificador, DQO total, sólidos, turbiedad y SAAM (surfactantes). A nivel laboratorio, con una prueba de jarras se efectuó la coagulación en dos etapas de mezclado (rápido y lento). La primera de ellas a una velocidad de 200 rpm por un tiempo de 2 minutos y la segunda con una duración de 15 minutos a 20 rpm. El tiempo de sedimentación de los flóculos formados fue de 20 minutos. También se llevó a cabo una caracterización de las aguas de desecho



generadas en los talleres y una evaluación del desempeño de un separador convencional piloto construido en un taller de lavado y engrasado de Toluca para determinar la eficiencia de esta unidad antes de que se llegue a aplicar un tratamiento de coagulación. Las aguas residuales que provienen directamente del lavado tuvieron marcadas diferencias en grasas y aceites, DQO total, sólidos totales y turbiedad con rangos entre 1344 a 4855 mg/L, 2940 a 8350 mg/L, 3994 a 7329 mg/L y 1490 a 3770 UNT, respectivamente. El separador convencional piloto logró reducir, en promedio, las grasas y aceites de 953 mg/L a 143 mg/L, los sólidos suspendidos de 3844 mg/L a 421 mg/L y la DQO de 5149 mg/L a 1071 mg/L que representa un porcentaje de remoción de 80%, 88% y 74%, respectivamente, sin embargo, el promedio resultante de las concentraciones de aceite en el efluente de esta unidad no cumple con el límite permisible (100 mg/L) de la norma mexicana NOM-002-ECOL-1996. En las pruebas de jarras las remociones máximas de grasas y aceites logradas en los cuatro distintos talleres de lavado fueron: 96%, 80%, 94%, 92% con cloruro férrico; 93%, 87%, 93%, 93% con sulfato de aluminio; 95%, 89%, 92%, 92% con servical P y 87%, 74%, 74%, 88% con servican 50. Por otra parte, las eficiencias de remoción de la DQO fueron: 70%, 66%, 78%, 82% con el cloruro férrico; 75%, 66%, 81%, 83% con el sulfato de aluminio; 81%, 64%, 70%, 82% con el servical P y 72%, 61%, 83%, 78% con el servican 50. Estas eficiencias se alcanzan con dosis situadas dentro de los intervalos siguientes: 300-600 mg/L, 350-650 mg/L, 125-425 mg/L y 125-425 mg/L con el cloruro férrico, el sulfato de aluminio, el servical P y el servican 50, respectivamente. El valor de pH del agua tratada disminuyó con el sulfato de aluminio (4.6) y con el cloruro férrico (3.1-3.5), mientras que los polímeros lo dejaron prácticamente inalterado conduciendo a valores entre 7.2 y 7.6 con el servical P y entre 7.7 y 8 con el servican 50. El tratamiento con sulfato de aluminio a un pH inicial (original del agua) de 7.98 produjo una remoción de grasas y aceites, turbiedad y DQO total de 88%, 90% y 71%, respectivamente, y cuando fue controlado a un valor de 6.5 con una solución de NaOH, se alcanzaron las siguientes eficiencias de remoción: 91%, 99% y 77%, respectivamente. Los rangos de volumen de lodo producido en las pruebas de jarras (en mL/L) en los cuatro distintos talleres de lavado fueron: 80-100, 70-90, 180-200,



80–110 con el cloruro férrico; 75–110, 80–100, 170–200, 80–100 con el sulfato de aluminio; 90–110, 70–90, 150–190, 75–95 con el servical P y 30–40, 30–40, 50–60, 30–40 con el servican 50. El coagulante servical P fue el mejor logrando, en promedio, eficiencias de remoción de 92%, 76%, 95% y 97% en los parámetros de grasas y aceites, DQO total, sólidos suspendidos y turbiedad. Adicionalmente, este polímero no produjo cambios significativos en el pH respecto a los valores iniciales del agua cruda. El tratamiento con el servical P de las aguas residuales de los 4 talleres evaluados produjo, en promedio, una concentración residual de 27 mg/L y 266 mg/L de grasas y aceites y DQO total, respectivamente, y una turbiedad residual de 38 UNT. Lo que muestra que un tratamiento de coagulación (desemulsificación) permitiría alcanzar los límites dictados por la norma NOM–002–ECOL–1996 antes de la descarga al alcantarillado de las aguas residuales de talleres de lavado y engrasado. Es más, la calidad del agua que se obtiene con este tipo de tratamiento permitiría su reusó en el lavado de, por lo menos, los chasis de los vehículos automotores. Por otra parte, un reusó no restringido necesitaría un tratamiento adicional para reducir aún más la DQO total residual.

6.1.2 MARCO DE REFERENCIA

6.1.2.1 Aguas residuales

Las aguas residuales son consideradas como cualquier tipo de agua cuya calidad está afectada negativamente por la influencia antropogénica. Se trata de agua que no tiene valor inmediato para el fin para el que se utilizó ni para el propósito para el que se produjo debido a su calidad, cantidad o al momento en que se dispone de ella (IAGUA, 2017).

6.1.2.1.1 Problemática ambiental de las aguas residuales

La descarga de aguas residuales domésticas, industriales, agrícolas y pecuarias sin tratamiento provoca la contaminación de los cuerpos de agua receptores disminuyendo la calidad de las aguas superficiales y subterráneas, poniendo en riesgo la salud de la población y la integridad de los ecosistemas (SEMARNAT, 2013).

6.1.2.1.2 Aguas residuales industriales

Las aguas industriales son originadas en instalaciones comerciales e industriales por sus procesos de fabricación, producción, transformación, consumo, limpieza o mantenimiento. Muchas industrias generan grandes cantidades de aguas debido a sus procesos, destacando las empresas de los siguientes sectores: sector textil, agroindustrial, químico, farmacéutico, de automoción, papelería o de alimentos. Una de las cosas más importantes para tener en cuenta cuando hablamos de las aguas residuales es que cada una, dependiendo de la industria en particular y dependiendo de sus procesos productivos, presentará unas características u otras. Nunca existirán aguas iguales. Esto quiere decir que podemos encontrar unos contaminantes en unas aguas, mientras que en otras no: por tanto, es primordial una correcta caracterización de estas (Recytrans, 2015).

6.1.2.1.3 Aguas residuales de una industria de lácteos

En primer lugar, los procesos de limpieza de equipos, de restos de leche, lactosuero o aguas de refrigeración, producen gran cantidad de aguas residuales con altas cargas contaminantes. Dichas aguas contienen una alta proporción de materia

orgánica (DQO y DBO elevadas), junto con aceites, grasas y nitratos, que constituyen un considerable peligro para el medio ambiente. Por tal motivo, una planta de tratamiento para efluentes lácteos requiere ser diseñada básicamente para reducir los niveles contaminantes de parámetros tales como: DBO5, aceites y grasas, sólidos suspendidos, y para corregir el pH del efluente. A pesar de la variabilidad en los parámetros de vertido, se puede considerar unos sistemas básicos de control y de pretratamiento que se adapten a las características generales de los vertidos y que puedan servir de orientación para que las empresas desarrollen unos sistemas más específicos y adecuados a los efluentes que generan. Para evitar la contaminación de los cuerpos receptores de estas aguas, existen diversos tipos de soluciones para el Tratamiento de Aguas Residuales en Industria de Lácteos (CONDORCHEM ENVITECH, 2018).

6.1.2.2 Estudios de tratabilidad

6.1.2.2.1 Importancia de los estudios de tratabilidad

Los análisis que se realizan en un laboratorio de aguas tienen como propósito conocer la composición del agua, es decir, el tipo y cantidad de sustancias que esta contiene bien sea en solución o en suspensión. Existen, sin embargo, otros tipos de ensayos frecuentes en los laboratorios de aguas, cuyos propósitos son diferentes. Las pruebas de tratabilidad permiten conocer los valores de ciertos parámetros necesarios para el tratamiento del agua en las plantas de depuración (SMAC, 2018). Las pruebas de tratabilidad permiten determinar los parámetros de diseño, las dosis precisas de insumos, así como el tamaño y tipo de las diferentes unidades que conforman una planta de tratamiento de agua (SIHSA, S.F.).

6.1.2.2.2 Caracterización de aguas residuales industriales

Cuando se habla de caracterizar un agua residual, lo usual es realizar un análisis fisicoquímico, el cual dependerá del tipo de agua en estudio. Midiendo el impacto ambiental que tendría el agua o el saber si cumple normas sobre vertimientos; Identificando y cuantificando los contaminantes para propósitos de diseñar un sistema de tratamiento y/o en el caso de tratamiento de aguas residuales industriales, conocer el impacto que tendrían sobre la calidad del efluente final los



distintos afluentes de aguas residuales. generados en los procesos de manufactura, y, de esta manera considerar una potencial segregación de corrientes. Las aguas residuales industriales tienen una composición y características mucho más amplia, que dependen del tipo de industria que las genere. Su caracterización debe ser más completa. Cada agua residual industrial tiene “identidad propia”. En muchos casos los tratamientos físicos y fisicoquímicos pueden ser más prioritarios que procesos biológicos (Gil, 2020).

6.1.2.2.3 Pruebas de Jarras

La prueba de jarras son un ensayo de laboratorio que permite simular las etapas de coagulación – floculación para realizar dicha selección de los químicos adecuados y obtener una determinada calidad de agua final. La obtención de agua tratada con determinadas características fisicoquímicas se logra a través de la implementación de procesos de clarificación, desinfección, estabilización química y control de parámetros organolépticos. Dichos procesos fisicoquímicos están dados por la coagulación y la floculación, siendo estas dos etapas las más importantes en la clarificación del agua. La coagulación se lleva a cabo mediante la adición de químicos coagulantes que generan desestabilización de los coloides y, posteriormente, el químico floculante aglutina los sólidos en suspensión desestabilizados, aumentando su peso y provocando su precipitación. La selección de la clase y cantidad de químicos coagulante y floculante a dosificar en el proceso de clarificación, se determina mediante un estudio de afinidad química, en el cual, se debe tener en cuenta la calidad del agua de alimentación y la calidad final requerida (Disin S.A., 2019).

6.1.2.2.4 Importancia de la variación de pH

El pH es la variable más influyente en el proceso de coagulación, dado que si este se desarrolla fuera del rango de pH se disminuye la solubilidad del coagulante en el agua y se van a requerir concentraciones más altas del mismo, además tomará mayor tiempo para la formación del floculo, se agrega Ácido Sulfúrico o Hidróxido de Sodio, dependiendo del valor de pH que se quiere analizar (Dominguez, 2010).

6.1.2.2.5 Coagulación

El clorhidróxido de aluminio funciona coagulante versátil con grado alimenticio y además se garantiza que siempre tendrá la misma calidad, por lo cual puede utilizarse en potabilizadoras y plantas de tratamiento de aguas residuales. De acuerdo con sus características de concentración de alúmina logra una alta remoción de color y turbiedad a bajas dosis de dosificación, además de generar menor volumen de lodo residual.

También tiene la ventaja de que puede trabajar de forma correcta a diferentes PH y esto evita en la mayoría de los casos la necesidad de ajustar este parámetro, además de que este producto no es abrasivo por esto no daña los medios de almacenamiento, tampoco las bombas de dosificación y los aditamentos de canalización (Corporativo Integral del Ambiente, S.A. de C.V., 2019).

6.1.2.2.6 Floculación

Los polímeros floculadores no iónicos y aniónicos pueden ser utilizados como floculantes o ayudantes de filtración. Cuando son utilizados como floculantes, reducen los residuos que podrían quedar después de la coagulación, como en el caso de la adición de sales de aluminio en exceso y que quedan suspendidas en un agua con poca turbiedad. Estos polímeros son adicionados a las aguas durante la mezcla rápida después de la adición del coagulante. Este procedimiento permite dispersar de manera uniforme el polímero, después se debe bajar la velocidad para que empiece la etapa de floculación (Arreola, 2015).

6.1.2.3 Plantas de tratamiento de Aguas Residuales

Las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR), son una herramienta muy importante que permiten la recuperación de aguas residuales provenientes del uso doméstico o industriales, mediante un proceso fisicoquímico que tienen como finalidad eliminar los contaminantes presentes en el agua utilizada.

El tratamiento de las aguas residuales da como resultado la eliminación de microorganismos patógenos, evitando así que estos microorganismos lleguen a ríos o a otras fuentes de abastecimiento. Una vez tratadas, las aguas residuales pueden utilizarse para reemplazar el agua dulce para riego, procesos industriales o fines

recreativos. También pueden usarse para mantener el flujo ambiental, y los productos derivados de su tratamiento pueden generar energía y nutrientes (ANDINA, 2017).

6.1.2.3.1 Impacto ambiental del tratamiento de aguas residuales

Para poder dar una disposición correcta de las aguas residuales se les debe someter a diferentes tratamientos de depuración que permitan remover, eliminar o transformar esos componentes indeseados para poder descargarlas de forma segura a los cuerpos de agua (ríos, lagos, mares). Estos componentes se les denominan contaminantes del agua y deben ser removidos. Los contaminantes principales presentes en las aguas residuales son de naturaleza física, química y biológica (Pire, 2019).

Una vez tratadas, las aguas residuales pueden utilizarse para reemplazar el agua dulce para riego, procesos industriales o fines recreativos. También pueden usarse para mantener el flujo ambiental, y los productos derivados de su tratamiento pueden generar energía y nutrientes (Banco Mundial, 2020).

6.1.3 BASES LEGALES

6.1.3.1 NOM 002-SEMARNAT-1996

NOM-002-SEMARNAT-1996, Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado, se publicó en el Diario Oficial de la Federación el 9 de enero de 1997.

6.1.3.1.1 Objetivo de aplicación

Esta Norma Oficial Mexicana establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal con el fin de prevenir y controlar la contaminación de las aguas y bienes nacionales, así como proteger la infraestructura de dichos sistemas, y es de observancia obligatoria para los responsables de dichas descargas. Esta Norma no se aplica a la descarga de las aguas residuales domésticas, pluviales, ni a las generadas por la industria, que sean distintas a las aguas residuales de proceso y conducidas por drenaje separado.

6.1.3.1.2 Especificaciones

Los límites máximos permisibles para contaminantes de las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal no deben ser superiores a los indicados en la norma. Para las grasas y aceites es el promedio ponderado en función del caudal, resultante de los análisis practicados a cada una de las muestras simples.

Tabla 1. Límites máximos permisibles.

PARAMETROS (miligramos por litro, excepto cuando se especifique otra)	PROMEDIO MENSUAL	PROMEDIO DIARIO	INSTANTÁNEO
Grasas y aceites	50	75	100
Sólidos sedimentables (mililitros por litro)	5	7.5	10

Arsénico total	0.5	0.75	1
Cadmio total	0.5	0.75	1
Cianuro total	1	1.5	2
Cobre total	10	15	20
Cromo hexavalente	0.5	0.75	1
Mercurio total	0.01	0.015	0.02
Níquel total	4	6	8
Plomo total	1	1.5	2
Zinc total	6	9	12

Los límites máximos permisibles establecidos en la columna instantáneo son únicamente valores de referencia, en el caso de que el valor de cualquier análisis exceda el instantáneo, el responsable de la descarga queda obligado a presentar a la autoridad competente en el tiempo y forma que establezcan los ordenamientos legales locales, los promedios diario y mensual, así como los resultados de laboratorio de los análisis que los respaldan.

El rango permisible de pH (potencial hidrógeno) en las descargas de aguas residuales es de 10 (diez) y 5.5 (cinco puntos cinco) unidades, determinado para cada una de las muestras simples. Las unidades de pH no deberán estar fuera del intervalo permisible, en ninguna de las muestras simples.

El límite máximo permisible de la temperatura es de 40°C. (cuarenta grados Celsius), medida en forma instantánea a cada una de las muestras simples. Se permitirá descargar con temperaturas mayores, siempre y cuando se demuestre a la autoridad competente por medio de un estudio sustentado, que no daña al sistema de este.

La materia flotante debe estar ausente en las descargas de aguas residuales, de acuerdo al método de prueba establecido en la Norma Mexicana NMX-AA-006, referida en el punto 2 de esta Norma Oficial Mexicana.

El límite máximo permisible para los parámetros demanda bioquímica de oxígeno y sólidos suspendidos totales, que debe cumplir el responsable de la descarga a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal, son los establecidos en la Tabla 2 de la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEMARNAT-1996 referida en el punto 2 de esta Norma, o a las condiciones particulares de descarga que corresponde cumplir a la descarga municipal.

El responsable de la descarga de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal que no dé cumplimiento a lo establecido, podrá optar por remover la demanda bioquímica de oxígeno y sólidos suspendidos totales, mediante el tratamiento conjunto de las aguas residuales en la planta municipal, para lo cual deberá de:

- Presentar a la autoridad competente un estudio de viabilidad que asegure que no se generará un perjuicio al sistema de alcantarillado urbano o municipal.
- Sufragar los costos de inversión, cuando así se requiera, así como los de operación y mantenimiento que le correspondan de acuerdo con su caudal y carga contaminante de conformidad con los ordenamientos jurídicos locales aplicables.

No se deben descargar o depositar en los sistemas de alcantarillado urbano o municipal, materiales o residuos considerados peligrosos, conforme a la regulación vigente en la materia.

La autoridad competente podrá fijar condiciones particulares de descarga a los responsables de las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado, de manera individual o colectiva, que establezcan lo siguiente:

- Nuevos límites máximos permisibles de descarga de contaminantes.

- Límites máximos permisibles para parámetros adicionales no contemplados en esta Norma.

Dicha acción deberá estar justificada por medio de un estudio técnicamente sustentado, presentado por la autoridad competente o por los responsables de la descarga.

6.1.3.1.3 Especificaciones

Para determinar los valores y concentraciones de los parámetros establecidos en esta Norma, se pueden aplicar los métodos de prueba referidos en las normas mexicanas 46 Normas Oficiales Mexicanas señaladas esta Norma. El responsable de la descarga puede solicitar a la autoridad competente, la aprobación de métodos alternos. En caso de aprobarse, dichos métodos quedarán autorizados para otros responsables de descarga en situaciones similares.

7. PROCEDIMIENTOS Y DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS

7.1 Área de estudio

Es importante destacar que el área de estudio está determinada por el análisis fisicoquímico de la descarga de procesos de la industria pastelera tanto de la elaboración de crema, mermelada y chocolate que se llevará a cabo en el laboratorio de tratabilidad del área de ingeniería de la empresa Ingeniería de Control Ambiental y Saneamiento, ubicada en el estado de Puebla.



Ilustración 1. Vista satelital de Ingeniería de Control Ambiental y Saneamiento.



Ilustración 2. Laboratorio de tratabilidad del área de ingeniería.

7.2 Conducción del experimento

7.2.1 Preparación de soluciones

7.2.1.1 NaOH 5%

Se pesó un vidrio reloj en una balanza analítica después se taró, posterior a ello se pesó 5 mg de NaOH, en una probeta se midió 100 mL de agua destilada, posterior a ello se añadió el NaOH y se mezcló hasta tener una solución homogénea, esta preparación fue agregada a un matraz previamente etiquetado con las características identificables de la sustancia que fueron NaOH al 5%.

7.2.1.2 FeCl₃ 10%

Para la preparación de FeCl₃ 10%, se empezó tarando un vidrio de reloj en una balanza analítica, después se pesó 10 mg de la sustancia, misma que fue mezclada en 100 mL de agua destilada previamente medida en una probeta de 100 mL, una vez mezclada se etiquetó la solución en un matraz con las características identificables de la sustancia que fueron FeCl₃ 10%.

7.2.1.3 H₂O₂

Sustancia que no requirió preparación puesto que se agregó una concentración pura.

7.2.1.4 Polímero aniónico 3%

Se taró el peso de un vidrio de reloj en una balanza analítica, después se pesó 3 mg de polímero aniónico para así poder ser agregados en 100 mL de agua destilada que fue previamente medido en una probeta de 100 mL dicha mezcla se realizó hasta que fuera totalmente homogénea, después de ser agregada en un recipiente, se etiquetó con las características de la sustancia que fue polímero aniónico al 3%.

7.2.1.5 BEFLOC ACH

Sustancia que se agregó con sus características comerciales puras de concentración.

7.3 Diseño experimental

Se inició verificando la mejor prueba de tratabilidad con la muestra de crema en 6 matraces Erlenmeyer.

Tabla 2. Identificación de la mejor prueba de tratabilidad en la muestra de crema.

Número de muestra	Cantidad de la muestra (mL)	Descripción
M1	500	Se le adicionó 5 mL de NaOH al 5% para ajustar el pH a 8, después, se adicionó 1 mL de Befloc ACH.
M2	500	Se le agregó 2 mL de FeCl ₃ al 10% y después de dicha disolución se fue agregando poco a poco con ayuda de una pipeta 4 mL de H ₂ O ₂ .
M3	500	Se empezó con el ajuste de pH a 8 con la adición de 5 mL de NaOH al 5%, después se agregó 3 mL de FeCl ₃ al 10% y enseguida 5 mL de H ₂ O ₂ .
M4	500	Se adicionaron 5 mL de NaOH al 5% para el ajuste de pH de 8, enseguida se agregó 5 mL de Befloc ACH, después se adicionó 10 mL de polímero aniónico al 3%.
M5	500	Se agregó 5 mL de NaOH al 5% para así ajustar el pH, después se añadió 4 mL de Befloc ACH, posterior a ello se fue agregando 12 mL de polímero aniónico al 3%.
M6	500	Se adicionó 5 mL de NaOH al 5% hasta obtener un pH de 8, después, se le fue agregando poco a poco el Befloc ACH hasta haber agregado en total 5 mL, teniendo cuidado y agregando mL en mL se le añadió el polímero aniónico al 3% hasta haber añadido 8 mL.

Dichas muestras permitieron identificar cuales sustancias eran las más aptas para los tratamientos posteriores de las pruebas de mermelada, chocolate y compuestas.

Se consideró que la mejor prueba fisicoquímica en la muestra de crema fue la M6, por ello para las siguientes pruebas se realizó el mismo procedimiento, por lo tanto, no fue necesario realizar repeticiones puesto que se demostró que la adición de NaOH al 5% para el ajuste de pH, el Befloc ACH y el polímero aniónico al 3% eran satisfactorios para dichas muestras. Lo que ahora resultó necesario, fue el ajuste de la cantidad necesaria, por ello todas las sustancias fueron agregadas cuidadosamente de manera escalonada (mL en mL) para así evitar las repeticiones que puedan hacer retardar el procedimiento.

Tabla 3. Cantidad de agregada de NaOH al 5%, Befloc ACH y polímero aniónico al 3% para las distintas pruebas de tratabilidad.

Número de muestra	Muestra	Cantidad de la muestra (mL)	Descripción
M1	Mermelada	1000	9 mL de NaOH al 5% 3 mL de Befloc ACH 1 mL de polímero aniónico al 3%
M1	Compuesta (Crema y Mermelada)	1000	16.7 mL de NaOH al 5% 2.5 mL de Befloc ACH 3 mL de polímero aniónico al 3%
M1	Chocolate	500	12 mL de NaOH al 5% 4.5 mL de Befloc ACH 3 mL de polímero aniónico al 3%

M1	Compuesta (Chocolate y Mermelada)	500	15 mL de NaOH al 5% 5 mL de Befloc ACH 3 mL de polímero aniónico al 3%
----	---	-----	--

7.4 Descripción de variables

7.4.1 Medición de parámetros de calidad de agua cruda y tratada.

Para la determinación de los parámetros de pH, temperatura y conductividad se utilizó un medidor multiparamétrico marca CONDUCTRONIC PC45.

7.4.2 pH

Para la medición de potencial de hidrogeno, se inició enjuagando con agua destilada el electrodo del potenciómetro para su calibración hasta el ajuste de un pH neutro, el ajuste de calibración fue llevado a cabo sumergiendo el electrodo en una solución buffer que tenía un pH de 7, una vez calibrado se enjuagó nuevamente con agua destilada y se limpió el electrodo para su uso, permitiendo identificar los diferentes valores de pH de las muestras, dicho procedimiento consistió sumergiendo el electrodo en la muestra a analizar, hasta que esta dió un valor exacto de pH, se analizaron tanto muestras crudas como tratadas, así como también al agregar el NAOH al 5% para su neutralización, siempre cuidando que, al finalizar alguna prueba, el enjuague del equipo con agua destilada y el contenido correcto de solución Buffer de un pH de 7 para su almacenamiento.

7.4.3 Temperatura

Para la determinación de temperatura tanto de parámetros iniciales y finales de la muestra, se dió inicio realizando una calibración con agua destilada hasta la temperatura ambiente de 23 °C, posterior a ello, se sumergió el sensor de temperatura en la muestra a analizar, hasta que esta arrojó el resultado correcto de temperatura de la muestra, posterior a ello, se limpió el sensor de temperatura con agua destilada para así poder ser guardada sin ningún residuo de muestra.

7.4.4 Conductividad

Se empezó calibrando el conductímetro, por ello se fue añadiendo agua destilada hasta que se tuvo un ajuste de cero, dicha calibración requería de un cubrimiento de agua destilada en los orificios superiores del conductímetro. Después, se fue sumergiendo el conductímetro en la muestra a analizar tratando de cubrir todo el equipo con la muestra a analizar, posterior al resultado, se vuelve a enjuagar el



conductímetro con agua destilada para su almacenamiento. De esta manera se logró identificar los valores tanto iniciales de la muestra cruda, como los finales de la muestra tratada.

7.4.5 SST

- En las muestras tratadas, se realizó una filtración con ayuda de un embudo y un papel filtro, para que el lodo generado no interviniera negativamente en el resultado final.
- En algunas muestras como lo fue la crema, chocolate y compuesta (chocolate y mermelada) (crema y mermelada) tanto de agua cruda como tratada, se realizó una dilución 1/50 en un vaso de plástico, habiendo agregado 1 mL de la muestra con 50 mL de agua destilada para que las lecturas correspondientes fueran certeras de acuerdo con las condiciones de la muestra a analizar.

Se empezó con la calibración del espectrofotómetro marca HASH DR 3900, por ello en un pequeño vaso de vidrio se adicionó 10 mL de agua destilada para después realizar el ajuste a cero presionando en la pantalla del espectrofotómetro la selección de "cero", logrando así la calibración del equipo, después se fueron realizando las lecturas de las muestras en diferentes vasos de vidrio de 10 mL, por lo que se fue suprimiendo en la pantalla donde marcaba "medición", de esta manera se permitió la lectura tanto de muestras iniciales como finales.

7.4.6 DQO

- Se consideró realizar una filtración de las diferentes muestras tratadas, con ayuda de un embudo con un papel filtro, mismo que permitió capturar la muestra sin residuos de lodos, logrando obtener un resultado más satisfactorio de la muestra.
- Para las muestras de crema, chocolate y compuesta (chocolate y mermelada) (crema y mermelada) tanto para las crudas como las tratadas, en un vaso de plástico se hizo una dilución 1/50 donde se le agregó 1 mL de

la muestra con 50 mL de agua destilada para que las lecturas correspondientes fueran más exactas de acuerdo con las características de las muestras.

Para empezar con la determinación de Demanda Química de Oxígeno, se utilizaron viales preparados para el análisis de DQO, para el vial que sirvió de blanco para la lectura de muestras, fue preparado con la adición de 2 mL de agua destilada y una vez agregado se agitó hasta tener una mezcla homogénea, dicho procedimiento fue repetido con las diferentes muestras a analizar tanto crudas como tratadas, después se calentó el digestor marca HASH a 150 °C, habiendo llegado a dicha temperatura se sometieron los viales por 120 min, transcurrido el tiempo se sacaron con extrema precaución y se dejaron en una gradilla hasta que estos estuvieran a temperatura ambiente, después en el espectrofotómetro marca HASH DR 3900 se seleccionó el programa DQO que nos permitió leer los diferentes resultados de DQO, por ello, se empezó con la con la lectura del vial blanco, mismo que ayudó a calibrar el equipo adicionando el tubo al espectrofotómetro y presionando en la pantalla "cero", después se fueron realizando las lecturas correspondientes de las muestras adicionando los diferentes viales, pero en este caso en la pantalla se seleccionó la palabra "medición".

7.5 Análisis estadístico

Se realizará un análisis estadístico de Varianza ANOVA en el software Statistica, que nos permitirá verificar las diferencias entre los valores obtenidos de la muestra cruda con respecto a los realizados experimentalmente en las pruebas de tratabilidad de la muestra de crema. Por lo tanto, se podrá lograr demostrar el mejor procedimiento para así, ser utilizado en las siguientes pruebas de chocolate, mermelada y compuestas de crema-mermelada y chocolate-mermelada.

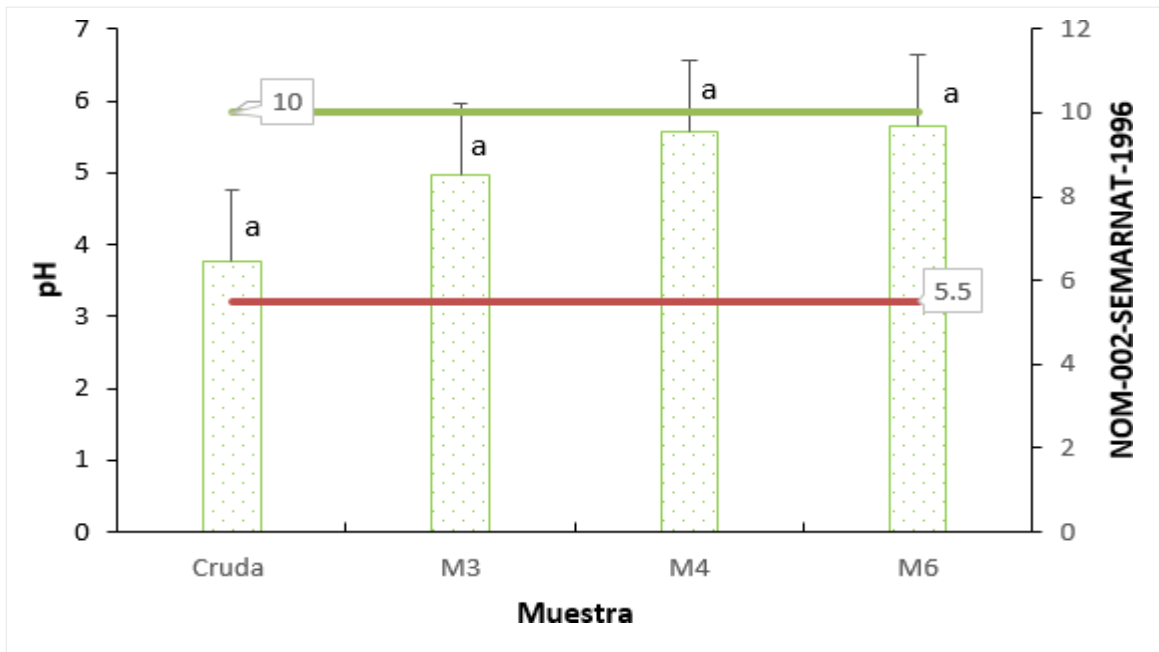


8.1 RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

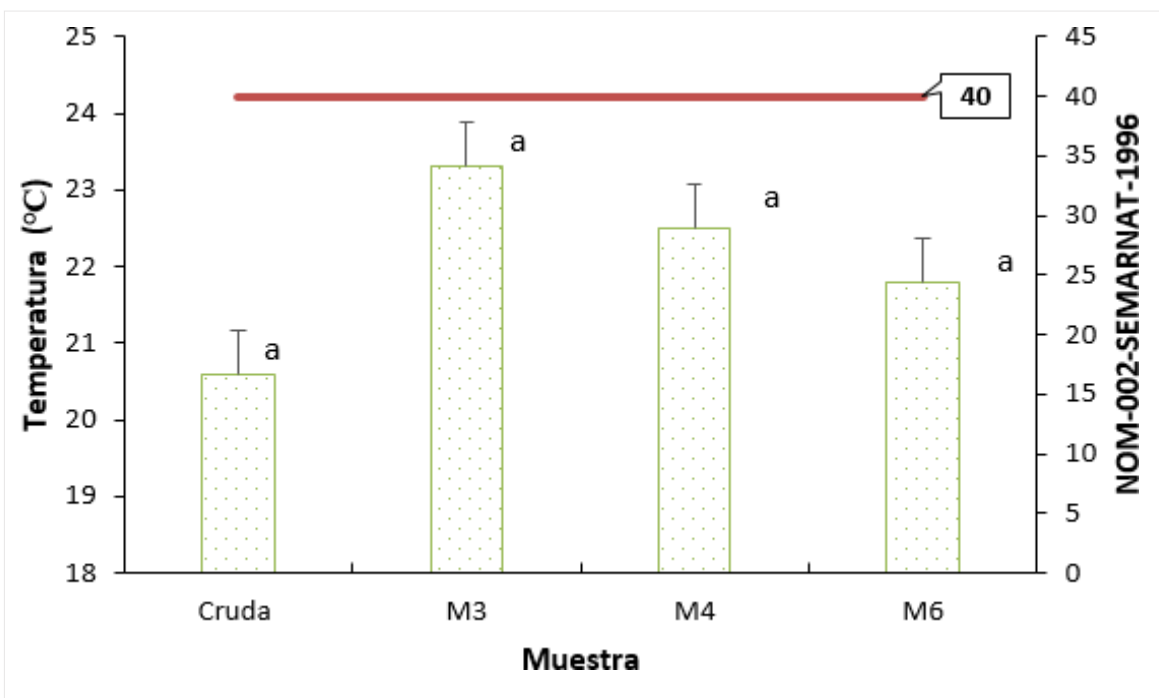
Si bien como se pudo observar anteriormente, la realización de distintas pruebas de tratabilidad en la muestra de agua residual de crema ayudo a determinar que el tratamiento más apto para las posteriores muestras que fueron mermelada, compuesta (crema y mermelada), chocolate y compuesta (mermelada y chocolate) fue el uso de NaOH al 5% para aumentar el pH, el clorhidróxido de aluminio como coagulante y el polímero aniónico al 3% como floculante, mismas que fueron requeridas en diferentes cantidades dependiendo las características de cada muestra.

8.1.1 Resultados del mejor tratamiento de muestra de agua residual de crema con respecto a la muestra cruda.

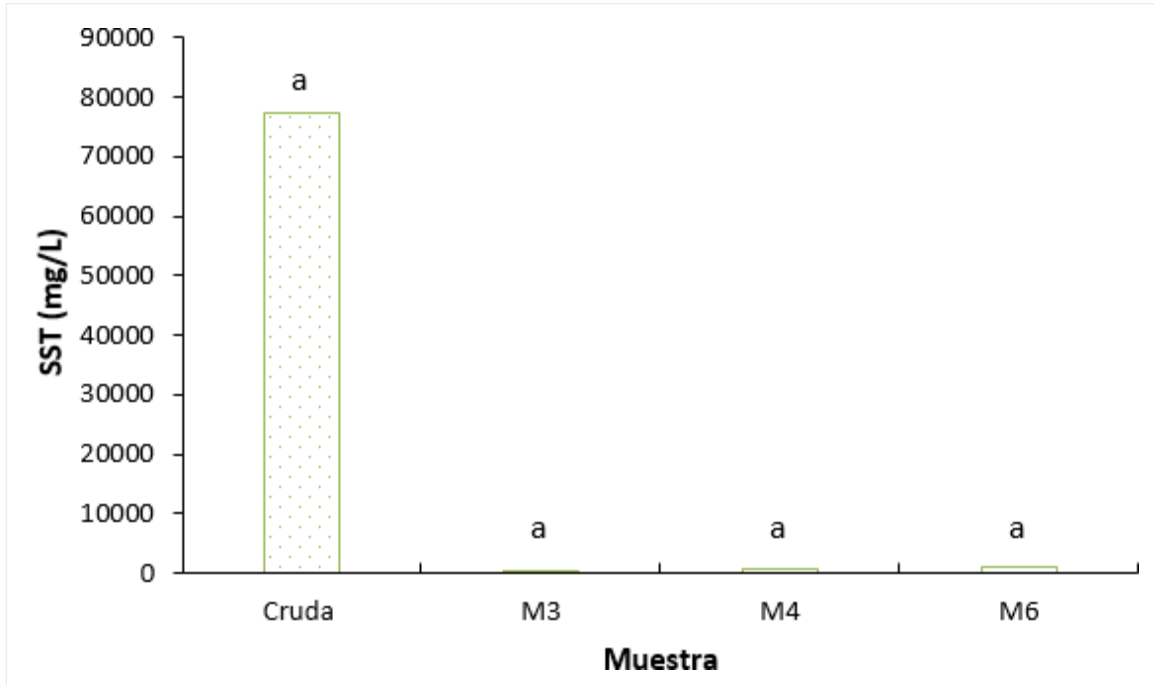
Se puede observar que el análisis fisicoquímico que resulto ser más apto es M6, comparándolo con los parámetros de calidad de la muestra cruda, se observa una mejor remoción de DQO, un pH menos ácido, una conductividad menor con respecto a los demás valores obtenidos, mientras que se observa que los valores de temperatura no cambian considerablemente entre cada muestra siendo estos valores semejantes, cabe destacar que M6 llegó a tener la mayor cantidad de sólidos suspendidos totales, pero esto no llega a interferir en que sean los mejores resultados de tratabilidad, ya que estos son valores iniciales en el tratamiento fisicoquímico, mismos que al tener todo el proceso de la PTAR serán estos menores.



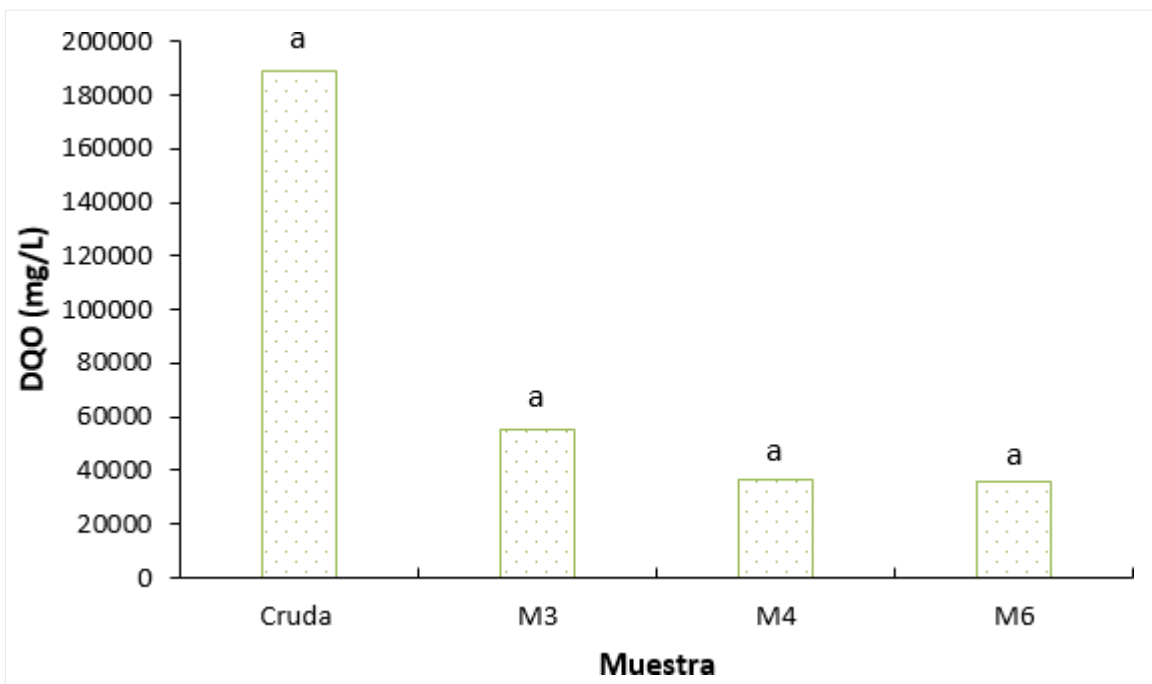
Gráfica 1. Resultados de pH de crema.



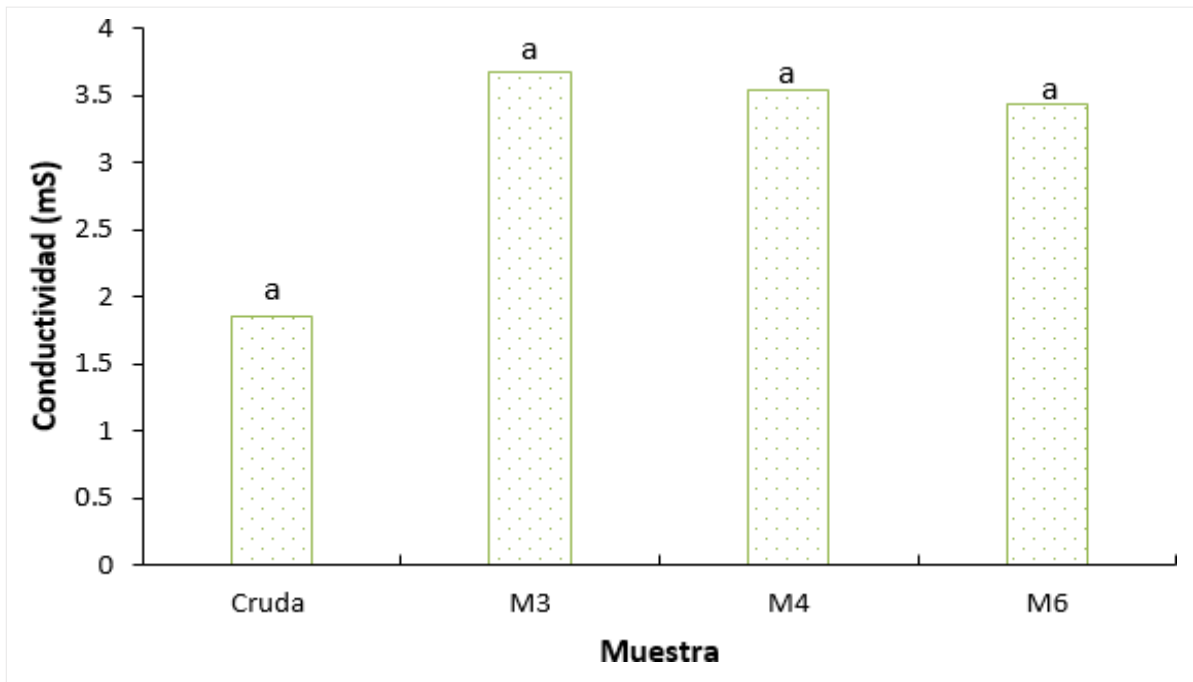
Gráfica 2. Resultados de temperatura de crema.



Gráfica 3. Resultados de SST de crema.



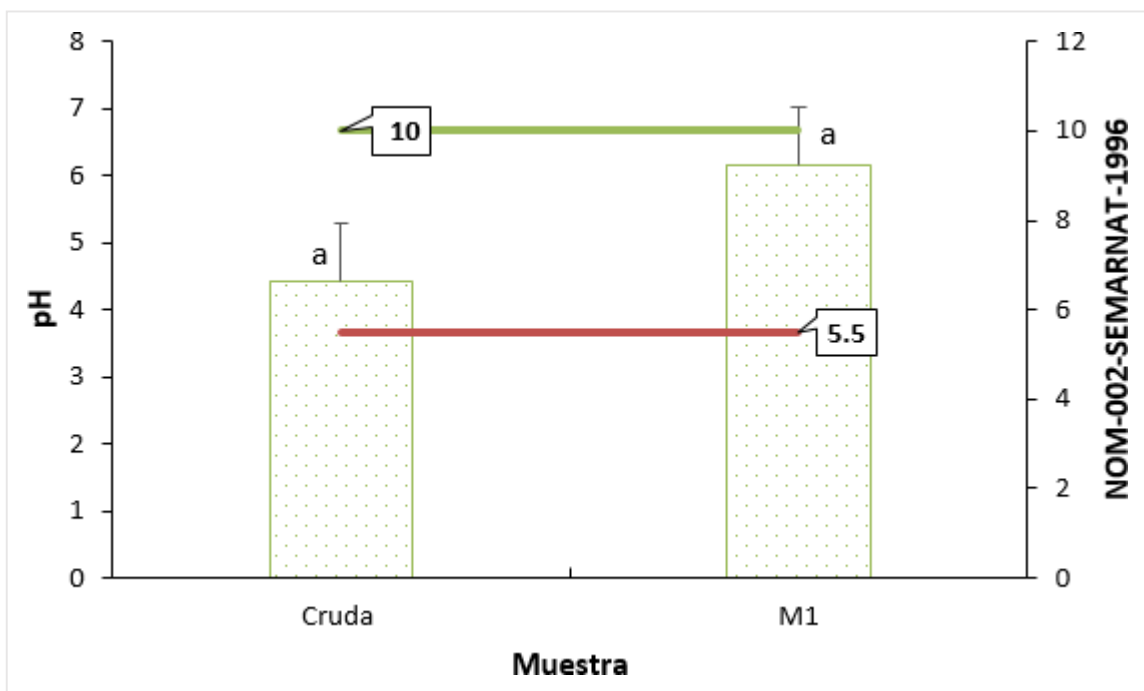
Gráfica 4. Resultados de DQO.



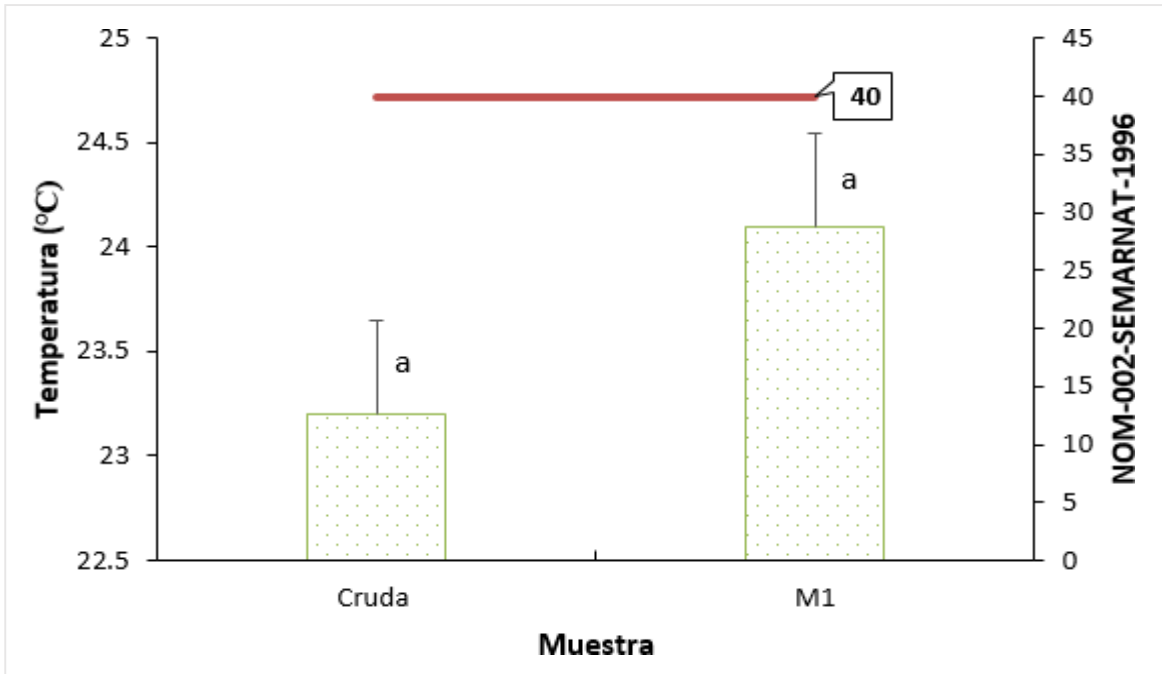
Gráfica 5. Resultados de conductividad.

8.1.2 Resultado de tratabilidad de muestra de agua residual de mermelada con respecto a la muestra cruda.

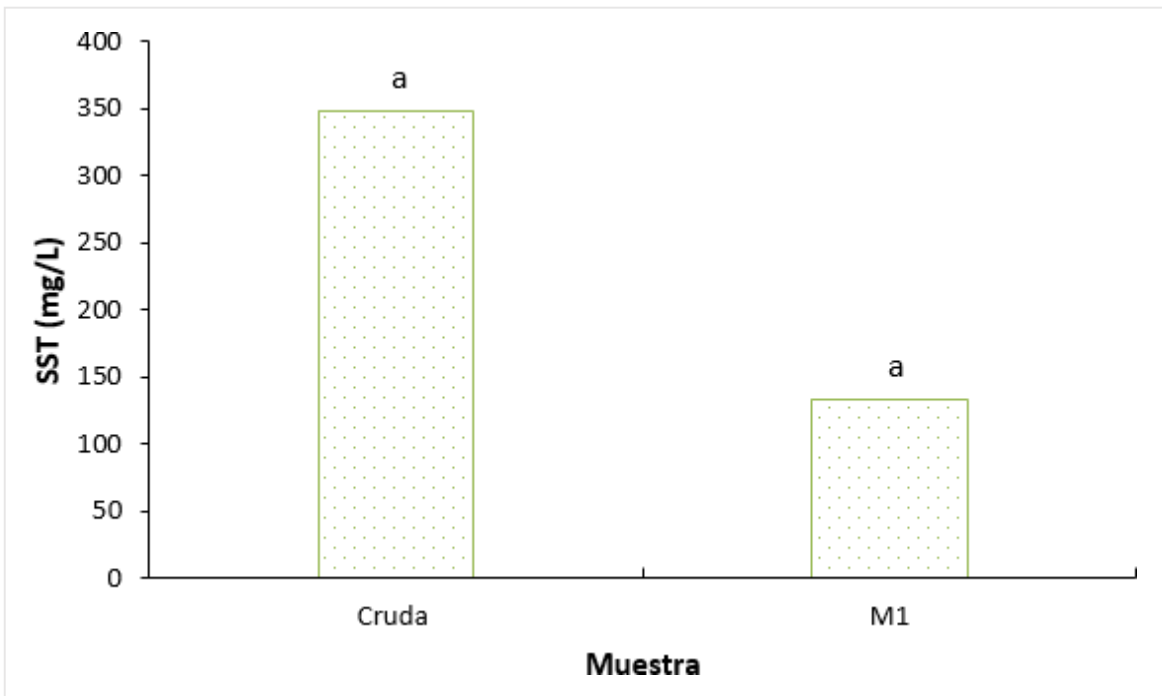
Se puede observar el comportamiento de los parámetros de calidad tanto de la muestra cruda como la tratada de mermelada, por lo tanto, se tiene la disminución favorable de DQO y SST, además de que se logró un aumento de pH haciendo que este sea más cercano a la neutralidad. Por otra parte, la conductividad y la temperatura fue casi semejante a los valores que fueron obtenidos inicialmente de la muestra cruda.



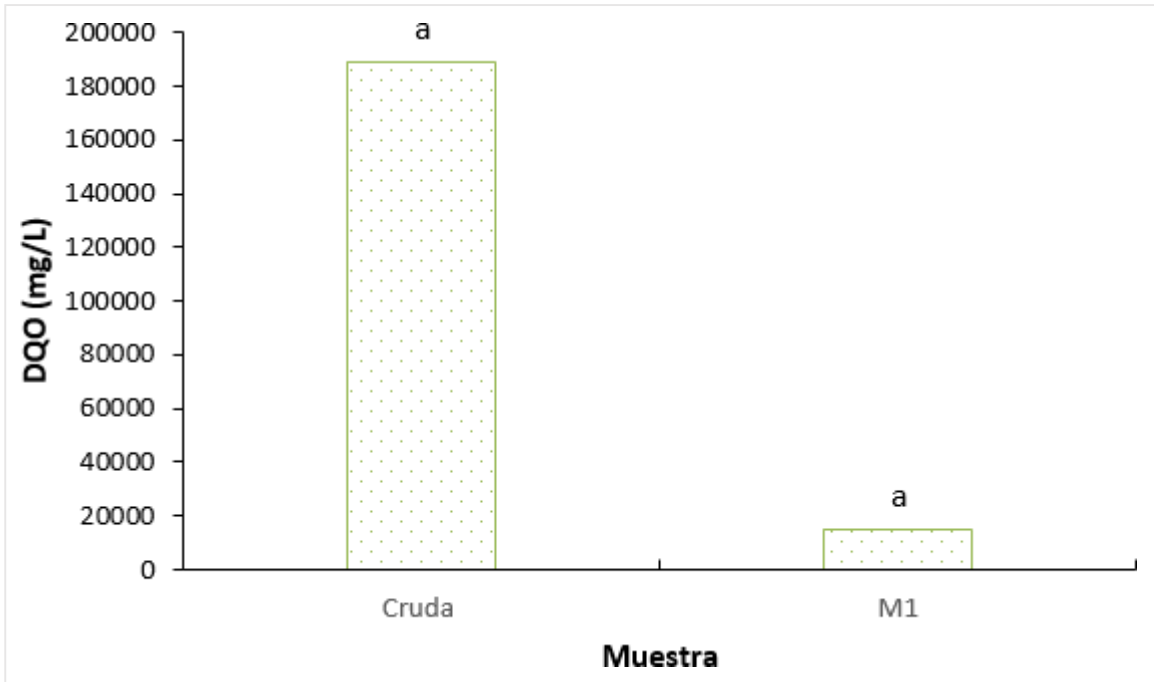
Gráfica 6. Resultados de pH de mermelada.



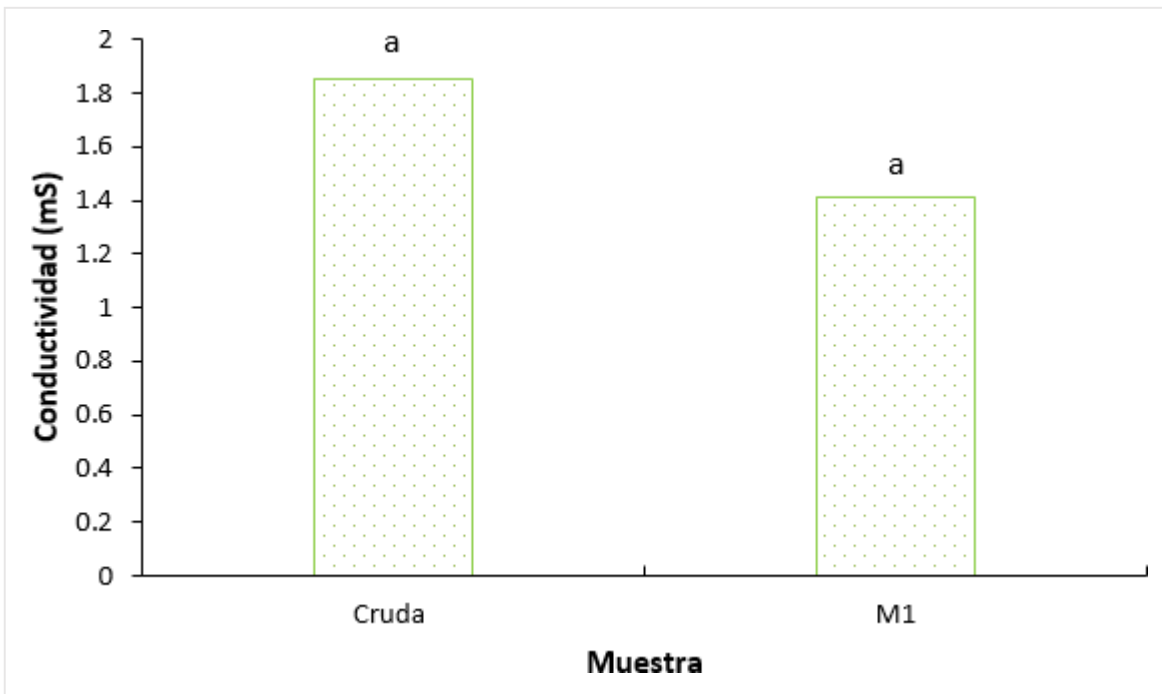
Gráfica 7. Resultados de temperatura de mermelada.



Gráfica 8. Resultados de SST de mermelada.



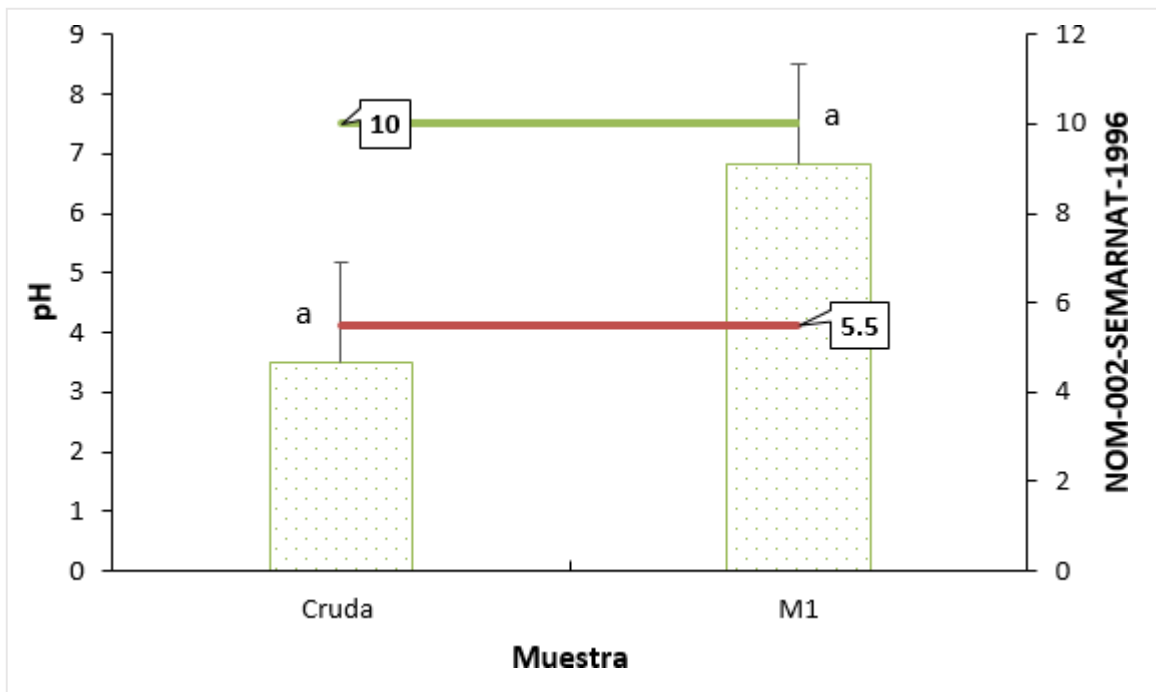
Gráfica 9. Resultados de DQO de mermelada.



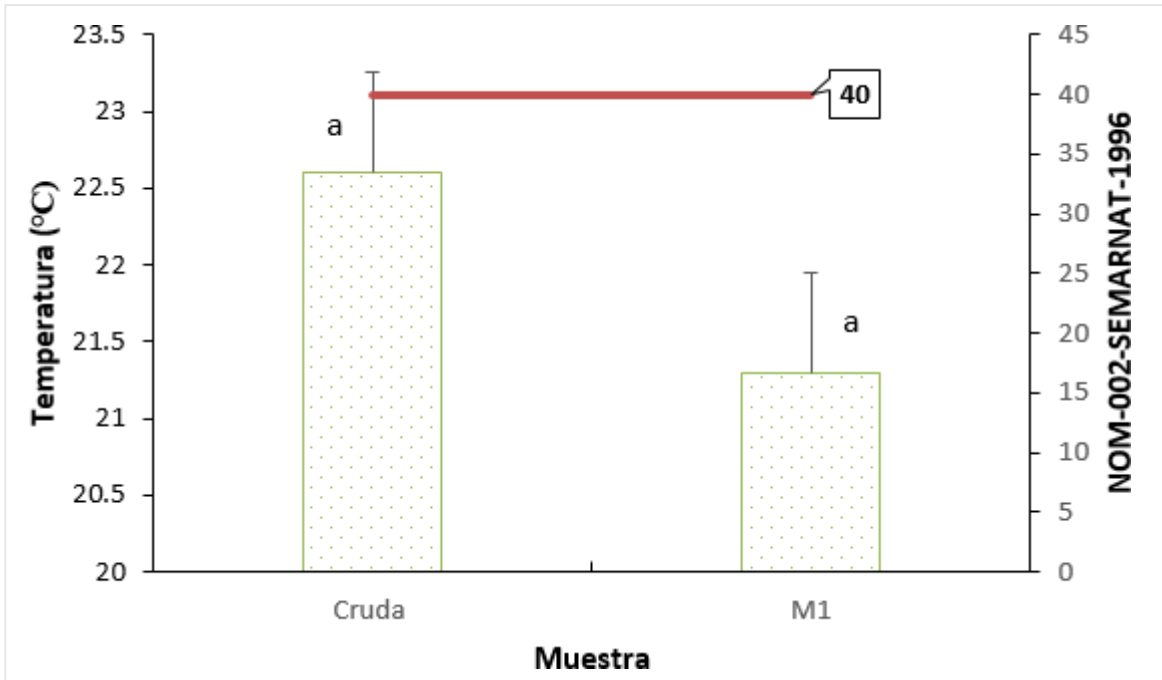
Gráfica 10. Resultados de conductividad de mermelada.

8.1.3 Resultado de tratabilidad de muestra compuesta de agua residual de mermelada y crema con respecto a la muestra cruda con respecto a la muestra cruda.

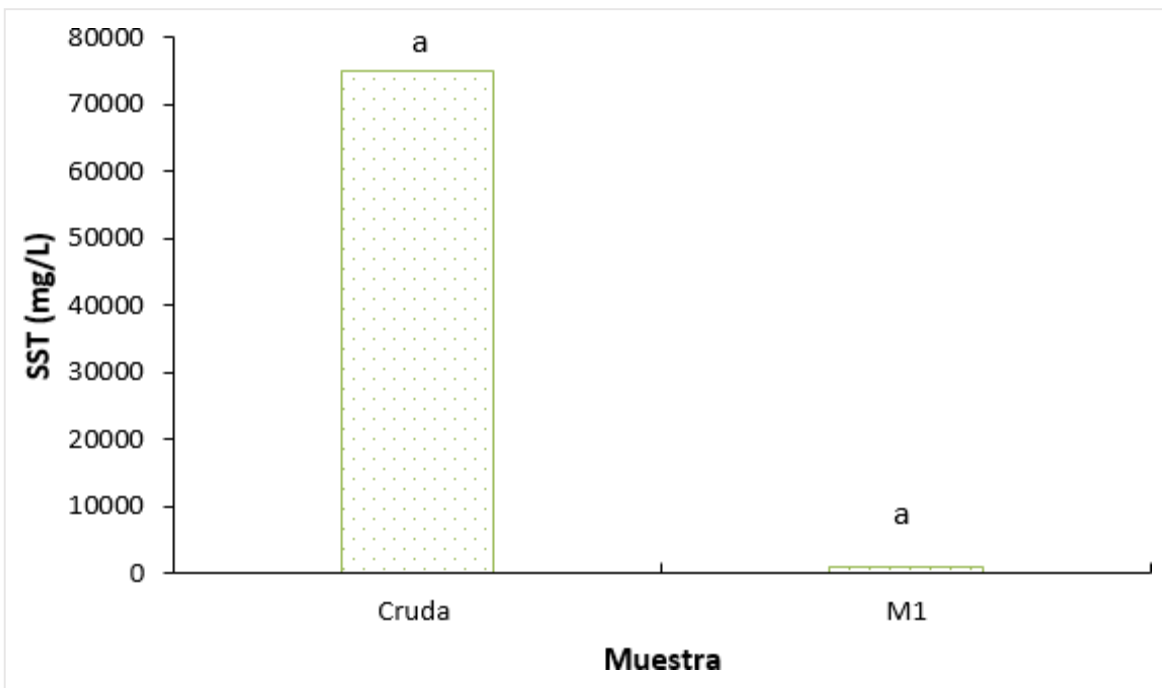
Los resultados de la muestra de agua residual compuesta de crema y mermelada, permitieron lograr identificar resultados favorables en los parámetros de calidad de los valores iniciales de la muestra cruda a la final de la muestra tratada físicoquímicamente, puesto que el valor de pH fue menos ácido, haciéndolo cercano a la neutralidad, por otra parte, los valores de SST y DQO demostraron estar muy por debajo de los valores obtenidos inicialmente en la muestra cruda. Además de que los valores de la temperatura llegaron a ser similares, mientras que en la conductividad se logró observar un ligero aumento.



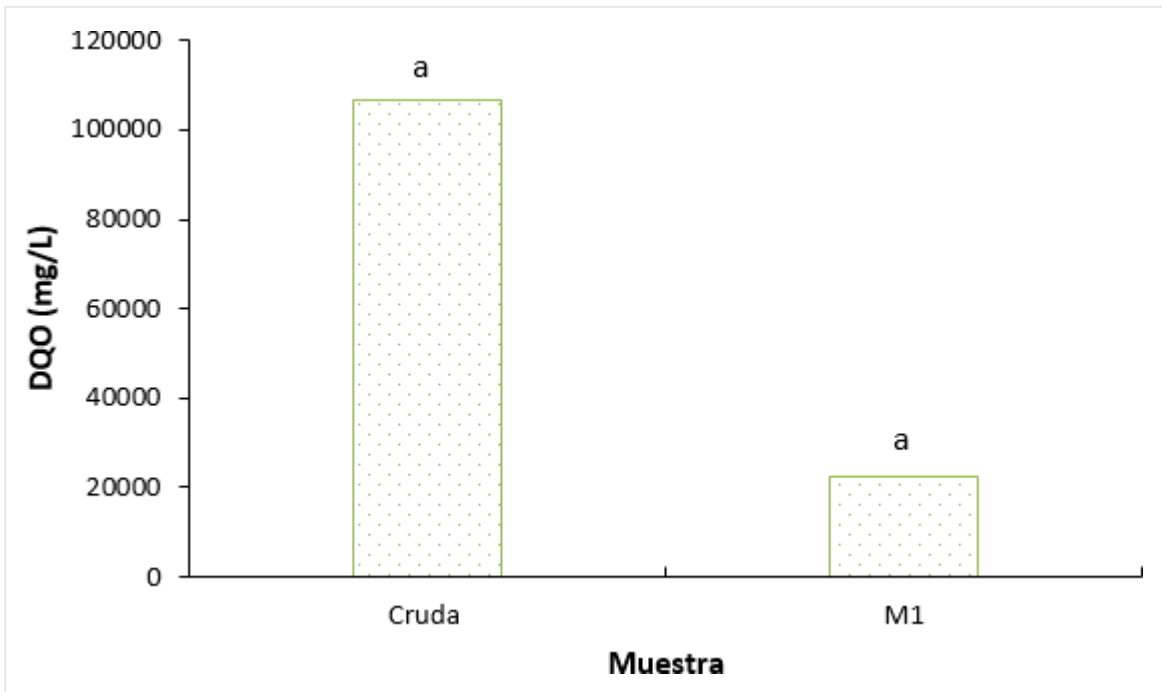
Gráfica 11. Resultados de pH compuesta (mermelada y crema).



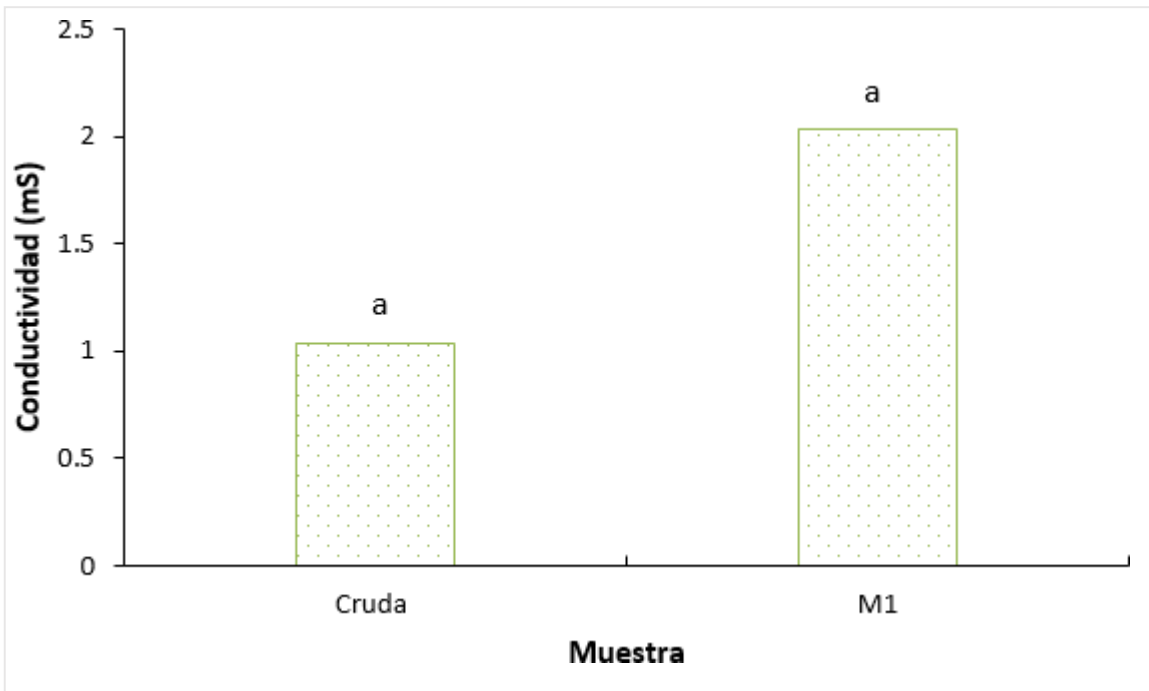
Gráfica 12. Resultados de temperatura compuesta (mermelada y crema).



Gráfica 13. Resultados de SST compuesta (mermelada y crema).



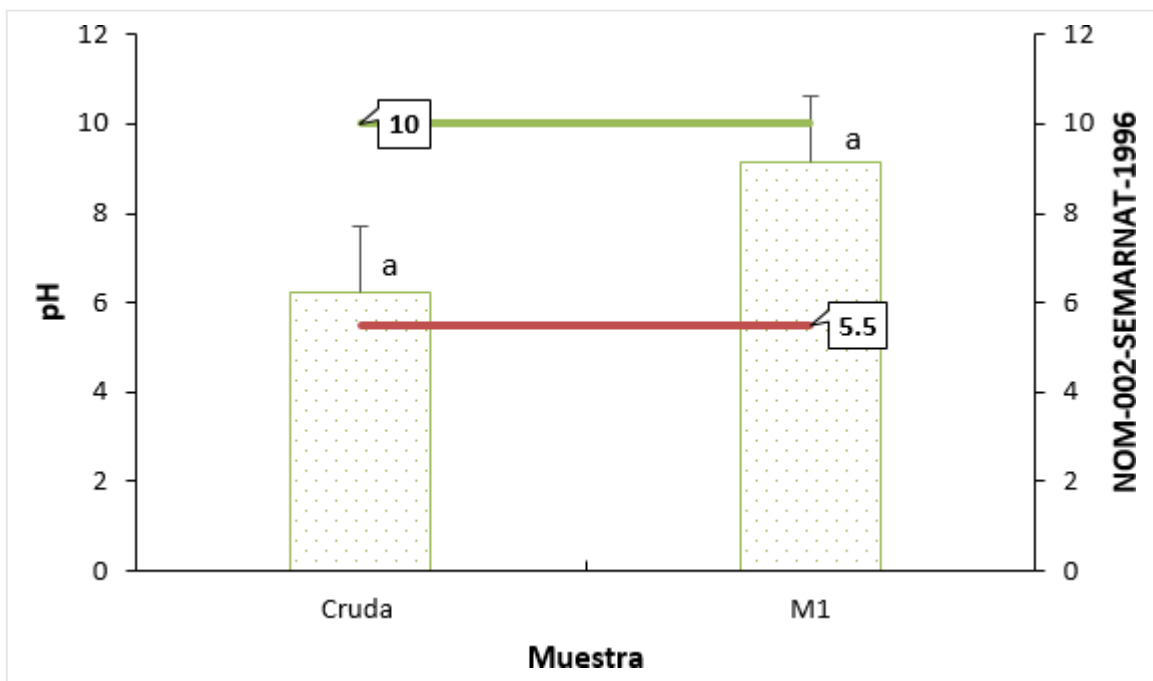
Gráfica 14. Resultados de DQO compuesta (mermelada y crema).



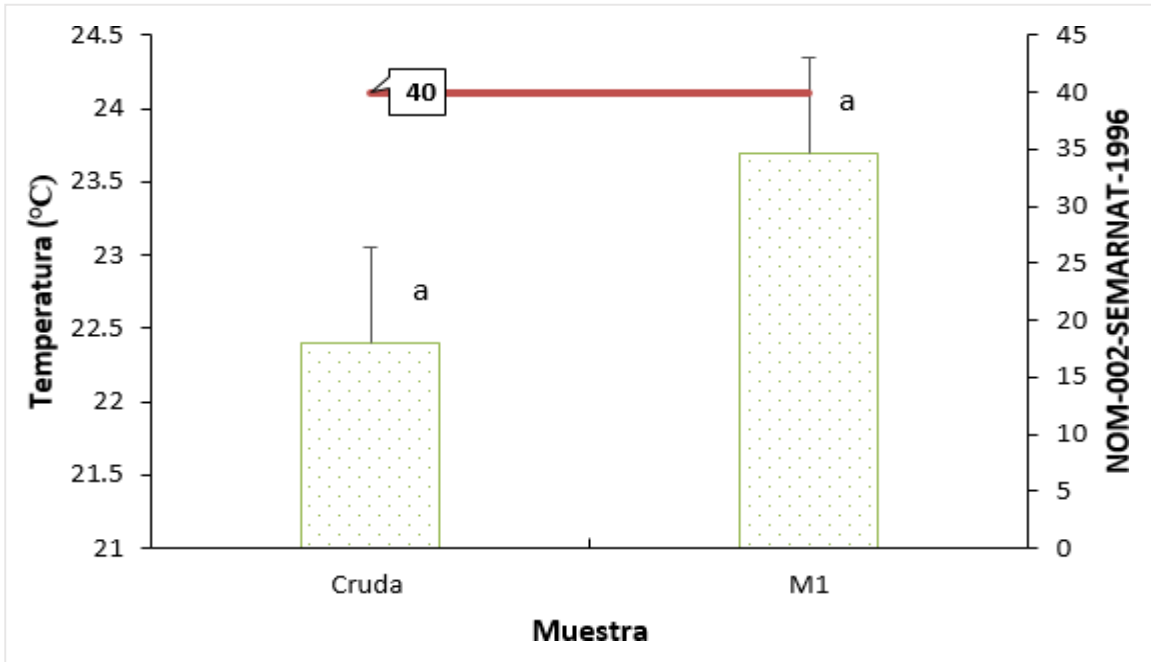
Gráfica 15. Resultados de conductividad compuesta (mermelada y crema).

8.1.4 Resultado de tratabilidad de muestra de agua residual de chocolate con respecto a la muestra cruda.

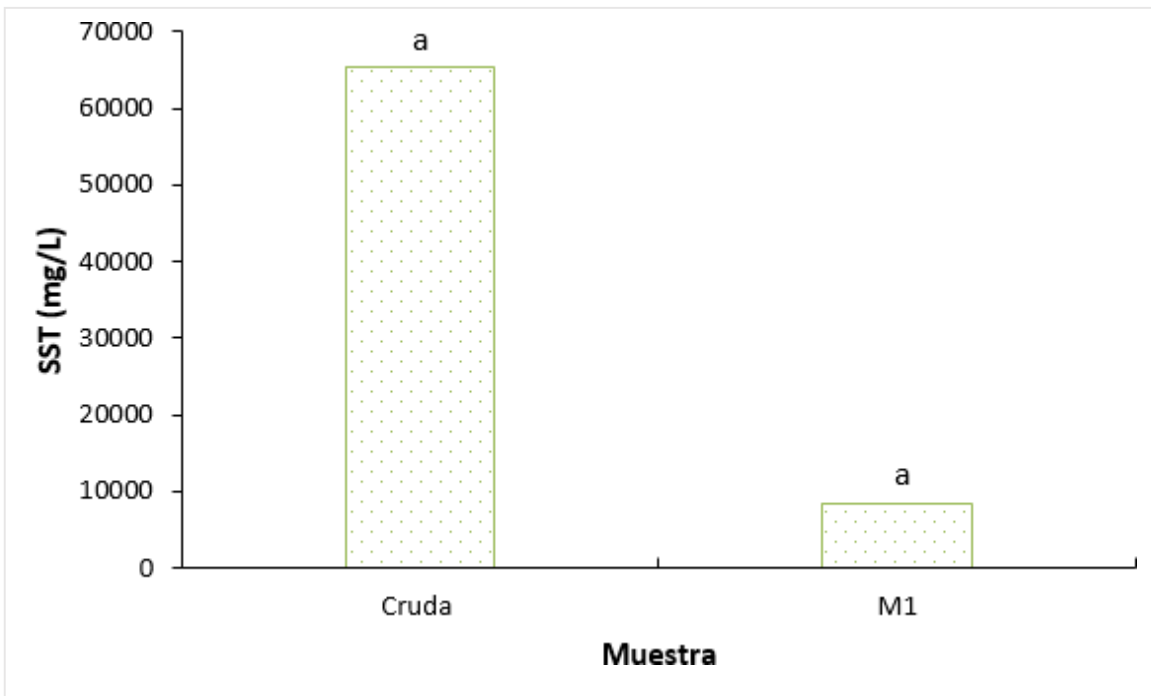
Los resultados comparativos del agua residual de chocolate tanto los valores iniciales de la muestra cruda, como los finales de la muestra tratada, permitieron analizar la remoción favorable de contaminantes en los parámetros de SST y DQO, por otra parte, se permitió el aumento de pH haciendo que este sea básico, de la misma forma se aumentó la conductividad y temperatura.



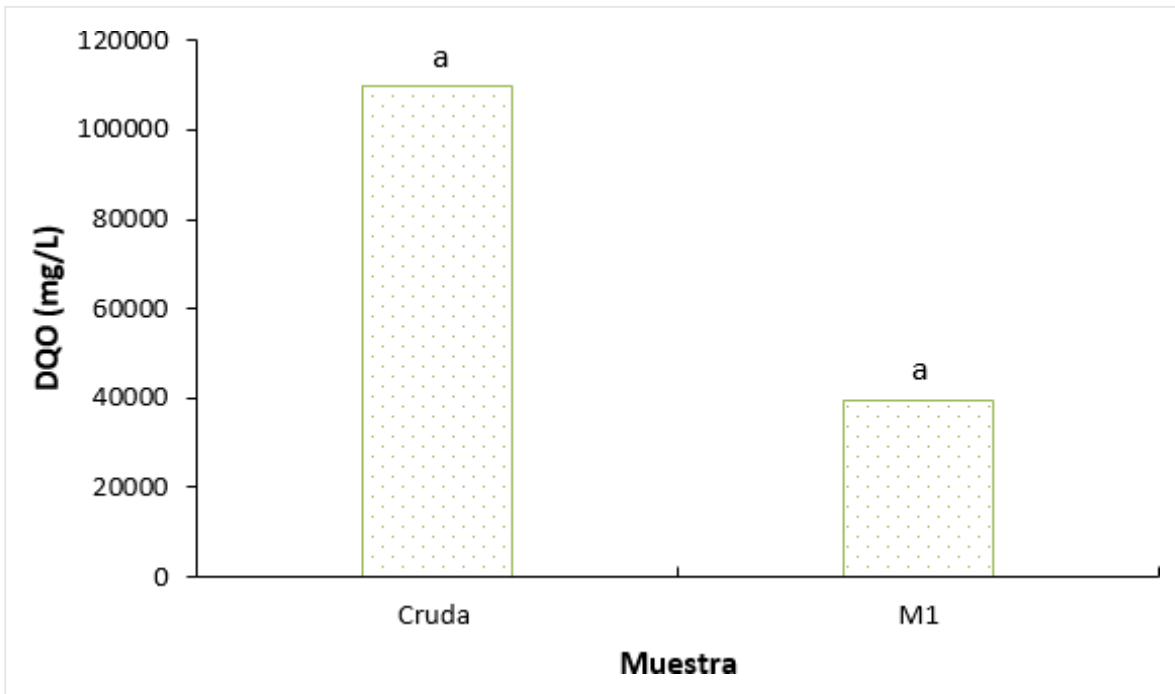
Gráfica 16. Resultados de pH de chocolate.



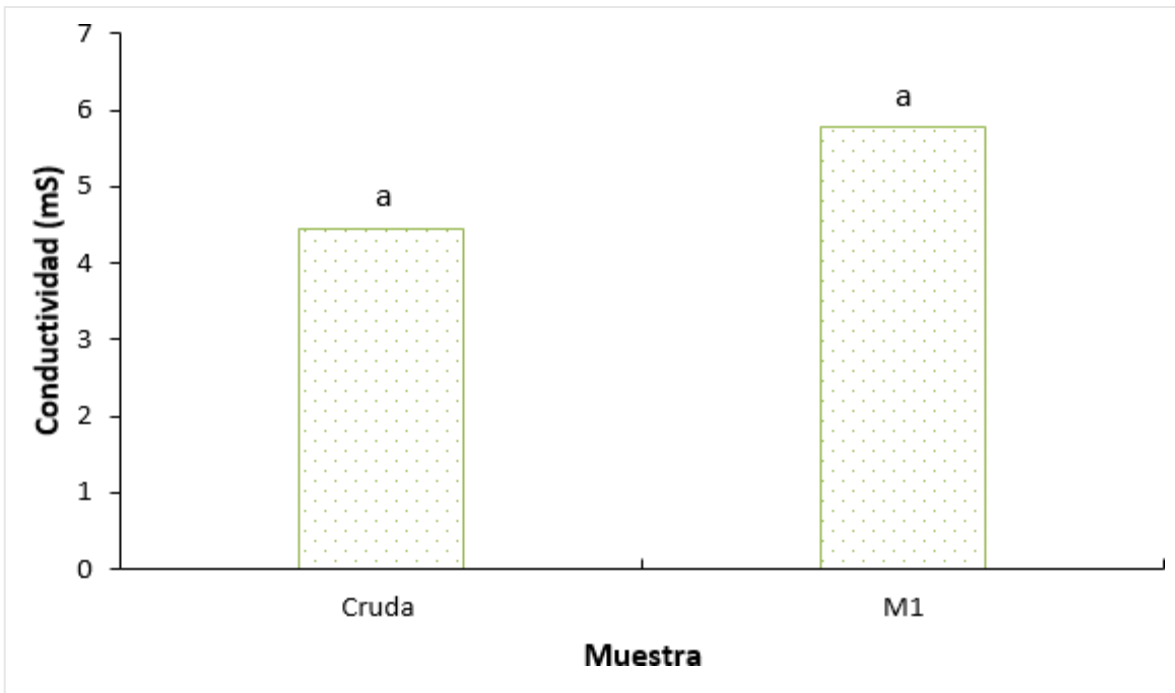
Gráfica 17. Resultados de temperatura de chocolate.



Gráfica 18. Resultados de SST de chocolate.



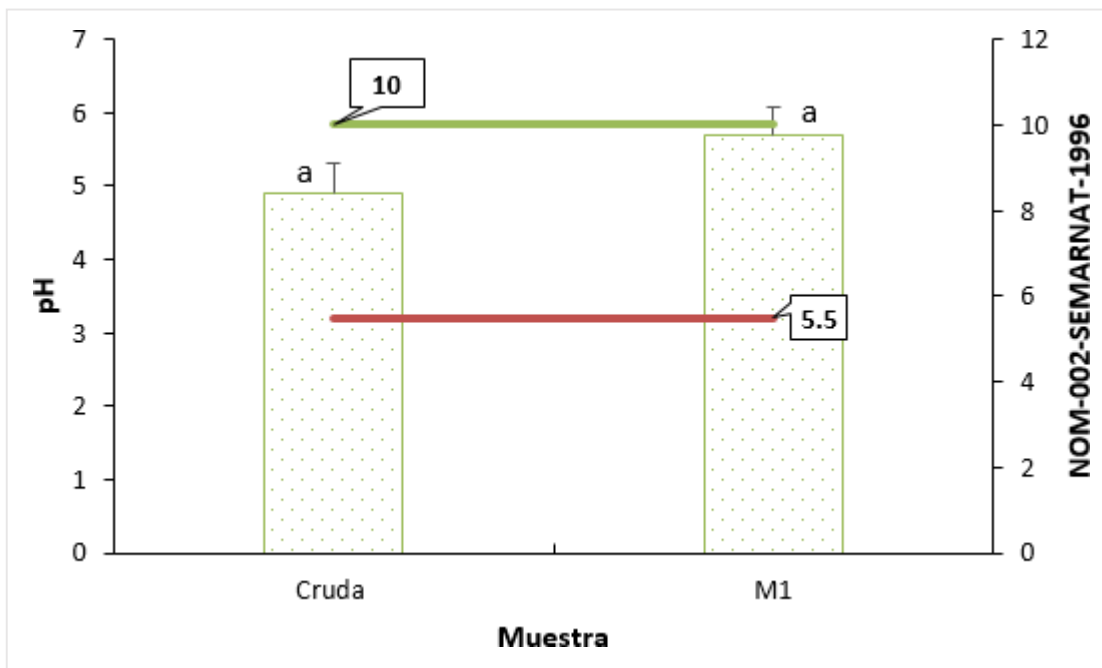
Gráfica 19. Resultados de DQO de chocolate.



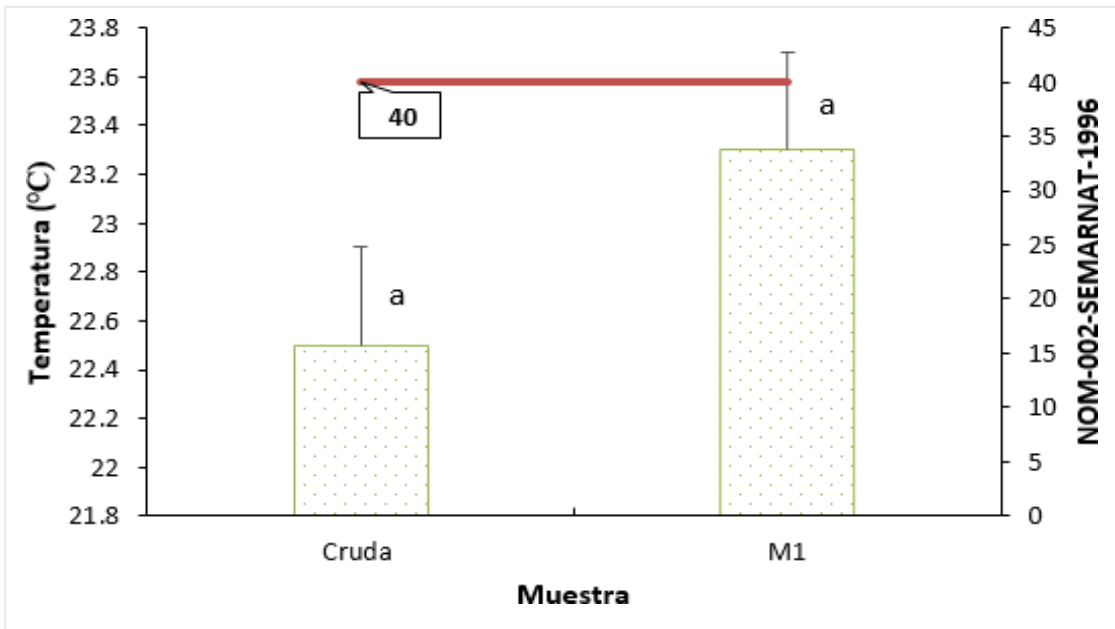
Gráfica 20. Resultados de conductividad de chocolate.

8.1.5 Resultado de tratabilidad de muestra compuesta de agua residual de chocolate y mermelada con respecto a la muestra cruda.

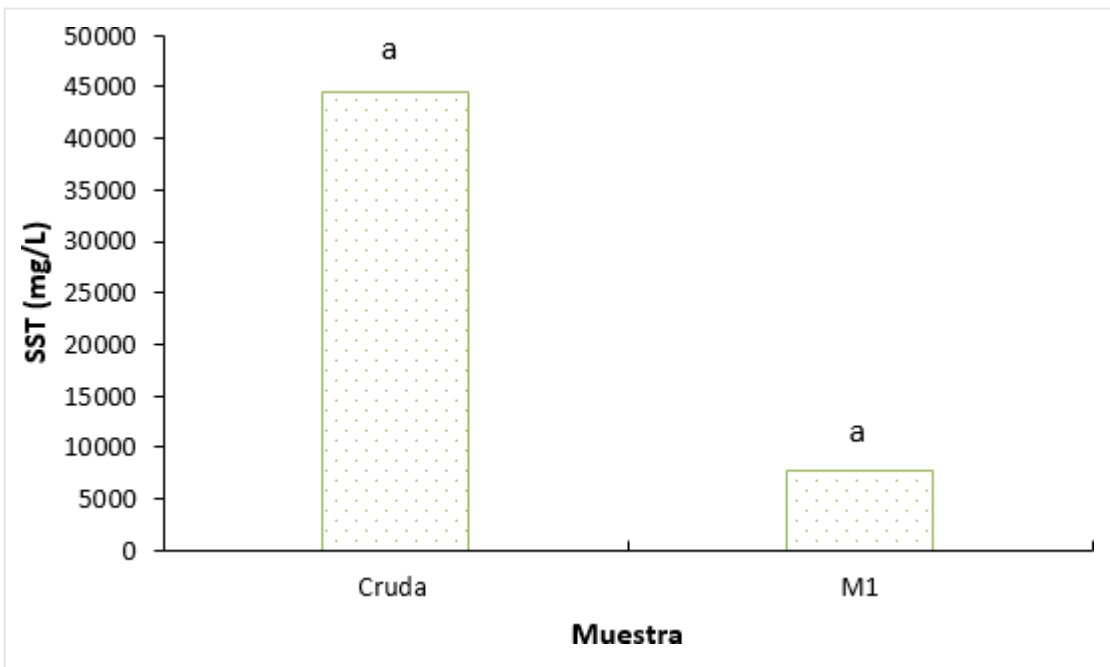
Los valores correspondientes a la muestra compuesta de agua residual de chocolate y mermelada, asimilando que estos logran tener un resultado satisfactorio realizando la comparativa de los parámetros de calidad de los valores obtenidos tanto de muestra cruda como de tratada, permitiendo observar la disminución de SST y DQO, aunque, por otra parte, se obtiene el aumento de pH, temperatura y conductividad, dichos resultados permiten analizar la eficiencia del tratamiento fisicoquímico seleccionado.



Gráfica 21. Resultados de pH de compuesta (chocolate y mermelada).



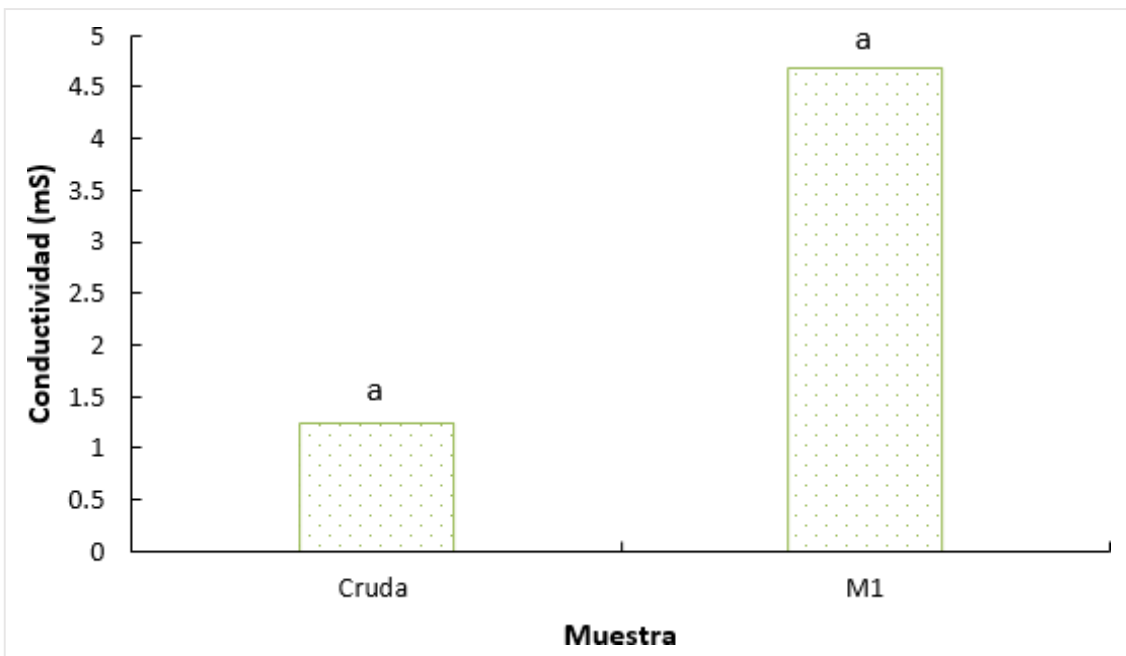
Gráfica 22. Resultados de temperatura de compuesta (chocolate y mermelada).



Gráfica 23. Resultados de pH de SST (chocolate y mermelada).



Gráfica 24. Resultados de DQO de compuesta (chocolate y mermelada).



Gráfica 25. Resultados de conductividad de compuesta (chocolate y mermelada).

8.1.5 Cantidad de DQO removida en cada tratamiento.

En la Tabla 11 se identifica la cantidad de Demanda Química de Oxígeno que se logró remover en las muestras de Crema, Mermelada, Compuesta (Crema y Mermelada), Chocolate y Compuesta (Chocolate y Mermelada), de esta manera, se asume la eficiencia de los tratamientos realizados, pues la cantidad removida es superior al 50% en cada muestra con respecto a la muestra cruda.

Tabla 4. Cantidad de DQO removida en cada tratamiento.

Muestra	Porcentaje de remoción de DQO (%)
Crema	81.07
Mermelada	91.96
Compuesta (Crema y Mermelada)	78.89
Chocolate	63.88
Compuesta (Chocolate y Mermelada)	74.39

Del análisis estadístico de Varianza ANOVA se logró identificar que todos los parámetros realizados son iguales, mismos que dependerá de los límites máximos permisibles establecidos en la literatura y en la NOM-002-SEMARNAT-1996 para identificar los idóneos para esta empresa pastelera.



Como se hace mención en la NOM-002-SEMARNAT-1996, el rango permisible de pH (potencial hidrógeno) en las descargas de aguas residuales es de 5.5 a 10 unidades, logrando cumplir con lo establecido con la norma; habiendo obtenido un pH de 5.64 en la muestra de crema, 6.16 en mermelada, 6.84 en la muestra compuesta de crema y mermelada, 9.16 en la muestra de chocolate y 5.69 en la muestra compuesta de chocolate y mermelada.

Por otra parte, en la misma norma se hace mención del límite máximo permisible de la temperatura, siendo esta de 40°C. Mientras que, los valores de temperatura para las distintas muestras de agua residual tratada se encuentran muy por debajo del límite máximo permisible, estando en un rango de 21 a 24 °C.

(Llugo, 2013) realizó una norma técnica para el control de descargas de aguas residuales, en él se hace mención que el límite máximo permisible de sólidos suspendidos totales en sistemas de alcantarillado es de 100 mg/L, después de las pruebas fisicoquímicas se obtuvo 1170, 133, 800, 8400 y 7700 mg/L para las muestras de crema, mermelada, compuesta (crema y mermelada), chocolate y compuesta (chocolate y mermelada), asumiendo que dichos resultados están por encima de lo autorizado para su descarga.

También, Llugo hizo mención que los límites permisibles de demanda química de oxígeno para el sistema de alcantarillado serían de 350 mg/L, realizando la comparación con los adquiridos finalmente en las muestras se determina que estos están muy por encima de lo establecido, siendo estos resultados de 35800 mg/L en crema, 15200 mg/L en mermelada, 22500 mg/L en la muestra compuesta de crema y mermelada, 39650 mg/L en la muestra de chocolate y 24980 en la muestra compuesta de chocolate y mermelada.

(Torres, 2018) menciona que los valores normales de conductividad en aguas residuales oscilan en el rango de 0.5 a 1.5 mS, logrando que la muestra de mermelada cumpla con lo establecido en la literatura, en el que se obtuvo 1.41 mS, por otra parte, en las muestras de crema, compuesta (crema y mermelada), chocolate y compuesta (chocolate y mermelada) los valores son superiores a los establecidos estando en un rango de 2 a 6 mS.



La demanda química de oxígeno es una medida representativa de la contaminación orgánica de un efluente siendo un parámetro para controlar, nos fue importante disminuir la cantidad de DQO, mediante la prueba de tratabilidad realizada. Por ello se logró la remoción de la cantidad de demanda química de oxígeno, habiendo obtenido para las muestras de agua residual de crema, mermelada, compuesta (crema y mermelada), chocolate y compuesta de chocolate y mermelada) una remoción de DQO de 81.07, 91.96, 78.89, 63.88 y 74.39 % correspondientemente.

9. CONCLUSIONES

Se concluye con base a los resultados obtenidos el cumplimiento de los objetivos impuestos, logrando obtener los mejores métodos de tratabilidad que permitirán generar la mejor alternativa en el tratamiento de aguas de la industria pastelera.

Considerando que el tratamiento fisicoquímico tenía que ser el mismo para todas las muestras, se pudo realizar 6 distintas pruebas de tratabilidad a la muestra de crema para así comprobar cuál era la más eficiente para el agua residual generada de la industria pastelera.

Se obtuvo la mejor alternativa que cumpliera con la tratabilidad de las aguas residuales de dicha industria, habiendo considerado el uso de NaOH al 5%, Befloc ACH como coagulante y polímero aniónico al 3% como floculante, donde dichas sustancias demostraron mejores resultados de tratabilidad en la muestra de crema, por tal motivo estas fueron utilizadas para las posteriores muestras que fueron mermelada, compuesta (crema y mermelada), chocolate y compuesta (mermelada y chocolate) variando solo la cantidad agregada de sustancias.

Las pruebas fisicoquímicas de tratabilidad realizadas en las distintas muestras permitieron que se cumpliera la NOM-002-SEMARNAT-1996, debido a que los valores de pH se encuentran dentro del rango permisible de pH de 5.5 a 10 unidades, mientras que los valores de temperatura se encuentran muy por debajo del límite máximo permisible de 40°C.

Para el sistema de alcantarillado se debe tener el cumplimiento de los límites máximos permisibles de demanda química de oxígeno (DQO) en la que está establecida por 350 mg/L y en sólidos suspendidos totales (SST) de 100 mg/L. Como se pudo observar los valores obtenidos en las pruebas de tratabilidad llegan a ser superiores tanto en DQO como en SST, pero estos permitieron ser primordiales para el tratamiento fisicoquímico que será llevado a cabo, mientras que el proceso general de la planta de tratamiento de la industria pastelera permitirá reducir la cantidad de DQO y SST haciendo que logré cumplir con los lineamientos establecidos para la descarga de su agua residual.



La literatura hace mención que los valores por encima de 3 mS en conductividad eléctrica afectan al proceso biológico de depuración, impidiendo el desarrollo de una comunidad bacteriana estable, que a su vez genera un desajuste en la colonia bacteriana, las bacterias filamentosas son más resistentes lo que provoca que se debilite la estructura flocular del fango activo disminuyendo su densidad y por tanto su velocidad de sedimentación. Por tal motivo se encontró que, en las muestras de crema, compuesta (crema y mermelada), chocolate y compuesta (chocolate y mermelada) los resultados de conductividad son superiores, encontrándose por encima de 3 mS, pero como ya se mencionó anteriormente, estos son resultados que se tendrán inicialmente en el tratamiento fisicoquímico, por lo tanto, no afectaran a los resultados finales de la planta de tratamiento, pudiendo destacar que se logrará cumplir con lo establecido que es de 0.5 a 1.5 mS.

Si bien, se puede observar que la eficiencia de remoción de DQO oscila entre el 63 al 92% en todas las muestras tratadas fisicoquímicamente, en su investigación (López, 2008) describe que la eficiencia debe ser superior al 65%, pudiendo asumir que los análisis que cumplen con este criterio son las muestras de crema, mermelada, compuesta (crema y mermelada) y compuesta (chocolate y mermelada), mientras que la muestra de chocolate es inferior a lo referido en la literatura.



9.1 Recomendaciones y experiencia profesional

Considero importante abrir nuestro entorno de aprendizajes, las prácticas profesionales son una oportunidad de experimentar y poner en práctica nuestros conocimientos, para así tener una idea más general de lo que es la vida laboral.

Desde mi perspectiva, estar en otro estado realizando mis prácticas fue un reto muy grande que me sirvió de experiencia para entender que no hay límites para crecer tanto en el ámbito personal como en el profesional, pues todos los sacrificios tienen una recompensa.

Sin duda alguna me fue importante realizar mis prácticas profesionales en una empresa que está enfocada en el tratamiento de aguas residuales, pues como ingeniera ambiental debo lograr mejorar en este rubro, ya que actualmente se requiere mucha experiencia debido a la mala disposición que se le llega a dar a las aguas residuales en la industria que a su vez llega a afectar tanto en el ámbito social, económico y medioambiental.

10. COMPETENCIAS DESARROLLADAS Y/O APLICADAS

En la siguiente tabla se describe las competencias desarrolladas de las distintas materias llevadas a cabo en mi carrera de ingeniería ambiental, mismas que fueron empleadas para la realización del presente proyecto.

Tabla 5. Competencias desarrolladas.

Materia	Competencias desarrolladas
Metodología de la investigación	<p>Facilitar las herramientas para la planificación, ejecución y divulgación de cualquier investigación o proceso dirigido a la obtención de nuevos conocimientos.</p> <p>De igual manera, la Metodología coadyuva a que se logre desarrollar una actitud crítica ante la información. Pudiendo analizar, discernir, evaluar y juzgar juicios emitidos, para luego construir una verdad con la mayor integridad posible, con fundamento en el conocimiento acumulado y con base en los pasos del método científico.</p>
Taller de investigación I y II	<p>Proponer soluciones científico-tecnológicas a problemáticas relacionadas con el contexto de la ingeniería ambiental.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Manejar herramientas metodológicas de investigación.

Fundamentos de aguas residuales

- Reconocer el desarrollo de su disciplina con fundamento en la Investigación científica.
- Comprender la investigación como un proceso de construcción social.
- Aplicar herramientas de la comunicación oral y escrita.
- Desarrollar habilidades de comprensión de la lectura.
- Aplicar los conocimientos teóricos metodológicos en el desarrollo de la investigación documental.
- Gestionar información (buscar, organizar, analizar y sintetizar información).
- Generar escritos académicos del área de conocimiento.
- Utilizar Tecnologías de la Información en el desarrollo de trabajos académicos.
- Valorar el efecto nocivo que genera el vertido de aguas residuales sin sanearlas.
- Aplicar la fundamentación de la legislación ambiental en materia de agua residual.
- Conocer las formas de caracterizar el agua residual.

- Evaluar la calidad del agua residual.
 - Conocer el fundamento y aplicación de la homogeneización, neutralización, coagulación floculación en el tratamiento de aguas residuales.
 - Identificar las características físicas y químicas de los contaminantes y relacionarlas con los sistemas metabólicos de microorganismos como fuente de nutrientes, remoción y separación.
 - Hacer una revisión de los esquemas de tratamiento aplicados para el saneamiento en industrias.
-

11. BIBLIOGRAFÍA

- ANDINA.** (2017). *Importancia del tratamiento de aguas residuales*. Obtenido de Importancia del tratamiento de aguas residuales: <https://andina.pe/agencia/noticia-dia-mundial-del-agua-importancia-del-tratamiento-aguas-residuales-789429.aspx>
- Arreola, M. G.** (2015). *Uso de polímero en el tratamiento de agua para consumo humano*. Obtenido de <http://www.ptolomeo.unam.mx/>
- Banco Mundial.** (19 de marzo de 2020). *El agua residual puede generar beneficios para la gente, el medioambiente y las economías, según el Banco Mundial*. Obtenido de <https://www.bancomundial.org/es/news/press-release/2020/03/19/wastewater-a-resource-that-can-pay-dividends-for-people-the-environment-and-economies-says-world-bank>
- CONDORCHEM ENVITECH.** (2018). *Tratamiento de aguas residuales en la industria láctea*. Obtenido de Tratamiento de aguas residuales en la industria láctea: <https://condorchem.com/es/blog/tratamiento-de-aguas-residuales-de-la-industria-lactea/>
- Corporativo Integral del Ambiente, S.A. de C.V.** (2019). Obtenido de <https://corpintegraldelambiente.com.mx/>
- Disin S.A.** (2019). *¿Qué es, para qué sirve y cuando se debe realizar una prueba de jarras?* Obtenido de Prueba de jarras : <https://www.disin.com/que-es-para-que-sirve-y-cuando-se-debe-realizar-una-prueba-de-jarras/>
- Dominguez, A.** (2010). *Optimización de la coagulación- floculación en la planta de*. Obtenido de Optimización de la coagulación- floculación en la planta de: https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/848/digital_19174.pdf?sequen
- domos Agua .** (2018). *Plantas de Tratamiento de Agua en la Industria de Alimentos y Bebidas*. Obtenido de Plantas de Tratamiento de Agua en la Industria de

Alimentos y Bebidas: <https://www.domosagua.com/recursos/ptar-industria-alimentos-bebidas>

Fonseca, G. C. (2015). *DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LAS LÍNEAS DEL PROCESO EN LA PLANTA DE LÁCTEOS PARAÍSO DEL CANTÓN SALCEDO*. Obtenido de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/4729/1/96T00313%20UDCTFC.pdf>

García, R. O. (2015). *Pruebas de tratabilidad de aguas residuales*. Obtenido de http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/12970/Tesis_Completa.pdf?sequence=1&isAllowed=y#:~:text=Pruebas%20de%20tratabilidad%3A%20Son%20pruebas,para%20una%20planta%20de%20tratamiento.

Gil, M. (24 de agosto de 2020). *Caracterización de agua residual industrial*. Obtenido de *Caracterización de agua residual industrial* : <https://www.iagua.es/blogs/mauricio-gil/nuevos-conceptos-caracterizacion-agua-residual-industrial>

Humberto, R. J. (27 de abril de 2007). *Tratabilidad de las aguas residuales de talleres de lavado y engrasado: desemulsificación química*. Obtenido de <http://ri.uaemex.mx/handle/20.500.11799/94530>

IAGUA. (2017). *Aguas residuales*. Obtenido de <https://www.iagua.es/respuestas/que-son-aguas-residuales>

Llugo, M. (23 de julio de 2013). *Control de descargas líquidas*. Obtenido de <https://www.cip.org.ec/attachments/article/1357/NORMAS%20DESCARGAS%20L%C3%8DQUIDAS.pdf>

López, A. (7 de julio de 2008). *Estudio comparativo entre un proceso fisicoquímico y uno biológico para tratar agua residual de rastro*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/339/33933704.pdf>

- Pire, C.** (5 de diciembre de 2019). *La contaminación* . Obtenido de Las aguas residuales: tipos y características: <https://lacontaminacion.org/aguas-residuales/>
- Recytrans.** (4 de noviembre de 2015). *Aguas industriales* . Obtenido de Aguas industriales: <https://www.recytrans.com/blog/aguas-industriales/>
- Rivas, W. A.** (15 de junio de 2011). *Uso del extracto de fique (Furcraea sp.) como coadyuvante de coagulación en tratamiento de efluentes de pastelería* . Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/pml/v6n1/v6n1a03.pdf>
- Rivera, L. G.** (junio de 2020). *PROPUESTA DE UN SISTEMA PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA EMPRESA FOOD & DRINKS ALIMENTOS SAS A NIVEL LABORATORIO*. Obtenido de <https://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/8004/1/6141249-2020-II-IQ.pdf>
- Ruiz, Á. A.** (22 de octubre de 2007). *Tratamiento de águas residuais da indústria láctea*. Obtenido de http://repository.lasallista.edu.co/dspace/bitstream/10567/526/1/PL_V2N2_23-30_electrocoagulaci%C3%B3n.pdf
- SEMARNAT** . (1996). *NOM-001-SEMARNAT-1996*. Obtenido de <https://www.profepa.gob.mx/innovaportal/file/3290/1/nom-001-semarnat-1996.pdf>
- SEMARNAT.** (1996). *NOM-002-SEMARNAT-1996*. Obtenido de <http://siga.jalisco.gob.mx/Assets/documentos/normatividad/nom002semarnat1996.htm>
- SEMARNAT.** (2013). *Agua* . Obtenido de Aguas residuales : https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe_resumen14/06_agua/6_2_3.html
- SIHSA.** (S.F.). *Pruebas de tratabilidad* . Obtenido de Pruebas de tratabilidad : <https://www.sihsa.co/laboratorio/pruebas-de-tratabilidad/>



SMAC. (2018). *SMAC*. Obtenido de Estudios de tratabilidad :
<https://smac.es/estudios-de-tratabilidad/>

Torres, A. (2018). *Análisis de aguas residuales* . Obtenido de Laboratorio de medio ambiente : http://a21-granada.org/red-gramas/images/Presentacion_ANTONIO.pdf

12. ANEXOS

12.1 Determinación de la mejor prueba de tratabilidad con la muestra de agua residual de crema.



Ilustración 3. Tratabilidad de las muestras 3,4 y 6 de crema.



Ilustración 4. Tratabilidad de las muestras filtradas 3, 4 y 6 de crema.

12.2 Tratabilidad de muestra de agua residual de mermelada.



Ilustración 5. Ajuste de pH.



Ilustración 6. Formación del coagulante.

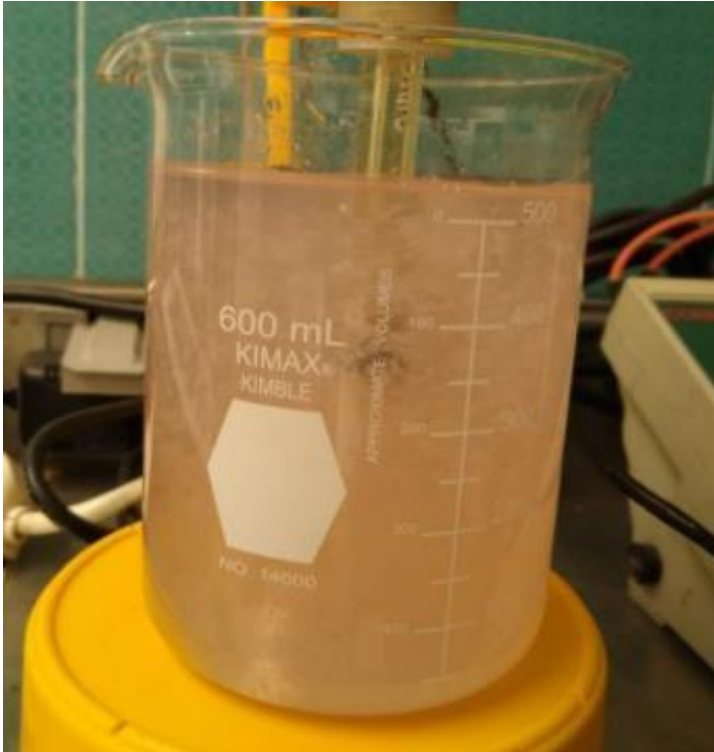


Ilustración 7. Formación del floculante.

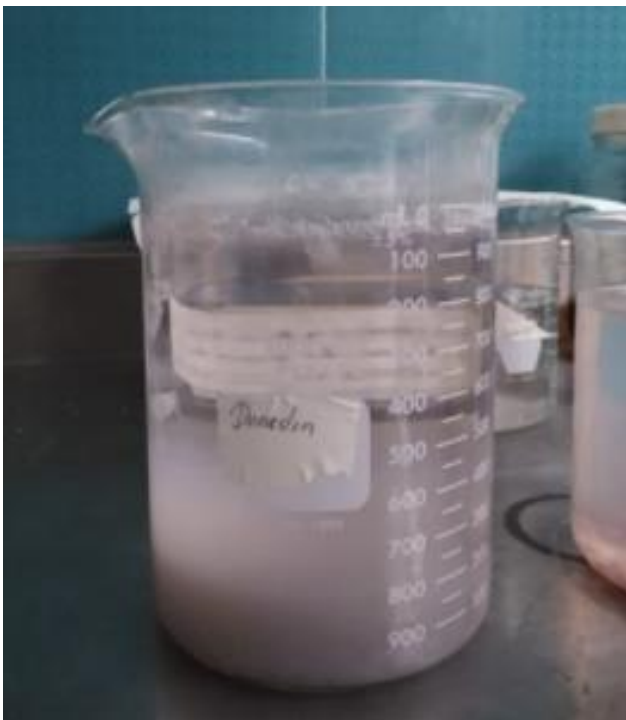


Ilustración 8. Muestra tratada de mermelada.

12.3 Tratabilidad de muestra de agua residual compuesta de crema y mermelada.



Ilustración 9. Ajuste de pH.



Ilustración 10. Formación de coagulante.



Ilustración 11. Formación del floculante.

12.4 Tratabilidad de muestra de agua residual de chocolate.



Ilustración 12. Ajuste de pH.



Ilustración 13. Formación del coagulante.



Ilustración 14. Formación del floculante.

12.5 Tratabilidad de muestra de agua residual compuesta de chocolate y mermelada.



Ilustración 15. Ajuste de pH.

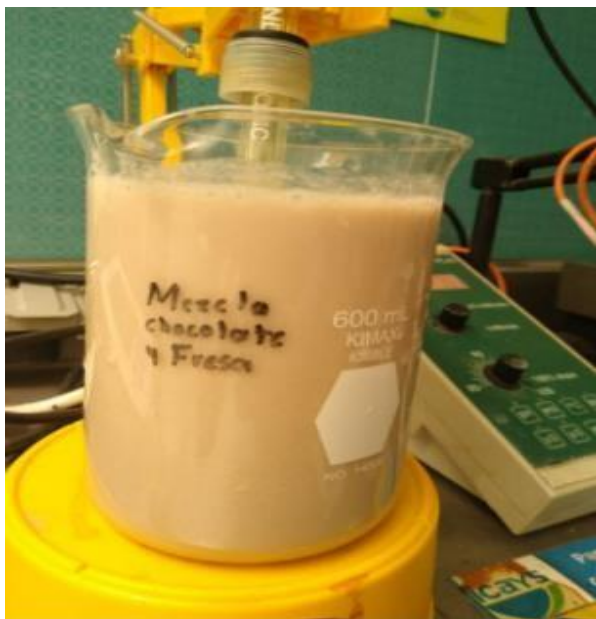


Ilustración 16. Formación del coagulante.



Ilustración 17. Formación del floculante.



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO



Instituto Tecnológico Superior de Santiago Papasquiarri

Santiago Papasquiarri, Durango, **[Redacted]**

Oficio No. ITSP/ACTYV/ 2023/541

ING. GABRIEL TRUJILLO CASTELLANOS
DIRECTOR GENERAL
INGENIERÍA DE CONTROL AMBIENTAL Y SANEAMIENTO
PUEBLA, PUE.
PRESENTE.


CON AT'N: ING. OMAR AGUILAR CARRANZA
GERENTE DE INGENIERÍA

Por este conducto le presentamos a sus fincas atenciones a la estudiante **ERIKA JAÉNIN CARRASCO ORTIZ** del 9º semestre de la carrera de Ingeniería Ambiental, con Número de control 17010185, quien desea realizar su residencia profesional en **"INGENIERÍA DE CONTROL AMBIENTAL Y SANEAMIENTO"**, para lo cual solicita su apoyo para llevarla a cabo. El tiempo a cubrir, de ser aceptada, será de 4 a 6 meses, con un total de 768 horas, durante este periodo se deberá de realizar un Proyecto que sea de interés tanto para la empresa como para la estudiante.

Cabe mencionar que la estudiante cuenta con Seguro Médico del INSS número 3133929473, para los fines que se consideren pertinentes.

Agradeciendo las atenciones que brinda a la presente, me despido de usted enviándole un cordial saludo.

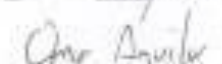
ATENTAMENTE
Excmo. en Educación Tecnológica


M.C. ABEL ROJAS SOLÍS
JEFE DEL DEPTO. DE GESTIÓN TECNOLÓGICA
Y VINCULACIÓN

Cd. Archivo:
2023/541



INGENIERÍA DE CONTROL AMBIENTAL Y SANEAMIENTO
Av. 14 Centro 4017,
Crd. Américo Sar
Tel: (222) 256 77 80,
Fdx: (222) 215 29 82
C.P. 72340 P. - San. Potosí
R.F.C. ICAS/PT/SA/US


Omar Aguilar Carranza

Carrónes 1 Esp. Agustín Guzmán/W. 114 Santiago Papasquiarri, Dgo.
Teléfono: 2574 164 30 30 y 1674 86 y 86 87
Código de contacto: 2574 164 30 30
www.spasquiarri.tsnm.mx



Ilustración 18. Carta de vinculación.



Av. 14 Oriente No. 4117
Col. América Sur
Puebla, Pue.
C.P. 72342

Teléfonos:
(222) 226 77 47
(222) 756 9805-4 06

H. Puebla de Z. a 24 de septiembre de 2021

M.C. Abel Rojas Solís
Jefe del Departamento de Gestión Tecnológica
y vinculación
Instituto Tecnológico Superior de Santiago Papasquiaro

Por medio de la presente le envío un cordial saludo y le informo que la estudiante ERIKA JAZMIN CARRASCO ORTIZ, alumna de la Licenciatura en INGENIERÍA AMBIENTAL con número de control 17010185, ha sido aceptada para realizar su residencia profesional en el área de Ingeniería bajo la supervisión del Ing. Omar Aguilar Carranza durante el semestre agosto-diciembre 2021 haciendo un total de 500 horas.

Sin más por el momento, agradezco la atención a la presente y quedo de Usted.

ATENTAMENTE



LAE. Melina Rojas-Saloma
Gerente Administrativo



Ilustración 19. Carta de aceptación.



Ilustración 20. Carta de liberación.

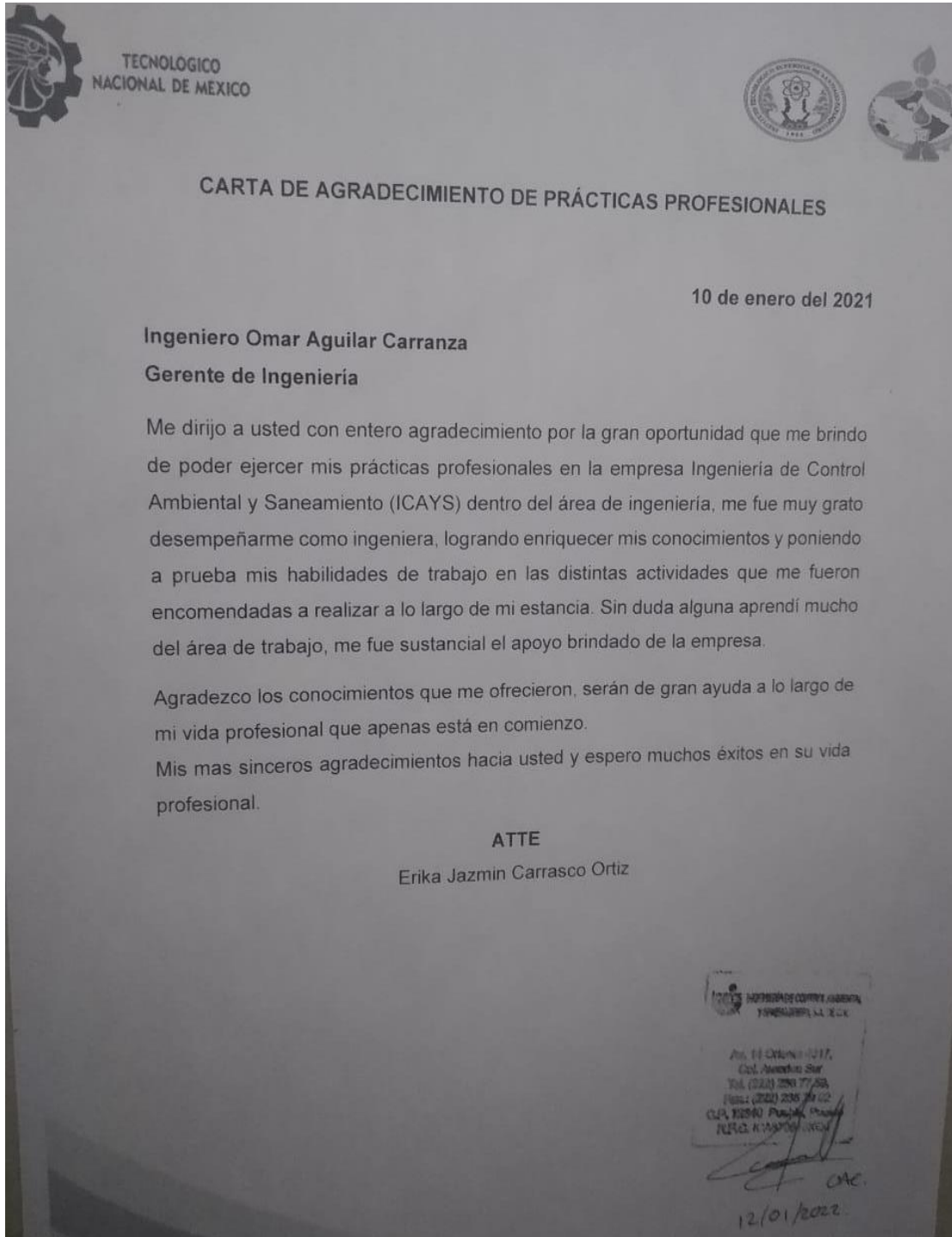


Ilustración 21. Carta de agradecimiento.

