



INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE HUATUSCO

TESIS

“EVALUACIÓN DEL TRATAMIENTO DE PRIMARIO AVANZADO EN LA CALIDAD DEL AGUA RESIDUAL PROVENIENTE DEL PROCESAMIENTO DE AVES”

**PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
MAESTRÍA EN INGENIERÍA**

**PRESENTA:
ING. GABRIELA LLANOS CARRASCO**

**DIRECTOR DE TRABAJO RECEPCIONAL
DRA. GUADALUPE AGUILAR VÁZQUEZ**

**CO - DIRECTOR DE TRABAJO RECEPCIONAL
DR. JESUS ATENODORO ALONSO**

HUATUSCO, VER.

JULIO 2024

AGRADECIMIENTOS

Gracias a Dios por no dejarme rendir y haberme dado la fuerza para concluir con éxito.

*Mi más profundo agradecimiento a **mi hija Ingrid**, quien han sido mi fuente de inspiración y motivación. Su amor, abrazos y risas fueron fundamentales para alcanzar esta meta.*

*A **mi madre Herminia** por haberme enseñado el valor de la responsabilidad y fortaleza.*

*A **mi esposo Luis Eduardo** por la confianza y amor, así como su apoyo constante, gracias por estar a mi lado y creer en mí.*

*A **mis suegros Carolina y José Luis** por el apoyo que me brindaron al cuidar de mi hija y por la confianza.*

*Al **Dr. Jesús Atenodoro** por la paciencia y dedicación durante todo el proceso de investigación y redacción de esta tesis y compartir sus conocimientos.*

*A la **Dra. Guadalupe** por compartir sus conocimientos y su apoyo a lo largo de la maestría.*

*Al **Dr. Adán Cabal** excelente catedrático y persona gracias por brindarme sus conocimientos y sus consejos.*

*Agradezco a **Conahcyt** por el enorme apoyo económico brindado.*

*Gracias a **mis compañeros** de maestría, su amistad y apoyo fue de gran apoyo.*

DEDICATORIA

*A **Dios** por darme salud, sabiduría y fortaleza para alcanzar mis objetivos.*

*A **mi hija Ingrid** quien con su amor y apoyo me dieron la fuerza para concluir esta etapa.*

*A **mi esposo Luis Eduardo** quien me apoyo y alentó para continuar, cuando parecía que me iba a rendir.*

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS.....	ii
DEDICATORIA.....	iii
Índice de Imágenes	viii
Índice de tablas	ix
Índice de graficas.....	x
SIMBOLOGÍA	xi
RESUMEN	xii
ABSTRACT	xiii
INTRODUCCIÓN.....	xiv
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	xv
JUSTIFICACIÓN	xvi
HIPÓTESIS	xvii
OBJETIVOS.....	xvii
OBJETIVO GENERAL.....	xvii
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	xvii
CAPÍTULO 1. MARCO TEÓRICO	1
1.1 ANTECEDENTES	1
1.1.1 Internacionales.....	1
1.1.2 Nacionales	2
1.2 Aguas residuales a escala mundial.....	3
1.3 Calidad del agua en México.....	3
1.4 Disponibilidad de agua dulce.....	5

1.5	Aguas residuales de las Industrias Avícola.....	6
1.6	La industria avícola en Veracruz	6
1.7	Proceso del agua residual en estudio	7
CAPÍTULO 2. ESTADO DEL ARTE		8
2.1	Tratamiento de aguas residuales en México	9
2.2	Agua residual en el estado de Veracruz	12
		13
2.3	Principios de las aguas residuales	14
2.3.1	Clasificación de las aguas residuales	14
2.4	Aguas residuales provenientes de procesamiento de aves	15
2.5	Materia orgánica	15
2.5.1	Microorganismos.....	16
2.6	Demanda química de oxígeno (DQO)	17
2.6.1	Contaminantes de importancia en el tratamiento del agua residual	17
2.7	Metales pesados	18
2.8	Tratamiento primario avanzado	19
2.9	Coagulación floculación	19
2.9.1	Coagulación.....	19
2.9.2	Floculación	21
2.10	Actualización de la normatividad vigente.....	22
2.10.1	Comparación de la normatividad actual vigente.....	22
CAPÍTULO 3. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA		25
3.1	Muestreo del agua residual	27
3.2	Caracterización fisicoquímica y microbiológica del agua residual	27
3.2.1.	Potencial Hidrogeno (pH)	28

3.2.2 Solidos totales	28
3.2.3 Fósforo	29
3.2.4 Nitrógeno.....	29
3.2.5 <i>Escherichia coli</i>	29
3.2.6 Enterococos fecales	32
3.3 Evaluación de tratamiento primario avanzado en el tratamiento del agua residual.	34
3.3.1 Evaluación del coagulante aniónico en la remoción microbiológica y materia orgánica.	34
3.3.2 Evaluación del coagulante catiónico en la remoción microbiológica y materia orgánica	34
3.3.3. Evaluación del Flocculante Catiónico en la remoción microbiológica y materia orgánica.	35
3.3.4. Evaluación del Flocculante Aniónico en la remoción microbiológica y materia orgánica.	36
3.4 Análisis Estadístico.....	37
CAPÍTULO 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	38
4.1 Etapa 1 resultados del agua residual	38
4.1.1 Resultados microbiológica <i>Escherichia Coli</i>	39
.....	44
4.1.2. Resultados microbiológica Enterococos Fecales	44
4.1.3. Resultados microbiológica Demanda Química de Oxígeno	45
4.1.4. Resultados de Nitrógeno	46
4.1.5 Resultados de Fósforo	47
4.2. Etapa 2 evaluación de coagulación en la remoción de macronutrientes y microorganismos del agua residual	48
4.2.1 Resultados de coagulante catiónico en <i>Escherichia coli</i>	49

4.2.2. Resultados de coagulante aniónico en <i>Escherichia coli</i>	49
4.2.3. Análisis de coagulante catiónico y aniónico en <i>Escherichia coli</i>	50
4.2.4. Resultados de coagulante aniónico en Enterococos Fecales.....	51
4.2.5. Resultados de coagulante aniónico en Enterococos	52
4.2.6. Análisis coagulante canónico y aniónico en Enterococos.....	53
4.3. Etapa 3 evaluación proceso floculación en la remoción de macronutrientes y microorganismos del agua residual.....	54
4.3.1. Resultados de floculante catiónico <i>Escherichia Coli</i>	54
4.3.2. Resultados de floculante aniónico en <i>Escherichia coli</i>	55
4.3.3. Análisis de floculante aniónico y catiónico en <i>Escherichia coli</i>	56
4.3.4. Resultados de floculante catiónico en Enterococos	57
4.3.5 Resultados de floculante aniónico en Enterococos	58
4.3.6 Análisis de floculante catiónico y aniónico en Enterococos	59
CONCLUSIONES	61
INVESTIGACIONES FUTURAS	63
REFERENCIAS	64
ANEXO 1	68
ANEXO 2	69
ANEXO 3 ANÁLISIS ESTADÍSTICO	70
ANEXO 4 RESULTADOS	78

Índice de Imágenes

Imagen 1. Disponibilidad de agua (FUNCAGUA, 2020)	5
Imagen 2. ODS 6 Agua limpia y Saneamiento.....	10
Imagen 3. Coagulación (esquema de neutralización de partículas).....	20
Imagen 4 Floculación (Aglomeración de partículas)	22
Imagen 5. Metodología empelada para análisis fisicoquímicos y microbiológicos del agua residual.....	26
Imagen 6. Procedimiento para prueba de <i>Escherichia Coli</i>	31
Imagen 7. Procedimiento para prueba de Enterococos Fecales.....	33
Imagen 8. Prueba presuntiva en Caldo Lactosa.....	40
Imagen 9. Inoculación de alícuotas en caldo Lactosa	41
Imagen 10. Incubación de tubos con caldo lactosa por 48 horas	41
Imagen 11. Resembrado de tubos en Caldo EC	42
Imagen 12. Formación de gas y turbidez.....	42
Imagen 13. <i>Escherichia Coli</i> en agua triptona o peptonada	43
Imagen 14. Tubos de agua peptonada con reactivó Kovac	43
Imagen 15 Confirmación de <i>Escherichia Coli</i>	44

Índice de tablas

Tabla 2. Metales pesados NON-001-SEMARNAT-2021	18
Tabla 3. Comparación de normativa NOM-001-SEMARNAT-2021 Y 1996	23
Tabla 4. Límites permisibles de NOM-001-SEMARNAT-2021	24
Tabla 5. Parámetros de Evaluación de acuerdo a normativas y Standard Methods	28
Tabla 6. Diseño experimental para la coagulación a diferentes dosis.....	34
Tabla 7. Diseño experimental para la coagulación a diferentes dosis	35
Tabla 8. Diseño experimental para la coagulación a diferentes dosis	36
Tabla 9. Diseño experimental para la coagulación a diferentes dosis	36
Tabla 10. Caracterización del agua residual.....	38
Tabla 11 resultados de coagulante catiónico de <i>Escherichia Coli</i>	49
Tabla 12. Resultados de coagulante aniónico de <i>Escherichia Coli</i>	50
Tabla 13. Características de coagulante catiónico de Enterococos	52
Tabla 14 características de coagulante aniónico de Enterococos	53
Tabla 15. Características de floculante catiónico en <i>Escherichia Coli</i>	55
Tabla 16. Características de floculante aniónico en <i>Escherichia Coli</i>	56
Tabla 17. Características de floculante catiónico en Enterococos.....	58
Tabla 18. Características de floculante aniónico en Enterococos	59
Tabla 19. Del número más probable <i>Escherichia Coli</i> (NMP)	68
Tabla 20. Del Número Más Probable Enterococos (NMP)	69

Índice de graficas

Grafica 1. Tratamientos de agua residual municipales (Comisión Nacional del Agua, 2021)..	11
Grafica 2. Tratamientos de agua residual Industriales (Comisión Nacional del Agua, 2021) ..	12
Grafica 3. Contaminantes de aguas residuales en el estado de Veracruz.....	13
Grafica 4. Contaminantes de <i>Escherichia Coli</i>	40
Grafica 5 Contaminantes Enterococos fecales	45
Grafica 6 resultados de Demanda Química de Oxígeno.....	46
Grafica 7. Resultados de Nitrógeno.....	47
Grafica 8 resultados de Fósforo	48
Grafica 9. Coagulante catiónico y aniónico en <i>Escherichia Coli</i>	51
Grafica 10. Coagulante catiónico y aniónico en Enterococos	54
Grafica 11. Características de floculante aniónico y catiónico en <i>Escherichia Coli</i>	57
Grafica 12. Resultados de floculante catiónico y aniónico en Enterococos	60
Grafica 13. Matriz de correlación entre dosis y muestra coagulante catiónico <i>Escherichia Coli</i>	70
Grafica 14. Matriz de correlación de Pearson coagulante aniónico <i>Escherichia Coli</i>	71
Grafica 15. Matriz de correlación de Pearson en coagulante catiónico en <i>Enterococos</i>	72
Grafica 16 Matriz correlación de Pearson coagulante aniónico <i>Enterococos</i>	73
Grafica 17. Matriz de correlación de Pearson en floculante catiónico <i>Escherichia Coli</i>	74
Grafica 18. Matriz de correlación floculante aniónico <i>Escherichia Coli</i>	75
Grafica 19. Matriz de correlación de Pearson floculante catiónico <i>Enterococos</i>	76
Grafica 20. Matriz de correlación de Pearson de floculante aniónico <i>Enterococos</i>	77

SIMBOLOGÍA

NMP	Número más probable
mL	Miligramo por litro
Ca (OH) 2	Hidróxido de calcio
Al 2 (SO 4) 3	Sulfato de aluminio
Ppm	Partes por millón
Mm	Milímetro
NaOH	Hidróxido de sodio
EPA	Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos
DQO	Demanda Química de Oxígeno
m ³	Metros cúbicos
ODS	Objetivos de Desarrollo Sostenible
DBO ₅	Demanda Bioquímica de Oxígeno a cinco días

RESUMEN

El objetivo principal de esta investigación fue evaluar el desempeño del tratamiento primario avanzado de la planta de tratamiento de aguas residuales la cual proviene del procesamiento de las aves. La industria avícola consume una gran cantidad de agua durante la producción de carne, pero esta agua no se incluye en el producto final, por lo que el agua consumida es agua residual. Se analizaron parámetros Físicos como pH, Químicos Demanda Química de Oxígeno (DQO), Nitrógeno y Fosforo, microbiológicos *Escherichia Coli* y *Enterococos Fecales*. Mediante prueba de jarras se analizó el coagulante y floculante, con dosis de 20,40,60,80 y 100 (PPM). El análisis de parámetros microbiológicos se basó en las normas mexicanas MNX-AA-167-SCFI-2017 y NMX-AA-042-SCFI-2015. Los resultados nos indican resultados positivos de remoción de materia orgánica. Se realizó análisis de coagulante y floculante en la remisión de microorganismos como pH, *Escherichia Coli* y *Enterococos Fecales* los cuales son parámetros que se agregaron a la normativa actual vigente NOM-SEMARNAT-2021 y son de suma importancia para el cumplimiento de esta.

Palabras clave: *Escherichia Coli*, *Enterococos*, remoción, tratamiento de aguas residuales

ABSTRACT

The main objective of this research was to evaluate the performance of the advanced primary treatment of the wastewater treatment plant which comes from poultry processing. The poultry industry consumes a large amount of water during meat production, but this water is not included in the final product, so the water consumed is wastewater. Physical parameters such as pH, chemical parameters Chemical Oxygen Demand (COD), Nitrogen and Phosphorus, microbiological parameters *Escherichia Coli* and Faecal Enterococci were analysed. The coagulant and flocculant were analysed by means of a jar test, with doses of 20,40,60,80 and 100 (PPM). The analysis of microbiological parameters was based on the Mexican standards MNX-AA-167-SCFI-2017 and NMX-AA-042-SCFI-2015. The results indicate positive results for organic matter removal. were performed analysis of coagulant and flocculant in the removal of microorganisms such as pH, *Escherichia Coli* and Faecal Enterococci which are parameters that were added to the current regulations NOM-SEMARNAT-2021 and are of utmost importance for compliance with this.

Keywords: *Escherichia Coli*, Enterococci, removal, wastewater treatment.

INTRODUCCIÓN

La escasez de agua en la actualidad es un problema que afecta a gran parte de la población mundial de acuerdo a Conagua solo el 2.5 % es agua dulce de la cual no toda esta a disponible para el consumo humano ya que la mayor parte se encuentra en glaciares, nieve o hielo, por lo que la contaminación de agua implica un considerable desafío para la salud humana y medio ambiente. Las aguas residuales representan uno de los problemas ambientales más relevantes a los que ve enfrentada la sociedad actual, razón por la cual, como sustancia vital que es, el agua es un servicio ecosistémico transversal a la mayoría de actividades realizadas por el ser humano. Las industrias avícolas consumen grandes cantidades de agua durante la obtención de la carne, la cual no forma parte del producto final, por lo que el agua consumida se convierte en agua residual. Toda agua residual posee ciertas características físicas como la densidad, el olor, el color, y la cantidad total de sólidos, que hace referencia a la materia remanente después de un proceso. Estas aguas también poseen características químicas particulares, tales como la cantidad de materia orgánica allí presente, cantidad de fosfatos, nitritos, nitratos, sulfatos, cloruros, metales pesados y gases como el oxígeno, metano, dióxido de carbono, amoníaco y nitrógeno gaseoso.

Teniendo en cuenta estas características, es importante llevar a cabo una apropiada caracterización fisicoquímica que permita determinar el tratamiento adecuado que deben recibir las aguas residuales de acuerdo a una normativa NOM001-SEMARNAT-2021.

La Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA), indica que los tratamientos de las aguas residuales se clasifican en tres categorías: (1) tratamiento primario (remoción de sólidos flotantes y sedimentables); (2) tratamiento secundario (eliminación de la mayoría de los asuntos); y (3) tratamiento terciario (eliminación de nitrógeno o fósforo o sólidos suspendidos). Durante el año 2019, las 2,462 plantas en operación a lo largo del país, trataron 141.5 m³/s, es decir el 65.7% de los 215.3 m³/s recolectados a través de los sistemas de alcantarillado. En el año 2020, las 2 786 plantas en operación trataron 144.7 m³/s, es decir el 67.2% de los 215.4 m³/s en los sistemas de alcantarillado.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El problema es, que el agua residual que produce la empresa no cuenta con el tratamiento adecuado. Un rastro de aves de tamaño mediano de acuerdo a INEGI de 11-100 trabajadores tiene una producción aproximada de 7000 pollos diarios con una huella hídrica de 3.7 litros de agua por cada kg de carne procesada, actualmente el crecimiento de la industria avícola es del 2.4% anual por lo que es necesario un tratamiento eficaz del agua residual que garantice el cumplimiento de la normatividad actual vigente, así como estrategias para el reúso del agua tratada para solventar los requerimientos hídricos actuales y futuros.

JUSTIFICACIÓN

Durante el año 2019, la industria en México trató 89.77 m³/s de aguas residuales, en 3,531 plantas en operación a escala nacional, mientras que, en el año 2020 el caudal tratado y el número de plantas disminuyeron a 71.67 m³/s y 3,307 plantas respectivamente.

Por otra parte, la actualización en la NOM en cuanto a estos parámetros (Demanda Química de Oxígeno (DQO), Toxicidad y Color) ha ocasionado que para la industria sea un reto cumplirlos, por lo cual en este trabajo se propone la evaluación del tratamiento primario avanzado con el objetivo de incrementar la eficiencia de dicho proceso y coadyuvar al cumplimiento de la normativa actual vigente. Las Ventajas del tratamiento primario avanzado, (menos área de la planta, rapidez de tratamiento, remoción de sólidos suspendidos que se encuentran en el agua). No obstante, también contribuye a reducir las grasas o aceites, el olor, color e incluso regular el PH y microorganismos. Aplicable para la naturaleza del agua residual.

HIPÓTESIS

La implementación de un tratamiento primario avanzado en el proceso de tratamiento de aguas residuales de la industria avícola resultará en una disminución del porcentaje de sólidos etc. de la calidad del agua residual, reduciendo microorganismos patógenos y la reducción de parámetros Fisicoquímicos.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Evaluar el tratamiento primario avanzado en la calidad del agua residual proveniente del procesamiento de aves.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar fisicoquímicamente y microbiológicamente las aguas residuales proveniente del rastro de aves de cruce de acuerdo a la normatividad actual vigente
- Evaluar proceso de coagulación en la remoción de macronutrientes y microorganismos del agua residual.
- Evaluar el proceso floculación en la remoción de macronutrientes y microorganismos del agua residual.
- Evaluar las condiciones de operación del tratamiento primario avanzado en para el cumplimiento de la normatividad actual vigente.

CAPÍTULO 1. MARCO TEÓRICO

1.1 ANTECEDENTES

1.1.1 Internacionales

Yara Font Prieur et al., (2022) menciona que el tratamiento de las aguas residuales es una tecnología relativamente nueva. Su inicio se remonta a fines del 1800 y principios del actual siglo, durante la época de la higiene. Esto se desarrolló como consecuencia de la relación entre la contaminación de los cuerpos de agua y las enfermedades de origen hídrico. En un principio, el tratamiento se hacía mediante la descarga de las aguas residuales al suelo, pero rápidamente la superficie de los terrenos no fue suficiente para absorber el cada vez mayor caudal de aguas residuales. Después de la epidemia de cólera en la mitad del siglo XIX, se construyeron sistemas de alcantarillado en Inglaterra, pero el tratamiento de aguas residuales recibió poca atención.

Metcalf y Eddy, (1995) indica que el tratamiento sistemático de las aguas residuales data de finales del siglo pasado y principios del presente. El desarrollo de la teoría del germen a cargo de Koch y Pasteur en la segunda mitad del siglo XIX marco el inicio en el campo del saneamiento.

Silvia et al., (2023) determinó la presencia bacteriana patógena, como *Vibrio* sp., *Enterococcus* spp., y la susceptibilidad a antibióticos de enterobacterias aisladas de la línea de líquidos en la planta de tratamiento de aguas residuales San Jerónimo; se conoce que el agua tratada que sale debe presentar menor carga bacteriana.

Caldera et al., (2010) realizó una evaluación de la eficiencia del sistema de tratamiento de aguas residuales de una industria avícola zuliana (ARIAZ).

1.1.2 Nacionales

La Comisión Nacional del Agua, (2024) realizó el análisis de la calidad del agua superficial consideró 8 parámetros indicadores: Demanda Bioquímica de Oxígeno a cinco días (DBO5), Demanda Química de Oxígeno (DQO), Sólidos Suspendidos Totales (SST), Coliformes fecales (CF), *Escherichia coli*, (E_COLI), Enterococos fecales (ENTEROC_FEC), porcentaje de saturación de Oxígeno Disuelto (OD%) y Toxicidad aguda (TOX).

La Comisión Nacional del Agua, (2023) indica los parámetros de calidad del agua en el estado de México

La NOM-001-SEMARNAT-2021, (2021) establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales. Es de observancia obligatoria para los responsables de las descargas de aguas residuales en cualquier tipo de cuerpo receptor propiedad de la Nación.

La NMX-AA-042-SCFI-2015, (2015) análisis de agua enumeración de organismos coliformes totales, organismos coliformes fecales (termotolerantes) y *Escherichia coli* método del número más probable.

NMX-AA-167-SCFI-2017, (2017) Análisis de agua enumeración de organismos patógenos: enterococos fecales en aguas naturales, residuales, residuales tratadas, salinas y costeras utilizando el método del número más probable (NMP) en tubos múltiples.

Uno de los sistemas más antiguos de gestión de aguas residuales se construyó en Mohenjo-Daro, cerca del río Indo (Pakistán), hacia el 1500 a.C. Algunos siglos más tarde, el río desvió su curso y, obviamente, la ciudad fue cedida y cubierta por la arena durante las décadas siguientes. En las décadas de 1930 y 1940 se descubrió de nuevo esta alta civilización primitiva. Las casas privadas y públicas estaban equipadas con retretes. El agua utilizada para lavarse y bañarse, así como el agua de lluvia, fluía a través de surcos especiales hacia canales que se construyeron con la pendiente necesaria para transportar el agua al río Indo (Wiesmann et al., 2007).

En 1972 se aprobó la Ley Federal de Contaminación del Agua. Esta ley obligaba a las comunidades a tratar las aguas residuales para proteger la salud humana y la calidad del medio ambiente. A raíz de esta ley, se hicieron necesarias medidas más eficaces para tratar los residuos. La necesidad de un tratamiento más eficaz de los residuos se satisfizo con el desarrollo de procesos de tratamiento biológico (Bitton, 2005).

1.2 Aguas residuales a escala mundial

Las estimaciones del estudio sugieren que, en la actualidad, se producen anualmente en todo el mundo 380 000 millones de m³ (m³ = 1000 L) de aguas residuales, lo que representa un volumen cinco veces superior al volumen de agua que pasa anualmente por las Cataratas del Niágara. Se espera que la producción de aguas residuales a nivel mundial aumente un 24 % para 2030 y un 51 % para 2050 sobre el nivel actual (Qadir et al., 2020).

Se espera que la producción mundial de aguas residuales alcance los 470.000 millones de m³ al final de la era de los ODS en 2030, lo que supone un aumento del 24% con respecto a la producción actual de aguas residuales. y para 2050, alcanzará los 574.000 millones de m³ un aumento del 51% respecto al nivel actual (Naciones Unidas, 2019).

1.3 Calidad del agua en México

En 2021, 788 sitios formaban parte de la red de agua superficial. El análisis de la calidad del agua superficial tomó en cuenta ocho indicadores: la demanda bioquímica de oxígeno a cinco días (DBO5), la demanda química de oxígeno (DQO), los sólidos suspendidos totales (SST), los coliformes fecales (CF), *Escherichia coli* (E_COLI), Enterococos (ENTEROC), el porcentaje de saturación de oxígeno (OD%) y la toxicidad (TOX). (Análisis y Transformación Ambiental México, 2023) Los resultados para 2021 mostraron una calificación de excelente para 41.7% de los sitios considerando DBO5, 11.6% para DQO, 51.5% para SST, 29.8%, CF, 39.7%, E_COLI, 87.1% para ENTEROC, 36.4% para OD%. El resto de los sitios recibieron calificaciones de

buena calidad a muy contaminadas. En el caso de toxicidad 95.4% de los sitios no presentaron toxicidad (Conagua, 2023).

Contar con agua de alta calidad tiene muchos beneficios, por lo que en México se ha establecido un marco legal que regula las descargas de aguas residuales a los cuerpos receptores mediante las siguientes normas:

Norma Oficial Mexicana NOM-002-Semarnat-1996, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en la descarga de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal. Publicada el 3 de junio de 1998.

Norma Oficial Mexicana NOM-003-Semarnat-1997, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes para las aguas residuales tratadas que se reúsen en servicios públicos. Publicada el 21 de septiembre de 1998.

Norma Oficial Mexicana NOM-004-Semarnat-2001, que establece las especificaciones y límites máximos permisibles de contaminantes en lodos y biosólidos para su aprovechamiento y disposición final (Eugenia, 2013).

El aumento de la población y las actividades económicas han provocado un rápido aumento en la necesidad de recursos hídricos. En la actualidad, el 36 por ciento de la población mundial reside en áreas afectadas por la escasez de agua. Además, la rápida urbanización, especialmente en países de renta baja y media, ha generado numerosos problemas relacionados con el agua. Estos incluyen una mala calidad del agua y una infraestructura inadecuada de agua y saneamiento, especialmente en las áreas periurbanas e informales que se están expandiendo (Banco Mundial, 2020).

1.4 Disponibilidad de agua dulce

Los recursos hídricos están bajo presión para satisfacer las demandas futuras debido al crecimiento demográfico y al cambio climático, los cuales pueden alterar la distribución espacial y temporal de la disponibilidad de agua dulce a nivel mundial. Varios de los principales acuíferos del mundo están sometidos a un creciente estrés y el 30% de los mayores sistemas de aguas subterráneas se están agotando (Richey et al., 2015).

La disponibilidad de agua promedio es de 97.5% agua salada y sólo el 2.5%, es decir 35 billones de hm^3 , es agua dulce, de esta cantidad casi el 70% no está disponible para consumo humano porque se encuentra en glaciares, nieve y hielo (Comisión Nacional del Agua, 2021).

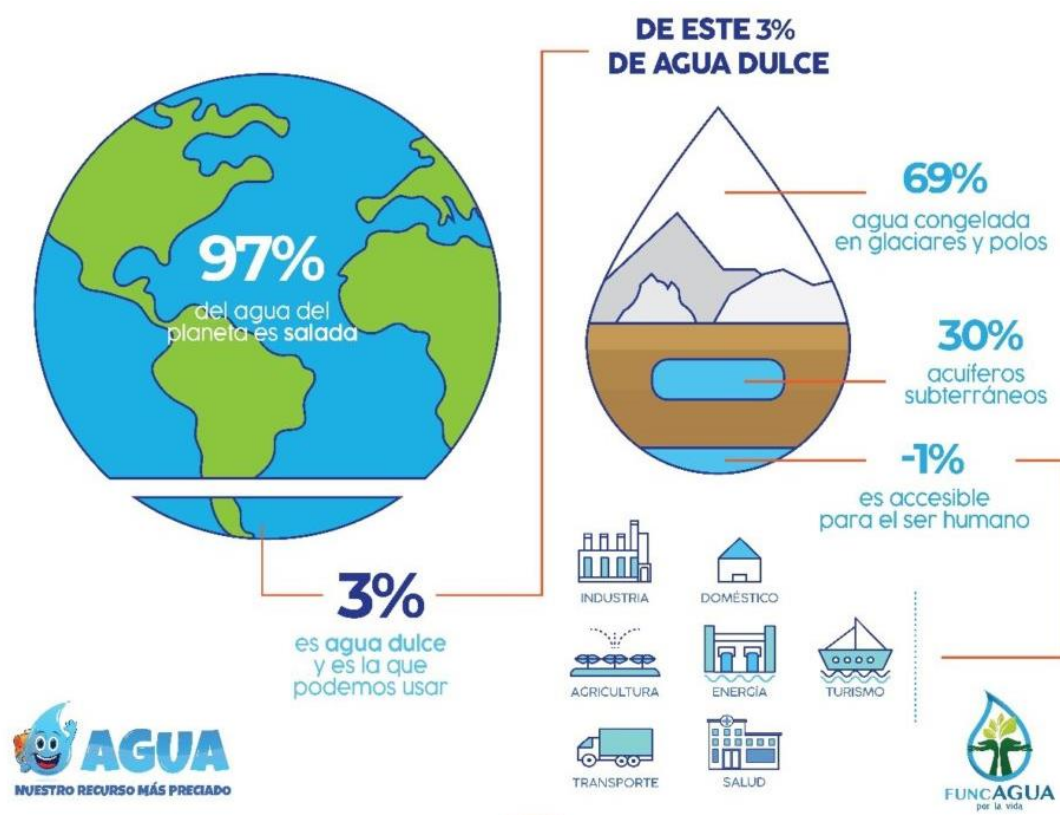


Imagen 1. Disponibilidad de agua (FUNCAGUA, 2020)

La cantidad promedio anual de agua disponible en el mundo es de 1,386 millones de km^3 , de los cuales el 97% es agua salada y el 3%, o 35 millones de km^3 , es agua dulce. Casi el 70% de

esta cantidad no está disponible para consumo humano porque se encuentra en forma de glaciares, nieve o hielo. Una pequeña parte del agua que técnicamente está disponible para el consumo humano se encuentra en lagos, ríos, humedad del suelo y depósitos subterráneos poco profundos, cuya renovación es el resultado de la infiltración (FUNCAGUA, 2020).

1.5 Aguas residuales de las Industrias Avícola

En siglos pasados las aguas residuales se vertían directamente en ríos para solventar estos problemas se introdujo la evacuación separa de las aguas residuales (Metcalf y Eddy, 1995). Las aguas residuales de las industrias avícolas contienen altas concentraciones de nitrógeno, fósforo, materia orgánica, sólidos suspendidos y grasas. Su composición y flujo generalmente varían según el proceso industrial, el tamaño de la instalación, el número de animales sacrificados, la eficiencia de la recolección de sangre y subproductos, el consumo de agua por ave sacrificado y el manejo del agua durante el proceso industrial (Caldera et al., 2010). En este sentido, la disposición sin tratamiento de estos efluentes a los cuerpos receptores tiene un efecto negativo en el medio ambiente.

En la industria avícola se encuentra el procesamiento de aves con un total de 7000 pollos al día, Consume 3.7 litros de agua por cada 1 kilo gramo de carne (Ecología Verde, 2020). Durante el proceso de sacrificio de aves, el agua se utiliza principalmente para escaldar, limpiar antes y después de la evisceración, enfriamiento, limpiar equipos e instalaciones y para retirar plumas y viseras del área de producción.

1.6 La industria avícola en Veracruz

De acuerdo la Unión Nacional de Avicultores en el estado de Veracruz cuenta con 20.47 % de producción de pollo en el 2021 (Unión Nacional de Avicultores, 2021).

La industria avícola de México es un sector estratégico para la alimentación, representando 28.5 por ciento de la producción nacional pecuaria, con un consumo per cápita anual de 34.2 kilogramos de pollo (Gobierno de México, 2021). En 2020 la carne de origen avícola representó

casi el 40 por ciento de la producción mundial de carne (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2023).

1.7 Proceso del agua residual en estudio

El tratamiento de agua residual de la industria de aves está conformado inicialmente por un tratamiento primario, donde son separados los sólidos de mayor tamaño (pluma y hueso) así como la mayor parte de grasa, enseguida el agua pasa a un tanque homogeneizador en donde es sometida a un tratamiento primario avanzado en el cual se le adicionan reactivos, en este caso se adiciona *Hidróxido de calcio* ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) (cal común). *Sulfato de aluminio* $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$. hipoclorito de sodio los cuales favorecen la separación de partículas de menor tamaño mediante el proceso de coagulación-floculación.

CAPÍTULO 2. ESTADO DEL ARTE

En los primeros años del siglo pasado, las aguas residuales de la mayoría de las comunidades se vertían directamente a ríos y corrientes mediante alcantarillado unitario. Para solventar estos problemas se introdujo la evacuación separada de las aguas residuales y de las aguas pluviales, y el tratamiento de las aguas residuales (R. S. Ramalho, 2009). Para atacar el problema de contaminación de las aguas residuales en el medio ambiente se empezaron a generar métodos de tratamiento más modernos y eficientes. La siguiente Tabla 1 indica las normas en las cuales fundamentamos los métodos de estudio para análisis de aguas residuales.

Tabla 1. Normas en los cuales se fundamenta la investigación

	NOM-001- SEMARNAT- 2021	NMX-AA-042- SCFI-2015	NMX-AA-167- SCFI-2017	STANDARD METHODS
Límites permisibles	Establecer los límites permisibles de las aguas residuales			
Análisis del agua Escherichia coli		Métodos de Prueba NMP/100 ml		
Análisis del agua Enterococos fecales			Métodos de prueba NMP/100 ml	
Análisis Físico Químicos				Métodos estándar para análisis del agua residual

2.1 Tratamiento de aguas residuales en México

En el año 2020, las 2 786 plantas en operación trataron 144.7 m³/s, es decir el 67.2% de los 215.4 m³/s el 67.2% de los sistemas de alcantarillado en zonas urbanas el 98.5% y zonas rurales el 83.2.%. La cobertura de alcantarillado en México la define la Comisión Nacional del Agua (Conagua). En 2019, 3 531 plantas en todo el país trataron 89.77 m³/s de aguas residuales por hora por parte de la industria. Se espera que el caudal de aguas residuales en 2020 aumente. El tratado y el número de plantas disminuyeron a 71.67 m³/s y 3 307 respectivamente esto indica un problema ya que el agua residual que se genera es mucho mayor cada año.

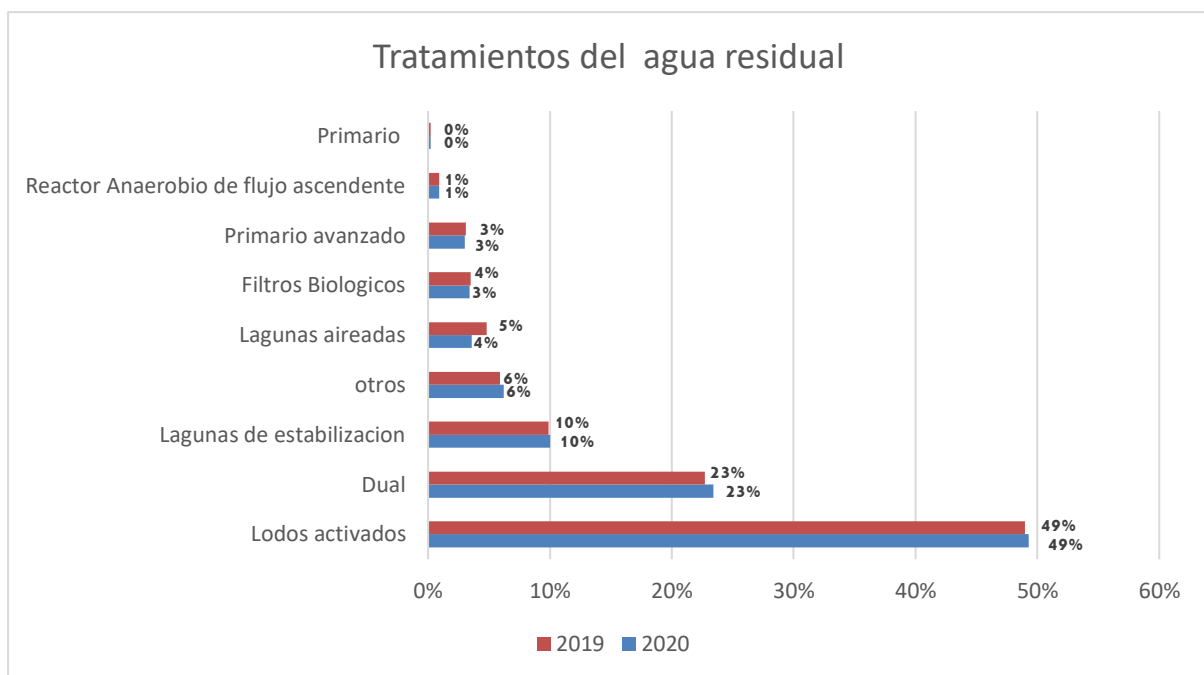
El tratamiento de aguas residuales está vinculado a la implementación de la Agenda de Desarrollo Sostenible 2023 objetivo 6 Agua Limpia y saneamiento el cual a su vez se vincula con 4 educación de calidad en el cual se da conocimientos a los jóvenes para promover el desarrollo sostenible, el numero 12 Producción y consumo responsable gestión sostenible y uso eficiente de los recursos naturales, objetivo 15 Vida de ecosistemas terrestres en el cual se asegura la conservación, restablecimiento y uso y el uso sostenible de los ecosistemas terrestres e interiores de agua dulce (Instituto Mexicano de la Juventud, 2018).



Imagen 2. ODS 6 Agua limpia y Saneamiento

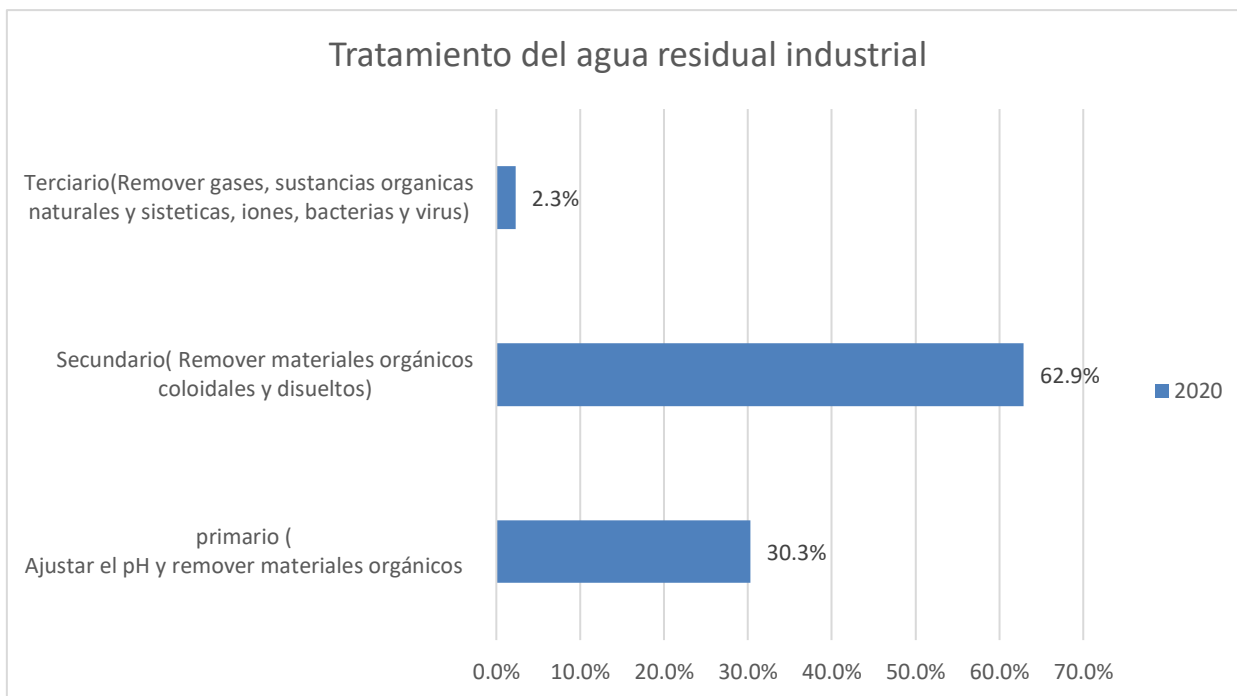
Los Objetivos de Desarrollo Sostenible agregan una nueva perspectiva a los desafíos del sector al tener en cuenta la sostenibilidad. Los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) no se limitan a brindar servicios de saneamiento, sino también a mejorar la calidad del agua, implementar una gestión integrada de los recursos hídricos, mejorar la eficiencia del uso del agua en diferentes sectores, reducir la cantidad de personas que sufren escasez de agua y restaurar los ecosistemas acuáticos (Banco Mundial, 2020).

Los principales procesos de tratamientos de aguas residuales municipales son: Lodos activados, Dual, Lagunas de estabilización, otros, Lagunas aireadas, Filtros Biológicos, Primario avanzado, Reactor Anaerobio de flujo ascendente y Primario como se puede observar los porcentajes en la siguiente grafica (Comisión Nacional del Agua, 2021). La grafica 1 Indica el tratamiento más utilizado para aguas residuales municipales es el de lodos Activos con un 49 % dejando el tratamiento primario como última opción con un 0.2 %.



Grafica 1. Tratamientos de agua residual municipales (Comisión Nacional del Agua, 2021)

Los procesos de tratamiento de agua residual industrial que se llevan a cabo en el estado de Veracruz la Comisión Nacional del Agua, (2021), indica que el tratamiento Primario: Ajusta el pH y remover materiales orgánicos y/o inorgánicos en suspensión con tamaño igual o mayor a 0.1 mm. Tratamiento secundario: Remover materiales orgánicos coloidales y disueltos) tratamiento terciario: Remover materiales disueltos que incluyen gases, sustancias orgánicas naturales y sintéticas, iones, bacterias y virus. La grafica 2 indica los porcentajes de cada tratamiento en el 2020. En el cual se puede observar que el tratamiento secundario con un 62.9 % es el más utilizado para tratar las aguas residuales de la Industria.

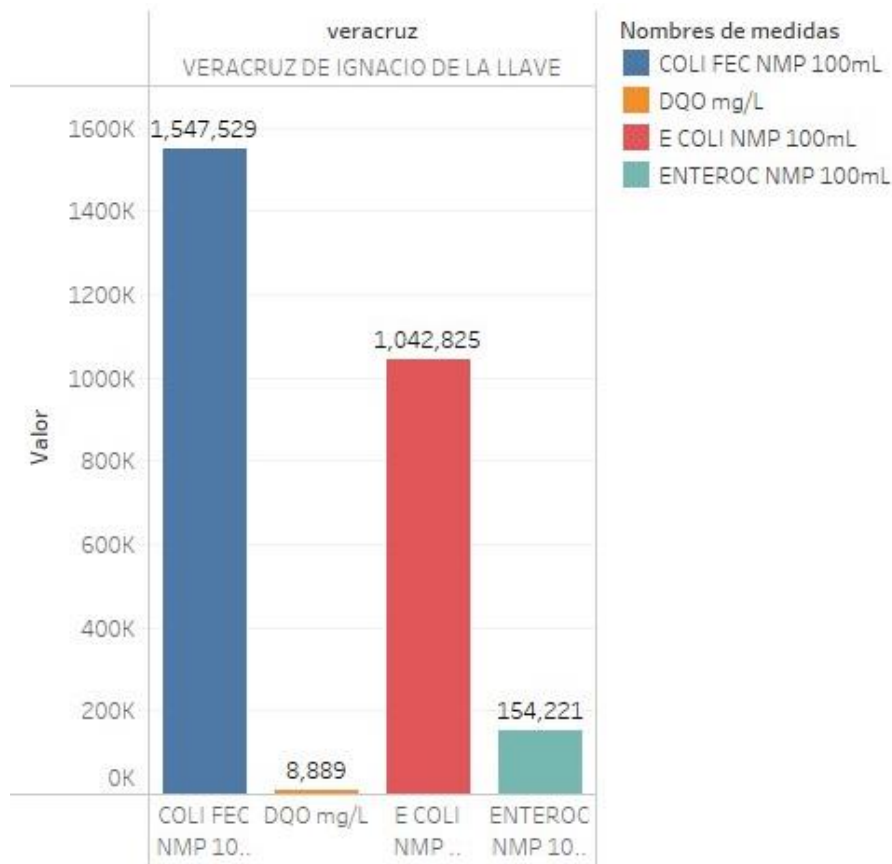


Grafica 2. Tratamientos de agua residual Industriales (Comisión Nacional del Agua, 2021)

2.2 Agua residual en el estado de Veracruz

A principios de la década de 1970, el Sistema de Evaluación de la Calidad del Agua se desarrolló debido a la necesidad de encontrar un método único y consistente para comprender la calidad del agua de una manera que fuera accesible al público. Este sistema se denominó Índice de Calidad del Agua (ICA) y permitía hacer comparaciones de niveles de contaminación en diferentes áreas. El ICA se define como el grado de contaminación existente en el agua a la fecha de un muestreo, expresado como un porcentaje de agua pura. Así, agua altamente contaminada tendrá un ICA cercano o igual a 0% y de 100% para el agua en excelentes condiciones (NOM-001-SEMARNAT-2021, 2021).

Indicadores de la calidad del agua superficial del año 2022 del Estado de Veracruz se pueden observar en la siguiente grafica 3 la cual muestra la cantidad de contaminantes, con el método del número más probable (CF) *Coliform Fecales* de 1,547,529, (DQO) Demanda Química de Oxígeno 8,889, (E_COLI) *Escherichia coli* 1,042,825 y Enterococos Fecales 154,221 (Comisión Nacional del Agua, 2023).



Grafica 3. Contaminantes de aguas residuales en el estado de Veracruz

El Banco Mundial inició la iniciativa "Agua residual: de residuo a recurso" en la región de América Latina y el Caribe (ALC) en 2018 con el fin de abordar el problema de las aguas residuales y crear conciencia entre los tomadores de decisiones sobre su potencial como recurso. Además, la iniciativa proporciona pautas y orientación para mejorar la planificación, la gestión, el financiamiento y la recuperación de recursos del tratamiento de aguas residuales y la recuperación de recursos (Banco Mundial, 2020).

2.3 Principios de las aguas residuales

El tratamiento de aguas residuales es un proceso global que conlleva la mejora de la calidad de las aguas residuales entre el punto de producción y vertido, este proceso tiene como objetivo mejorar las propiedades físicas, biológicas y químicas de las aguas residuales para eliminar tanto los contaminantes conocidos como los emergentes del agua que eventualmente esté disponible para su vertido al medio ambiente (Donde, 2017). Las propiedades físicas más importantes del agua residual son el contenido total de sólidos, términos que engloba la materia en suspensión, la materia sedimentable, la materia coloidal y la materia disuelta. Otras características físicas importantes son el olor, la temperatura, la densidad, el color y la turbidez (Metcalf y Eddy, 1995). El estudio de las características químicas de las aguas residuales se aborda en cuatro apartados:

- Materia orgánica
- Medición del contenido orgánico
- Materia inorgánica
- Gases presentes en el agua residual

2.3.1 Clasificación de las aguas residuales

Las aguas residuales se pueden definir como aquellas que, por uso del hombre, representan un peligro y deben ser desechadas, porque contienen gran cantidad de sustancias y/o microorganismos. Dentro de este concepto se incluyen aguas con diversos orígenes:

Aguas residuales o residuales domésticas: procedentes de heces y orina humanas, de higiene personal, de cocina y de limpieza. Suelen contener grandes cantidades de materia orgánica y microorganismos, así como pequeñas cantidades de jabones, detergentes, lejías y grasas.

Agua blanca: Puede provenir de fuentes atmosféricas (lluvia, nieve o hielo) o del riego y limpieza de calles, parques y espacios públicos. En zonas donde la precipitación atmosférica

sea muy abundante se podrá evacuar por separado para evitar la saturación del sistema de tratamiento.

Aguas residuales industriales: productos y subproductos de procesos en fábricas e instalaciones industriales que contienen aceites, detergentes, antibióticos, ácidos y grasas y otras fuentes de origen mineral, químico, vegetal o animal. Su composición varía mucho en función de las distintas actividades industriales.

Aguas residuales agrícolas: procedentes de actividades agrícolas. Por su origen, estas aguas suelen utilizarse para consumo urbano y se utilizan en muchos lugares para riego agrícola, con o sin pretratamiento.

2.4 Aguas residuales provenientes de procesamiento de aves

Las aguas residuales de los mataderos de aves contienen altas concentraciones de materia orgánica, grasas y sólidos suspendidos. Las características varían dependiendo del número de animales sacrificados, eficiencia de recolección de sangre y del manejo del agua en el proceso productivo. Estas contienen diversas cantidades de sangre, plumas, restos de carne, alimentos digeridos y sin digerir, deyecciones y partículas extrañas, donde la sangre proveniente de la zona de sacrificio y colgado de aves contribuye como principal contaminante, por lo que provocan un alto impacto ambiental en cuerpos receptores.

Actualmente una de las industrias más importantes de la zona centro del estado de Veracruz, es la industria avícola, esta industria en su división de rastro de aves, cuenta con una planta de tratamiento de aguas residuales (Gutiérrez & Caldera, 2012).

2.5 Materia orgánica

La materia orgánica en las aguas residuales se caracteriza tradicionalmente por DQO, TOC y DBO y generalmente se divide en fracciones particuladas y disueltas. La materia orgánica

de las aguas residuales es muy heterogénea y contiene especies con diferentes pesos moleculares, que van desde compuestos simples como el ácido acético hasta polímeros altamente complejos. En general, la caracterización de sustancias orgánicas a nivel molecular es importante para ampliar el conocimiento de los procesos de tratamiento de aguas residuales y los modelos matemáticos de lodos activados.

2.5.1 Microorganismos

Los microbios desempeñan un papel importante en el proceso de reciclado de residuos. principales responsables de la biodegradación de materiales inorgánicos y orgánicos y del reciclaje de nutrientes en el entorno natural. En las etapas de fermentación, los microbios desempeñan un papel esencial en el reciclado de residuos y ayudan en el tratamiento de aguas residuales (Rani et al., 2019).

Los microorganismos son clave en el tratamiento biológico de aguas residuales. La forma en que se desarrolla la biomasa determina la eficiencia y los mecanismos de conversión de compuestos orgánicos, debido a diferentes condiciones en las diversas estructuras microbianas.

***Escherichia coli*:** Es una bacteria con forma de bastón (bacilo), que pertenece a la familia de las Enterobacteriáceas; está considerada como el material biológico más utilizado en experimentación. Esta bacteria se encuentra en el tracto intestinal de los mamíferos. Las especies de *Escherichia coli* oportunistas producen infecciones sólo si abandonan el colon. Otros grupos producen hasta el 90% de las diarreas infantiles y la denominada diarrea del viajero. Esta última no es grave, pero la gastroenteritis aguda de los niños puede provocar la inflamación de la mucosa intestinal, dando lugar a deshidratación grave y heces purulentas.

***Enterococos fecales*:** antiguamente denominado *Streptococcus faecalis*, es un microorganismo que forma parte del microbiota de las vías intestinales y biliares. También se le puede encontrar como microbiota de la vagina y de la uretra masculina, así como en el tracto intestinal de animales, como aves de corral, ganado vacuno, perros, cerdos, caballos, cabras y ovejas. *Enterococos* son aquellas bacterias de forma cocoide Gram positivas, aerobias o anaerobias

facultativas, catalasas negativas, inmóviles, que no forman endosporas o cápsulas y capaces de fermentar la glucosa con producción de ácido de $36\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ en un período máximo de 48 h. Entre las características metabólicas que distinguen al género *Enterococos* se encuentra la capacidad para crecer en presencia de 6.5 % de NaCl en agar de bilis esculina, y a $10\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ en agar infusión cerebro corazón y $45\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ en caldo infusión cerebro corazón. Son capaces de hidrolizar la esculina en presencia de 40 % de bilis.

Bitton, (2005) menciona que habitan habitualmente en el tracto intestinal de los seres humanos y los animales de sangre caliente, por lo que se utilizan para detectar la contaminación fecal en el agua. se utilizan para detectar la contaminación fecal en el agua. Los miembros de este grupo sobreviven más tiempo que otros indicadores bacterianos, pero no se reproducen en el medio ambiente. Un subgrupo de un subgrupo del grupo de los estreptococos fecales, los enterococos (*S. faecalis* y *S. faecium*).

2.6 Demanda química de oxígeno (DQO)

El valor de la demanda química de oxígeno, DQO-TS, del agua, determinado a través de este método del dicromato, puede ser considerada como una medida aproximada de la demanda teórica de oxígeno, por ejemplo: la cantidad de oxígeno consumida en la oxidación química total de constituyentes orgánicos presentes en el agua. El grado en el cual los resultados de prueba se aproximan al valor teórico depende principalmente de qué tan completa es la oxidación.

2.6.1 Contaminantes de importancia en el tratamiento del agua residual

Sólidos en suspensión: pueden dar lugar al desarrollo de depósitos de fango y de condiciones anaerobias cuando se vierte agua residual sin tratar al entorno acuático.

Materia orgánica biodegradable: Compuesta principalmente por proteínas, carbohidratos, grasas animales, la materia orgánica biodegradable se mide, en la mayoría de las ocasiones, en función de la DBO (demanda bioquímica de oxígeno) y de la DQO (demanda química de

oxígeno). Si se descargan al entorno sin tratar su estabilización biológica puede llevar al agotamiento de los recursos naturales de oxígeno y al desarrollo de condiciones sépticas.

Patógenos: Pueden transmitir enfermedades contagiosas por medio de los organismos patógenos presentes en el agua residual.

Nutrientes: El nitrógeno como el fosforo, junto con el carbono, son nutrientes esenciales para el crecimiento. Cuando se vierte al entorno acuático, estos nutrientes pueden favorecer el crecimiento a una vida acuática no deseada.

2.7 Metales pesados

Los metales pesados son sustancias propias de la naturaleza de peso molecular alto, muy difundidos y en muchos casos muy útiles, como, por ejemplo, el plomo que se utiliza mucho para tubería, y el cadmio. Hablando ya de la contaminación, los metales pesados tienen efectos en la salud y afectan diferentes órganos. Los metales pesados que nos marca la NOM-001-SEMARNAT- 2021 permisibles para las aguas residuales se encuentran en la siguiente tabla 2.

Tabla 1. Metales pesados NON-001-SEMARNAT-2021

Parámetros (miligramos por litro)	Ríos, Arroyos, Canales y Drenos			Embalses, lagos y lagunas			Zonas marinas mexicanas			Riego de áreas verdes			Suelo Infiltración y otros riegos			Cárstico		
	P.M	P. D	V.I	P.M	P. D	V.I	P.M	P.D	V.I	P.M	P. D	V.I	P.M	P.D	V.I	P.M	P.D	V.I
Arsénico	0,2	0,3	0,4	0,1	0,15	0,2	0,2	0,3	0,4	0,2								
Cadmio	0,2	0,3	0,4	0,1	0,15	0,2	0,2	0,3	0,4	0,05								
Cianuro	1	2	3	1	1,5	2	2	2,50	3	2								
Cobre	4	5	6	4	5	6	4	5	6	4								
Cromo	1	1,25	1,5	0,5	0,75	1	1	1,25	1,5	0,5								
Mercurio	0,01	0,015	0,02	0,005	0,008	0,01	0,008	0,01	0,02	0,005	0,008	0,01	0,005					
Níquel	2	3	4	2	3	4	2	3	4	2	3	4	2	3				
Plomo	0,2	0,3	0,4	0,2	0,3	0,4	0,5	0,75	1	0,5	0,75	1	0,2	0,3	0,4	0,2		
Zinc	10	15	20	10	15	20	10	15	20	10	15	20	10	15	20	10	15	20

2.8 Tratamiento primario avanzado

El tratamiento primario avanzado consiste en aplicar la Coagulación-Floculación en el tratamiento de agua residual, utiliza diseños compactos y polímeros de alto peso molecular y elevada densidad de carga. Es un proceso en el cual se añaden reactivos químicos para la eliminación de sólidos suspendidos, materia coloidal y orgánica evaluada como DBO (Jiménez, 2017)

2.9 Coagulación floculación

La coagulación y la floculación son componentes esenciales de los sistemas convencionales de tratamiento de aguas diseñados para:

- Eliminar agentes infecciosos
- Eliminar compuestos tóxicos que se han adsorbido a la superficie de las partículas
- Eliminar los precursores de la formación de subproductos de la desinfección, y
Hacer que el agua sea apetecible.

El objetivo de la coagulación y posteriormente de la floculación, es convertir las partículas pequeñas en partículas más grandes llamadas flóculos, ya sea en forma de precipitados o de partículas en suspensión. Las partículas más grandes denominadas flóculos, ya sea en forma de precipitados o de partículas en suspensión. Los flóculos se eliminan fácilmente en procesos posteriores como la decantación, la flotación por aire disuelto (DAF) o la filtración (Davis, 2002).

2.9.1 Coagulación

Proceso de desestabilización química de partículas coloides que se producen al neutralizar las fuerzas que los mantienen separados, esto por medio de adición de los coagulantes químicos y

la aplicación de la energía de mezclado. Las sustancias químicas anulan las cargas eléctricas de la superficie del coloide permitiendo que las partículas coloidales se aglomeran formando flóculos.

La coagulación es el tratamiento más eficaz, pero es el que representa un gasto elevado cuando no está bien realizado. Método universal porque elimina una gran cantidad de sustancias de diversas naturalezas y de peso de materia que son eliminados al menor costo, en comparación con otros métodos. La imagen 3 muestra como las sustancias químicas anulan las cargas eléctricas sobre la superficie del coloide, de modo que puedan aglomerarse formando flóculos.

La coagulación significa un proceso en el que las partículas coloidales dispersas se aglomeran las partículas suspendidas suelen ser de un tamaño muy pequeño, y pueden tener cargas eléctricas en ellas o entre las partículas. Por lo general, estas son cargas negativas, que hacen que se repelen entre sí. Los coagulantes se utilizan para neutralizar estos cargos. Neutralizan las cargas eléctricas repulsivas entre las pequeñas partículas al rodearlas. Esto permite que las partículas se junten y formen grupos más grandes. Los coagulantes catiónicos se utilizan en gran medida para esto. Después de agregar coagulantes, la mezcla debe mezclarse rápidamente para dispersar los coagulantes en todo el líquido.

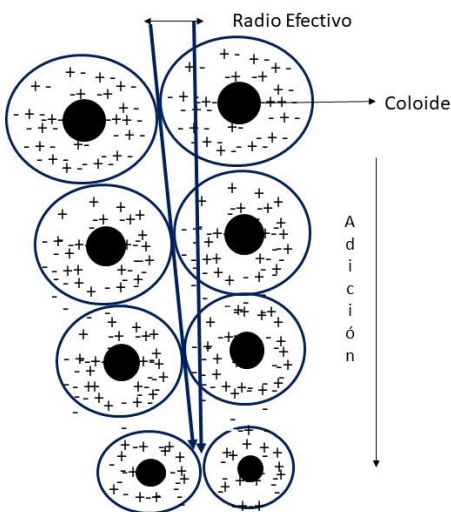


Imagen 3. Coagulación (esquema de neutralización de partículas)

2.9.2 Floculación

Es el proceso que sigue en la coagulación, que consiste en la agitación de la masa coagulada que sirve para permitir el crecimiento y aglomeración de los flóculos recién formados con la finalidad de aumentar el tamaño y peso necesario para sedimentar con facilidad. Estos flóculos inicialmente pequeños, crean al juntarse aglomerados mayores que son capaces de sedimentar. Los flóculos formados por la aglomeración de varios coloides no son lo que suficientemente grande como para sedimentar con rapidez deseada, por lo que el empleo de un floculante es necesario para reunir en forma de red, formando puente de una superficie a otra enlazando las partículas individuales en aglomerados.

La floculación es favorecida por el mezclado lento que permite juntar poco a poco los flóculos; un mezclado demasiado intenso los rompe y raramente se vuelven a formar en su tamaño y fuerza óptimos. La floculación no solo incrementa el tamaño de las partículas del flóculo, también aumenta su peso. Puede ser mejorado por la adición de un reactivo de floculación (Andía, 2000).

El floculante tiende un puente entre las partículas coloidales aglomeradas para formar flóculos más grande fácilmente sedimentables como se muestra en la imagen 4.

Los floculantes facilitan la aglomeración y, por lo tanto, producen flóculos más grandes. Estos tienden a asentarse debido a la fuerza gravitacional. Los floculantes intentan unir las moléculas formando grupos. Por ejemplo, un floculante aniónico reaccionará con un polímero de carga positiva y adsorberá esas partículas. Esto puede causar desestabilización debido a la neutralización de la carga o el puenteo. En la floculación, los floculantes se agregan lentamente y se mezclan suavemente. Por lo tanto, los pequeños flóculos pueden aglomerarse en partículas más grandes.

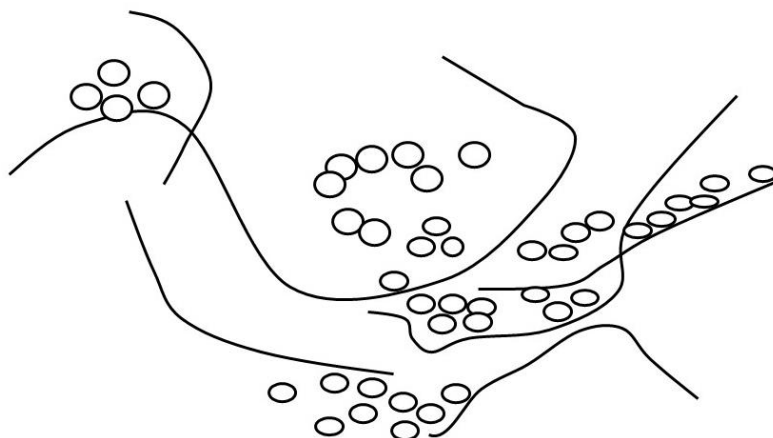


Imagen 4 Floculación (Aglomeración de partículas)

2.10 Actualización de la normatividad vigente

Esta norma oficial mexicana establece los límites permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en cuerpos receptores propiedad de la nación, con el fin de proteger, conservar y mejorar la calidad de las aguas y bienes nacionales. Con respecto a la NOM-001-SEMARNAT-1996 tiene las siguientes modificaciones:

2.10.1 Comparación de la normatividad actual vigente

Actualmente, existen descargas de aguas residuales que aún se encuentran cumpliendo con los parámetros establecidos en la NOM-001-SEMARNAT- 1996, contaminando los cuerpos receptores de aguas nacionales. La normatividad actual ha tenido un cambio Se eliminaron los siguientes parámetros: DBO₅, Materia Flotante, Sólidos Sedimentales y Coliformes Fecales. Los límites permisibles se establecen de acuerdo con la naturaleza del cuerpo receptor en donde se descargue: ríos, arroyos, canales y drenes; embalses, lagos y lagunas; zonas marinas mexicanas; y suelos (NOM-001-SEMARNAT-2021, 2021). Se introducen y controlan nuevos criterios: Demanda Química de Oxígeno (DQO), Toxicidad y Color. Se incluye la utilización Carbono Orgánico Total para medir la carga orgánica contaminante, en sustitución de DQO, en aguas que presenten concentraciones mayores a 1000 mg/L de cloruros. Se establecen los 35 °C como

la temperatura máxima del agua a descargarse en los cuerpos de agua de jurisdicción federal. En la tabla 3 se muestra específicamente los cambios que se dieron con respecto a los límites de los parámetros.

Tabla 2. Comparación de normativa NOM-001-SEMARNAT-2021 Y 1996

	ACTUALIZACIÓN		
	NOM-001-SEMARNAT-1996	NOM-001-SEMARNAT-2021	
Temperatura	40 °C	35°C	
Grasas y Aceites mg/l	150 a 25	15 a 21	
Solidos Suspendidos	200 P. D	70 P. D	
Totales mg/l			
Demanda Química de	DQO P.M 180 mg/L P.D 150		
Oxigeno mg/l			
Carbono Orgánico Total	P.D 45 P.M 38		
mg/l			
Nitrógeno total mg/l	P.D 60 P.M 40	P.D 30 P.M 25	
Fosforo total mg/l	P.D 30 P.M 20	P.D 18 P.M 15	
PH	PH 6 y 9 U pH		
Escherichia Coli de 100	P.D 500 P.M 250		
NMP/100 mL			
Enterococos Fecales	P.D. 400 P.M 250		
NMP/ 100 ml			

La siguiente Tabla 4 de la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEMARNAT-2021, que establece los límites permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en cuerpos receptores propiedad de la nación, con el fin de proteger, conservar y mejorar la calidad de las aguas y bienes nacionales. Obligatoria para los responsables de las descargas de aguas residuales, se pueden identificar los parámetros de *Escherichia coli* y Enterococos fecales. La concentración de parámetros básicos, así como de contaminantes patógenos y parasitarios, no debe exceder el valor indicado como límite permisible de acuerdo al tipo de cuerpo receptor.

Tabla 3. Límites permisibles de NOM-001-SEMARNAT-2021

Límites permisibles NOM-001-SEMARNAT-2021																		
Parámetros (*) miligramos por litro, excepto cuando se especifique	Ríos, Arroyos, Canales, Drenes			Embalses, Lagos y lagunas			Zonas Marinas Mexicanas			Riego de áreas verdes			Suelo Infiltración y otros riegos			Cárstico		
	P.M	P.D	V.I	P.M	P.D	V.I	P.M	P.D	V.I	P.M	P.D	V.I	P.M	P.D	V.I	P.M	P.D	V.I
Temperatura °C	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35
Grasas y aceites	15	18	21	15	18	21	15	18	21	15	18	21	15	18	21	15	18	21
Solidos suspendidos totales	60	72	84	20	24	28	20	24	28	30	36	42	100	120	140	20	24	28
Demanda Química de Oxigeno	150	180	210	100	120	140	85	100	120	60	72	84	150	180	210	60	72	84
Carbono orgánico Total	38	45	53	25	30	35	21	25	30	15	18	21	38	45	53	15	18	21
Nitrógeno Total	25	30	35	15	25	30	25	30	35	NA	NA	NA	NA	NA	NA	15	25	30
Fosforo Total	15	18	21	5	10	15	15	18	21	NA	NA	NA	NA	NA	NA	5	10	15
Huevos de Helminthos	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA									
Escherichia Coli (NMP/100mL)	250	500	600	250	500	600	250	500	600	250	500	600	250	500	600	50	100	200
Enterococos Fecales (NMP/100mL)	250	400	500	250	400	500	250	400	500	250	400	500	250	400	500	50	100	200
pH (UpH)	6 9																	
Color Verdadero	Longitud de onda						Coeficiente de absorción espectral máximo											
	436 nm						7.0 m-1											
	525 nm						5.0 m-1											
	620 nm						3.0 m-1											
Toxicidad Agua (UT)	2 a los 15 minutos de exposición																	

CAPÍTULO 3. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA

En el presente capítulo se tratará la metodología aplicada para la evaluación del agua residual proveniente del proceso de aves utilizando métodos estándar ya establecidos y apegándose a la normatividad actual vigente.

En la imagen 4 se describe de manera esquemática de general la metodología experimental para el estudio del agua residual proveniente del rastro de aves se compone principalmente de cuatro aspectos primordiales:

1. Obtención, caracterización y clasificación de las aguas residuales
2. Acondicionamiento de la muestra
3. Evaluar el tratamiento primario avanzado
4. Definir las estrategias de tratabilidad.

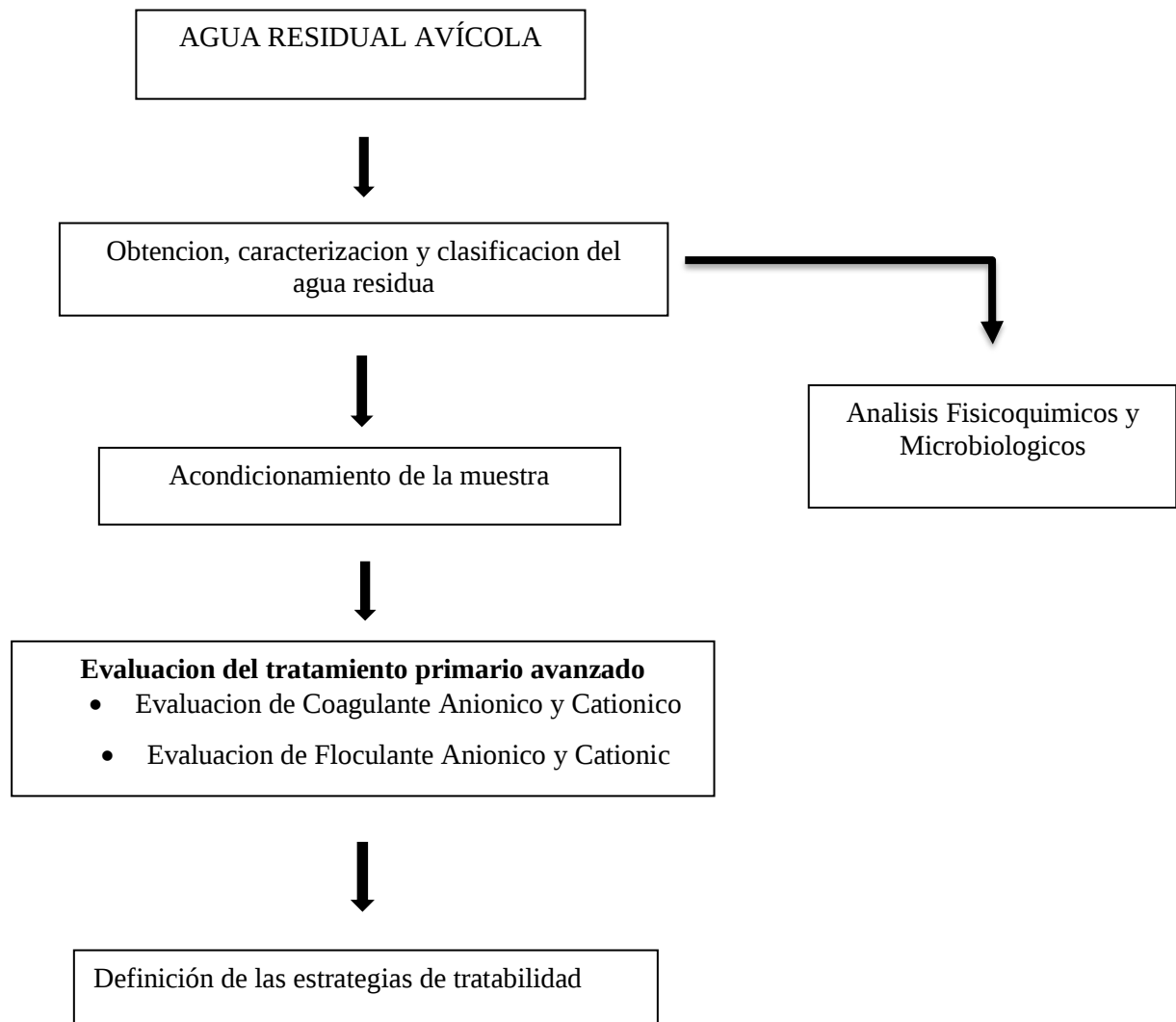


Imagen 5. Metodología empelada para análisis fisicoquímicos y microbiológicos del agua residual

3.1 Muestreo del agua residual

El agua residual utilizada para los ensayos de estabilización se obtuvo de muestra simple en recipientes estériles con un volumen mínimo de muestra de 100 mL. realizados periódicamente en la planta de tratamiento de aguas residuales en una planta avícola en su división de rastros de aves. El agua residual de los mataderos, es un líquido que se considera de tipo agroindustrial y se presume que por su origen presenta concentraciones elevadas de microorganismos patógenos. La planta de tratamiento recibe aguas residuales de la matanza de aves que inicia con la recepción de aves, donde el agua residual es de lavado de camiones, lavado de jaulas, desangrado, escaldado (plumas, temperatura y sangre), desplumado (plumas), lavado de instalaciones (sangre, materia orgánica y contenido digestivo).

3.2 Caracterización fisicoquímica y microbiológica del agua residual

La caracterización del agua residual fue realizada a través de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos los cuales se muestran en tabla 5 se describe el parámetro, la unidad y el método por el cual se realizará con base en la normativa (NOM-001-SEMARNAT-2021, 2021) y a los Standard Methods. Destacando que el análisis de las muestras se realizó antes y después de las pruebas de estabilización.

Tabla 4. Parámetros de Evaluación de acuerdo a normativas y Standard Methods

Físicos	Unidad	Limite Normativo	Método
pH		6-9	Potenciométrico
Temperatura	°C		Termopar
Sólidos suspendidos Totales	mg*L	35	Método 2540
Químicos	Unidad		Método
Demanda Química de Oxígeno	mg*L	180	
Nitrógeno	mg*L	30	4500-NH3 B
Fósforo	mg*L	18	Espectrofotómetro HACH-DR/2500.
Microbiológicos	Unidad		Método
Escherichia coli	(NMP/100 ml)	500	NMX-AA-042-SCFI-2015
Enterococos Fecales	(NMP/100 ml)	400	NMX-AA-167-SCFI-2017

3.2.1. Potencial Hidrogeno (pH)

El pH es el parámetro que indica la concentración de iones hidrógeno en una disolución, para el presente proyecto este parámetro se midió directamente de la muestra con un medidor de pH/mV Orion 250^a, el cual se calibra con soluciones tampón de pH 7.0 y 12.00 la resolución de la lectura es de 0.01 unidades de pH y la precisión de ± 0.01 .

3.2.2 Solidos totales

La determinación del contenido de sólidos totales (ST) y de sólidos volátiles (SV) se realizó de acuerdo con el método 2540 E de Standard methods for examination of water and wastewater (APHA, 1995), los ST se determinaron mediante diferencias de peso de la muestra, secado primero a 150°C en estufa en un tiempo de 24 horas, con respecto al peso de materia fresca inicial.

3.2.3 Fósforo

El fósforo empleado para la determinación de fósforo fue el de Bray I, este método se ha empleado como un índice del fósforo aprovechable en los suelos, se emplea el Espectrofotómetro marca: HACH, modelo: DR/2500.

La combinación del ácido clorhídrico y el fluoruro de amonio tienen por objetivo extraer las formas de fósforo asimilable fácilmente solubles, el fluoruro de amonio disuelve los fosfatos debido a la formación de un ion complejo con estos compuestos cuando se encuentran en solución ácida.

3.2.4 Nitrógeno

El nitrógeno amoniacal se ha analizado por el método de destilación, siguiendo el método 4500-NH₃ B Standard methods for examination of water and wastewater (APHA, 1995). En donde se analiza el contenido total de sales amoniacales mediante la destilación de la muestra, se añade una base fuerte (NaOH 40%) para subir el pH y desplazar el equilibrio hacia la formación de amoniaco molecular. El destilado se recoge en ácido bórico con indicador, al recogerse el vapor en un medio ácido el amoniaco pasará a la forma iónica no volátil. Finalmente se realizará la valoración del borato que ha reaccionado con el amoniaco, mediante titulación con un ácido fuerte, H₂SO₄, de normalidad conocida, el cálculo de la concentración de nitrógeno amoniacal se expresa en N-NH₄⁺/L.

3.2.5 *Escherichia coli*

Escherichia coli mediante Caldo Lactosa se realizó diluciones e inculo alícuotas en el medio, en tubos múltiples y tubo Durham invertido, con 9 mL de medio presuntivo y 1 mL de muestra con series de 10, 1.0 y 0.1 mL este proceso se hizo en un área estéril, se incubó de 24 h a 48 h $\pm$ 3 h a 35 °C $\pm$ 0.5 °C horas, se examinaron los tubos de cultivo a las 48 h de incubación y registro como reacción positiva los que mostraron turbidez y formación de gas en el interior del tubo invertido tubo de Durham.

Para confirmar la presencia de organismos coliformes fecales (termotolerantes), preparo el medio Caldo EC y se resembraron en un área estéril, se llevó a incubadora a una temperatura de $44.5\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0.2\text{ }^{\circ}\text{C}$ por $24\text{ h} \pm 2\text{ h}$ y se examinó la producción de gas. Para confirmar la presencia de *Escherichia coli*, preparo agua peptonada con 0.5 de Peptona, 4.25 de Cloruro de Sodio en medio litro de agua destilada con un pH de 7, se distribuyó de 10 ml de solución en tubos se llevó a autoclave por 15 minutos en autoclave, pasando los 15 minutos se realizó el resembrado por método de triple azada y se incubo a $44.5\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0.2\text{ }^{\circ}\text{C}$ por $24\text{ h} \pm 2\text{ h}$. Después del periodo de incubación se adiciono 0.2 mL de reactivo de Kovac, a todos los tubos resembrados; el desarrollo de una coloración roja en la parte superior del tubo después de una agitación suave, denota la producción de indol, característica de la presencia de *Escherichia coli*, para enumerar el NMP/100 mL de *Escherichia Coli* se tomó en cuenta la serie de tubos utilizada para expresión de resultados este proceso a partir de la norma mexicana (NMX-AA-042-SCFI-2015, 2015). La cual especifica el método enumeración en agua de organismos coliformes, organismos coliformes fecales (termo tolerantes) y *Escherichia coli*.

Con el número de tubos de las pruebas confirmativas que dieron reacciones positivas, se calculo el número más probable de *Escherichia Coli* en 100 mL de muestra, refiriéndonos a las tablas estadísticas del NMP anexo 1 y utilizando la siguiente formula

$$\frac{NMP}{100} ml - \frac{10}{v} \times F \left(\frac{NMP}{100} mL \right)$$

Dónde:

F= Valor de tablas NMP /mL, este se obtendrá de la combinación de tubos positivos y negativos donde se tengan todos los tubos positivos en una misma dilución y las 2 diluciones posteriores a esa combinación.

V= volumen mayor de muestra

10= factor de dilución

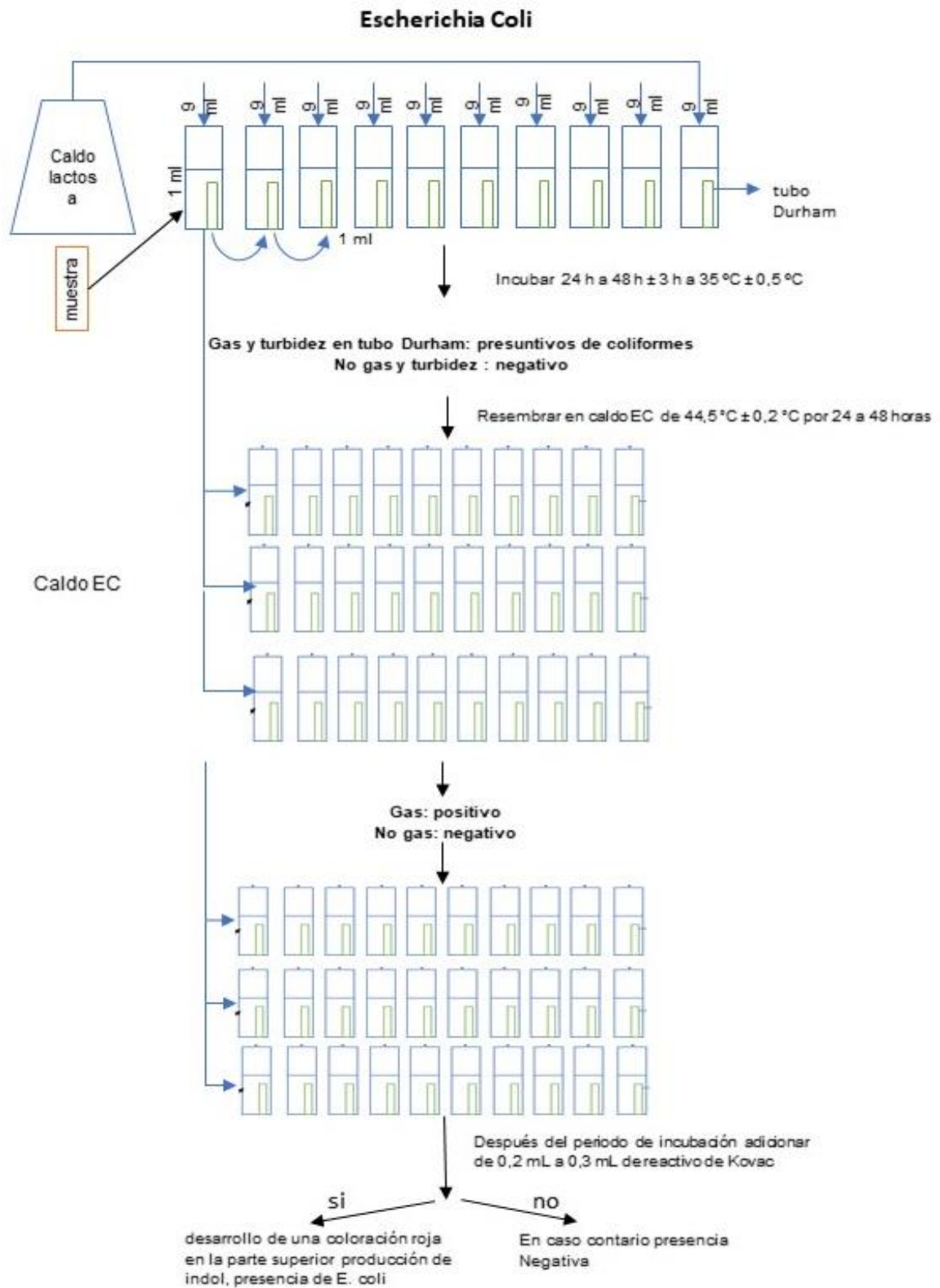


Imagen 6. Procedimiento para prueba de *Escherichia Coli*

3.2.6 Enterococos fecales

El procedimiento de esta técnica Método del número más probable (NMP) consiste en inocular la muestra de agua en una serie de tubos en caldo azida dextrosa (medio de aislamiento presuntivo) Incubar los tubos a $35\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Examinar la turbidez de cada tubo después de $24\text{ h} \pm 2\text{ h}$. Continuar la incubación por $24\text{ h} \pm 3\text{ h}$ en aquellos tubos que no presenten estos cambios y examinar nuevamente. Para una prueba confirmativa después de 24 h o 48 h de incubación todos los tubos que muestran turbidez en caldo azida dextrosa deben ser confirmados. Realizando subcultivos de cada tubo que haya dado un resultado positivo en cajas Petri con agar azida bilis esculina (BEA). Incubar las cajas invertidas de agar azida bilis esculina (BEA) a $35\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ por un periodo de $24\text{ h} \pm 2\text{ h}$.

Las colonias cafés negruzcas con halos de color café confirman la presencia de Enterococos fecales, transferir estas colonias a tubos que contengan caldo infusión cerebro corazón con NaCl al 6.5 %, incubar a $35\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ por un período de tiempo de $48\text{ h} \pm 4\text{ h}$. Cuantificación de resultados estimar la densidad microbiana de Enterococos fecales a partir del número de tubos de cada serie de diluciones que fueron positivos en agar azida bilis esculina (BEA) y de la misma forma en tubos positivos en caldo infusión cerebro corazón con 6.5 % de NaCl.

Con el número de tubos de las pruebas confirmativas que hayan dado reacciones positivas, se calcula el número más probable de Enterococos fecales en 100 mL de muestra, refiriéndose a las tablas del NMP anexo 2. Estos análisis a partir de la norma mexicana (NMX-AA-167-SCFI-2017, 2017).

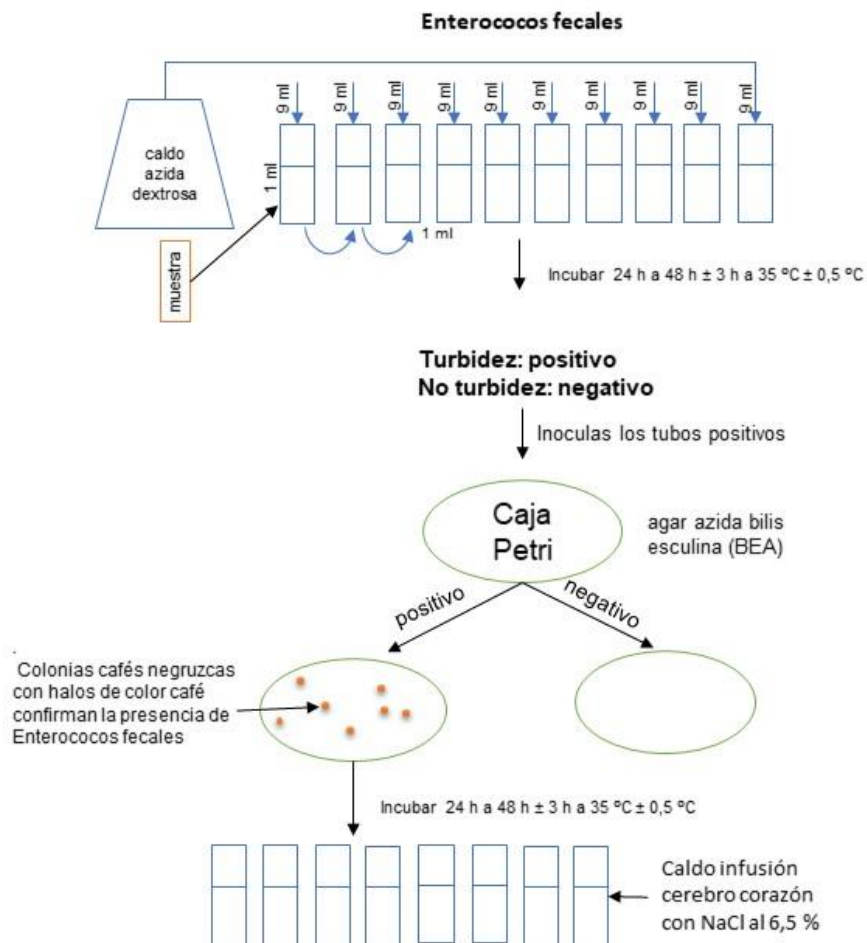


Imagen 7. Procedimiento para prueba de Enterococos Fecales

3.3 Evaluación de tratamiento primario avanzado en el tratamiento del agua residual.

3.3.1 Evaluación del coagulante aniónico en la remoción microbiológica y materia orgánica.

Las pruebas de estabilización de coagulación aniónico a diferentes dosis se realizaron en un equipo de prueba de jarras con vaso de precipitado con capacidad de 1 litro con las siguientes concentraciones 0, 20,40,60, 80 y 100 ppm para coagulante el agua se homogenizará a 100 rpm durante 5 min y enseguida a reposar por 5 min, realizando 4 réplicas, al término de cada prueba se realizará la evaluación fisicoquímica y microbiológica.

Tabla 6 diseño experimental para la coagulación a diferentes dosis.

Tabla 5. Diseño experimental para la coagulación a diferentes dosis.

Factores	Niveles
Dosis coagulante	20,40,60,80 y 100
Número de tratamientos	5
Número de muestras por tratamiento	4
Total, de muestras	20

Para validar los resultados se utilizó un análisis estadístico para cada concentración, se empleó un diseño unifactorial de bloques completos la Tabla 6 muestra el diseño utilizado para la concentración de coagulante aniónico.

El objetivo primordial de la estabilización es reducir la concentración de microorganismos patógenos en este caso *Escherichia Coli* y Enterococos fecales.

3.3.2 Evaluación del coagulante catiónico en la remoción microbiológica y materia orgánica

Las pruebas de coagulación catiónico a diferentes dosis se realizarán en un equipo de prueba de jarras con vaso de precipitado con capacidad de 1 litro se aplicaron dosis de 20,40,60,80

y 100 ppm para coagulante el agua se homogenizará a 100 rpm durante 5 min y enseguida a reposar por 5 min, realizando 4 réplicas, al término de cada prueba se realizará la evaluación fisicoquímica y microbiológica.

Tabla 7. Diseño experimental para en la coagulación a diferentes dosis.

Tabla 6. Diseño experimental para la coagulación a diferentes dosis

Factores	Niveles
Dosis coagulante	20,40,60,80 y 100
Número de tratamientos	5
Número de muestras por tratamiento	4
Total, de muestras	20

Para validar los resultados se utilizó un análisis estadístico para cada concentración, se empleó un diseño unifactorial de bloques completos la Tabla 7 muestra el diseño utilizado para la concentración de coagulante catiónico.

El objetivo primordial de la estabilización es reducir la concentración de microorganismos patógenos en este caso *Escherichia Coli* y Enterococos Fecales.

3.3.3. Evaluación del Floculante Catiónico en la remoción microbiológica y materia orgánica.

Las pruebas de Floculación catiónica a diferentes dosis se realizarán en un equipo de prueba de jarras con vaso de precipitado con capacidad de 1 litros se aplicaron dosis de 20,40,60,80 y 100ppm para coagulante el agua se homogenizará a 100 rpm durante 5 min y enseguida a reposar por 5 min, realizando 4 réplicas, al término de cada prueba se realizará la evaluación fisicoquímica y microbiológica.

Tabla 8 Diseño experimental para en la coagulación a diferentes dosis.

Tabla 7. Diseño experimental para la coagulación a diferentes dosis

Factores	Niveles
Dosis floculante	20,40,60,80 Y 100
Número de tratamientos	5
Número de muestras por tratamiento	4
Total, de muestras	20

Para validar los resultados se utilizó un análisis estadístico para cada concentración, se empleó un diseño unifactorial de bloques completos la Tabla 8 muestra el diseño utilizado para la concentración de coagulante catiónico.

El objetivo primordial de la estabilización es reducir la concentración de microorganismos patógenos en este caso *Escherichia Coli* y Enterococos Fecales.

3.3.4. Evaluación del Floculante Aniónico en la remoción microbiológica y materia orgánica.

Las pruebas de Floculación a diferentes dosis se realizarán en un equipo de prueba de jarras con vaso de precipitado con capacidad de 1 litro se aplicaron dosis de 20,40,60,80 y 100 ppm para coagulante el agua se homogenizará a 100 rpm durante 5 min y enseguida a reposar por 5 min, realizando 4 réplicas, al término de cada prueba se realizará la evaluación fisicoquímica y microbiológica.

Tabla 9. Diseño experimental para en la coagulación a diferentes dosis.

Tabla 8. Diseño experimental para la coagulación a diferentes dosis

Factores	Niveles
Dosis floculante	20,40,60,80 y 100
Número de tratamientos	5
Número de muestras por tratamiento	4
Total, de muestras	10

Para validar los resultados se utilizó un análisis estadístico para cada concentración, se empleó un diseño unifactorial de bloques completos la Tabla 9 muestra el diseño utilizado para la concentración de coagulante catiónico.

El objetivo primordial de la estabilización es reducir la concentración de microorganismos patógenos en este caso *Escherichia Coli* y Enterococos Fecales.

3.4 Análisis Estadístico

Los resultados experimentales se analizaron estadísticamente por el método de coeficiente de correlación el cual mide el grado en que las variables cambian al mismo tiempo que una de ellas aumenta o disminuye. Esta relación describe la fuerza y dirección de la relación. La correlación de Pearson evalúa la relación lineal entre dos variables continuas. Una relación es lineal cuando un cambio en una variable se asocia con un cambio proporcional en la otra variable.

CAPÍTULO 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Etapa 1 resultados del agua residual

Tabla 9. Caracterización del agua residual

MUESTRA	E COLI (NMP)	ENTEROCOCOS (NMP)	DQO (ml)	FÓSFORO (ml)	NITRÓGENO (ml)	pH (UpH)
1	7.3802	4.5563	3.6335	10.34	105.23	6.50
2	7.5911	4.6812	3.6170	16.56	128.92	6.20
3	7.0792	4.9494	3.6532	12.09	115.01	6.60
4	6.9823	4.7243	3.6464	16.90	101.45	6.40
5	6.9956	4.4440	3.6232	13.34	102.20	6.40
6	7.0792	4.7482	3.6561	8.98	115.72	6.50
7	7.0792	4.9685	3.6946	12.82	108.30	6.60
8	7.5051	4.6335	3.6561	10.56	126.92	6.30
9	7.0792	3.9777	3.6284	12.45	112.62	6.40
10	7.3617	4.9494	3.6812	9.56	126.23	6.50
Promedio	7.2133	4.6633	3.6490	12.3600	114.2600	6.4400
mínimo	6.9823	3.9777	3.6170	8.9800	101.4500	6.2000
máximo	7.5911	4.9685	3.6946	16.9000	128.9200	6.6000

Los resultados de la tabla 10 comprueban que las aguas residuales de esta industria avícola se caracterizan por presentar altas concentraciones de materia orgánica.

Esto se puede observar en concentraciones de 6.9823 y 7.5911 (NMP) unidades logarítmicas superior a los límites permisibles de 250 NMP/100 mL de la normativa NOM-001-SEMARNAT-2021, (2021) mientras la concentración de Enterococos se encuentra entre 4.9685 y 3.9777 (NMP) unidades logarítmicas superior a 250 NMP/100 mL del límite permisible que marca la normativa, y una concentración de DQO entre 4.9685 y 3.9777, por otra parte Antonio Garzón-Zúñiga & Buelna, (2014) reporto intervalos similar DQO de 3339 y 3809 mg/L, DBO₅ de 2494 y 1657 mg/L, una concentración de SST de 1130 y 1994 mg/L en aguas residuales porcinas.

Las características de estas aguas son similares a las aguas provenientes de cualquier proceso de matanza (porcino, vacuno y avícola) ya que estas contienen cargas considerables de

contaminantes esto se debe a la sangre y material orgánico derivado de animales procesados. Estos datos son similares a los estudios de aguas con las mismas características. (Caldera et al., 2010).

4.1.1 Resultados microbiológica *Escherichia Coli*

Los resultados de las muestras, las cuales fueron sembradas en los medios de cultivo Caldo Lactosa y Caldo E.C. Los medios inoculados se incubaron por 24 a 48 h a 35 °C, transcurrido el tiempo de incubación se determinó el número de unidades formadoras de colonias de las bacterias presentes. En la gráfica 4 se observan los resultados obtenidos del parámetro *Escherichia Coli* estos presentan valores superiores a los establecidos como límites permisibles para descargas de contaminantes en las descargas de aguas residuales en cuerpos receptores propiedad de nación de la NOM-001-SEMARNAT-2021. Lo que indica que el sistema de tratamiento de esta industria presenta deficiencia en su funcionamiento. Estas características son similares a los estudios de Elena et al., (2015). En su estudio se presentan concentraciones de *Escherichia Coli* de obtuvo un valor máximo de 1×10^6 UFC/ml, en Laguna de Chapulco, Puebla. En el estudio titulado Evolución de bacterias patógenas en el tratamiento de aguas residuales urbanas de A. López1, (2015) las concentraciones de *Escherichia Coli* son de 10^4 - 10^5 UFC/100ml.

Grafica 4. Contaminantes de *Escherichia Coli*

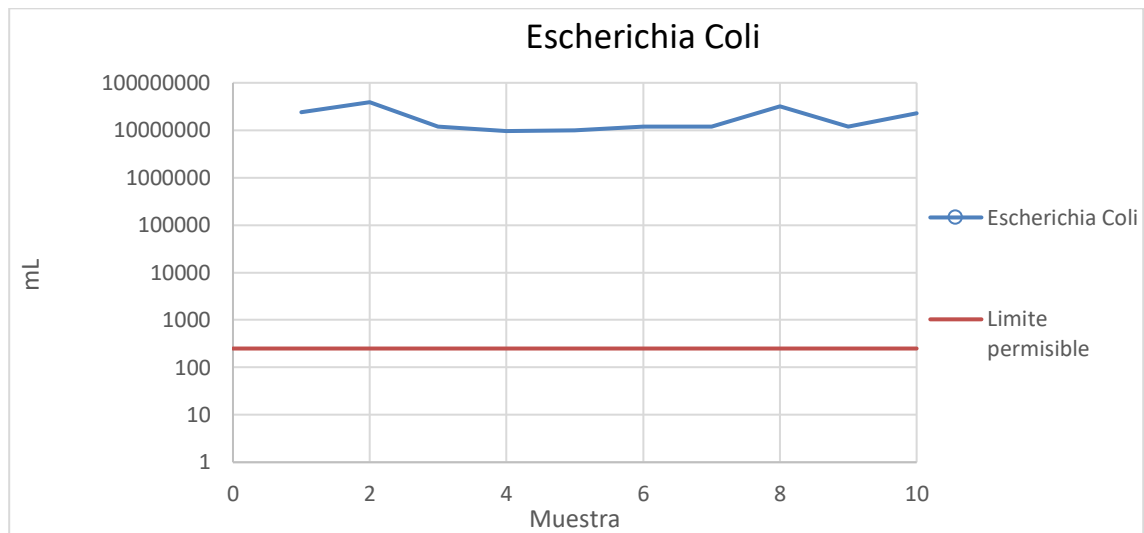


Imagen 8. Prueba presuntiva en Caldo Lactosa



En la Imagen 8 se muestra el material como, caldo Lactosa y la muestra de agua para las pruebas presuntivas.

Imagen 9. Inoculación de alícuotas en caldo Lactosa



En la imagen 9 se realizó la inoculación de alícuotas en caldo lactosa para la prueba presuntiva.

Imagen 10. Incubación de tubos con caldo lactosa por 48 horas



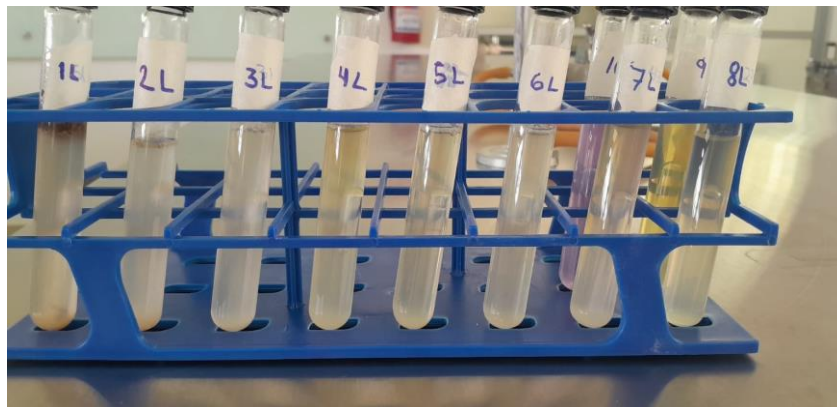
Los tubos inoculados se llevaron a incubación por 48 horas a 35 °C el cual se puede observar en la imagen 10.

Imagen 11. Resembrado de tubos en Caldo EC



En la imagen 11 se realizó el resembrado de los tubos con reacción positiva mediante 3 asadas, a tubos con caldo EC.

Imagen 12. Formación de gas y turbidez



En la imagen 12 se realizó la observación de formación de gas y turbidez indicadores positivos de Coliformes.

Imagen 13. *Escherichia Coli* en agua triptona o peptonada



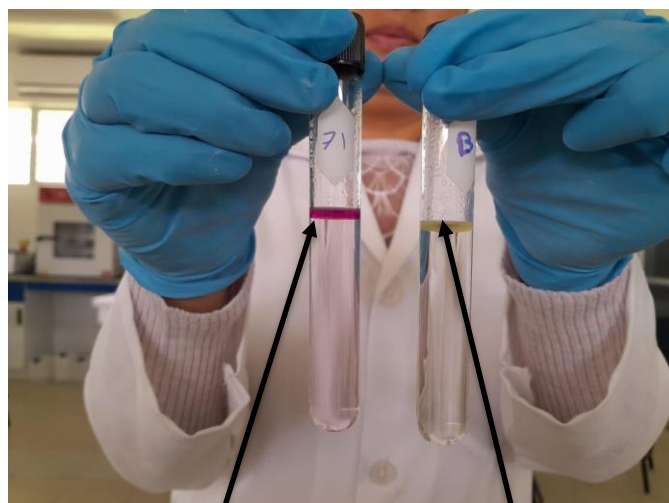
En la imagen 13 se realizó resembrado de tubos positivos para confirmar la presencia de *E. coli*, en agua peptonada y se incubaron por 48 horas.

Imagen 14. Tubos de agua peptonada con reactivo Kovac



La imagen 14 muestra los tubos con agua peptonada después de 48 horas, adicionando Reactivo Kovac el cual desarrolla una coloración rojiza en la parte superior del tubo indicando presencia de *Escherichia coli*.

Imagen 15 Confirmación de *Escherichia Coli*



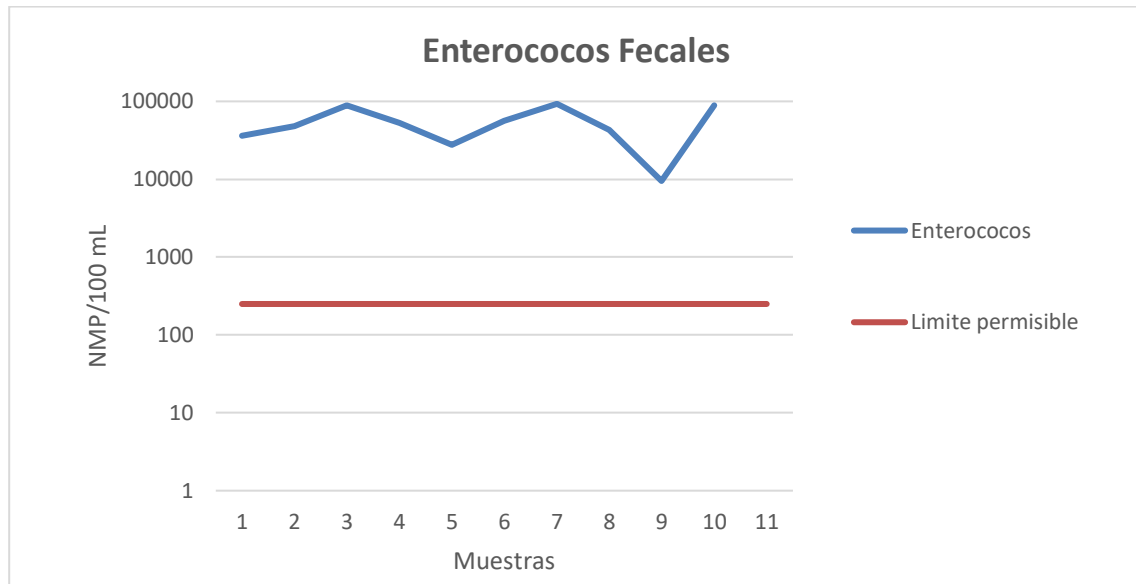
**Presencia de
Escherichia Coli
positiva**

**Presencia de
Escherichia Coli
negativa**

4.1.2. Resultados microbiológica Enterococos Fecales

Los resultados de las muestras, las cuales fueron sembradas en los medios de cultivo Caldo Lactosa y agar azida bilis esculina. Los medios inoculados se incubaron por 24 a 48 h a 35 °C, se confirmó la presencia de Enterococos Fecales en caldo infusión cerebro corazón se incubaron por 48 h a 35 °C $\pm$ 0.5 °C transcurrido el tiempo de incubación se determinó el número de unidades formadoras de colonias de las bacterias presentes. En la gráfica 5 se observan los resultados en el cual se obtuvieron parámetros de 4.6633 y 3.9777 NMP/100 ml unidades logarítmicas de Enterococos Fecales estos presentan valores superiores a los establecidos como límites permisibles para descargas de contaminantes en las descargas de aguas residuales en cuerpos receptores propiedad de la nación de la NOM-001-SEMARNAT-2021. Lo que indica que el sistema de tratamiento de esta industria presenta deficiencia en su funcionamiento. El trabajo de Lidia Silva Iñiguez, (2007) titulado El impacto de la actividad turística en la calidad bacteriológica del agua de mar, reporta concentraciones máximas de 2419.6 NMP/100 ml, por la naturaleza del agua residual en estudio se observan cantidades más elevadas de contaminantes.

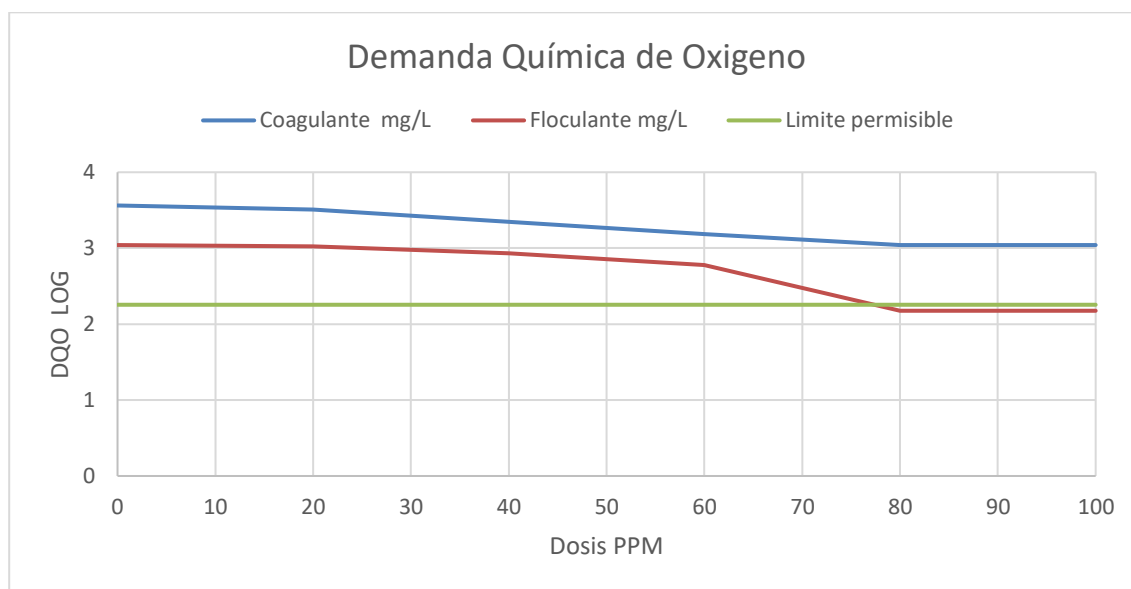
Grafica 5 Contaminantes Enterococos fecales



4.1.3. Resultados microbiológica Demanda Química de Oxígeno

La grafica 6 indica los valores de Demanda Química de Oxígeno analizados con coagulante y floculante, se puede observar como el coagulante realiza la aglomeración de partículas coloidales en la dosis 80 partes por millón en 3.04139 mg/l unidades logarítmicas muy alejado de los límites que marca la normativa (NOM-001-SEMARNAT-2021, 2021), por lo que es necesario un floculante el cual facilita la aglomeración y, por lo tanto, producen flóculos más grandes, estos tienden a asentarse debido a la fuerza gravitacional. De acuerdo a los análisis la dosis 80 ppm realiza una remoción cumpliendo los límites de la normativa NOM-001-SEMARNAT-2021, (2021) de 180 mg/l para descargas en Ríos, arroyos, canales y drenes.

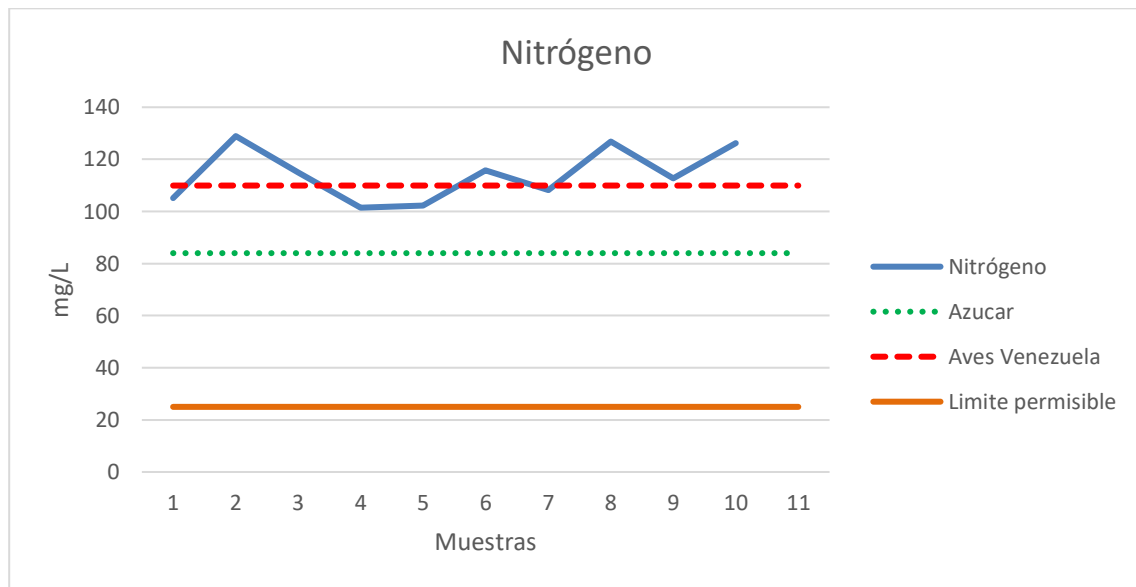
Grafica 6 resultados de Demanda Química de Oxígeno



4.1.4. Resultados de Nitrógeno

La grafica 7 muestra los resultados con alta concentración de nitrógeno esto debido a la naturaleza del agua residual. La cual contiene concentraciones de Nitrógeno entre 101.45 y 128.92 mg/l estos datos los podemos observar en la Tabla 10 Caldera et al., (2010) en su estudio Evaluación del sistema de tratamiento de aguas residuales de Industria avícola, presenta concentraciones similares entre 102.71 y 123.20 mg/l de nitrógeno en su agua residual. Otros autores como Izquierdo, (2017) en su estudio Caracterización y tratamiento de aguas residuales del central azucarero, menciono concentraciones de 84 mg/l como se puede observar las concentraciones son similares ya que el agua residual contiene cantidades que sobrepasan los límites que marca la normativa (NOM-001-SEMARNAT-2021, 2021).

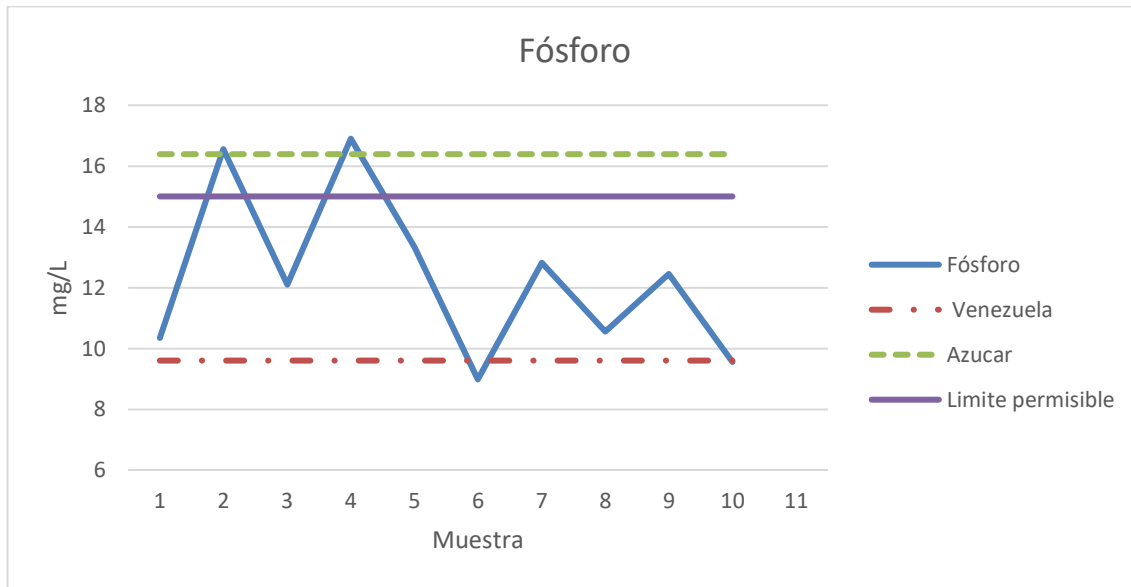
Grafica 7. Resultados de Nitrógeno



4.1.5 Resultados de Fósforo

La grafica 8 nos muestra los resultados del análisis de fósforo, en el cual se observan concentraciones entre 8.9800 y 16.9000 mg/l en el estudio de Caldera et al., (2010) menciona concentraciones de Fosforo entre 6.48 y 17.22 mg/l y de un agua residual azucarera (Izquierdo, 2017) 12.81 mg/l. cómo se puede observar en la gráfica con similares ya que contienen grandes cantidades de materia orgánica. Es un nutriente clave para el crecimiento de plantas y algas, pero cuando llega a los cuerpos de agua de manera desmedida, puede causar la eutrofización.

Grafica 8 resultados de Fósforo



4.2. Etapa 2 evaluación de coagulación en la remoción de macronutrientes y microorganismos del agua residual

En esta etapa se evaluó el coagulante catiónico y aniónico en *Escherichia Coli* y Enterococos Fecales, así como la remoción de macronutrientes y microorganismos.

4.2.1 Resultados de coagulante catiónico en *Escherichia coli*

Tabla 10 resultados de coagulante catiónico de *Escherichia Coli*

COAGULANTE CATIÓNICO					
DOSIS	Escherichia Coli (Unidades logarítmicas)				PROMEDIO
	M1	M2	M3	M4	REMOCIÓN
0	7.72	7.51	7.91	7.80	7.73
20	7.04	6.93	7.62	7.62	7.31
40	6.96	6.81	6.96	6.92	6.91
60	6.52	6.00	6.51	6.79	6.45
80	5.08	5.98	5.96	5.08	5.53
100	4.98	5.18	5.08	4.98	5.05

Se realizó el análisis estadístico para validar y corroborar utilizando Correlación de Pearson en Minitab19, como se puede observar en el diagrama de dispersión de la gráfica 13 en el Anexo 3 la correlación entre la variable dosis y la variable muestra es negativa, ya que cuando una aumenta la variable dosis, la variable muestra disminuye se comprueba observando el valor del coeficiente de correlación que se encuentra entre -0.952 y -0.991 es negativo, por otra parte se tiene una correlación positiva a medida que aumenta la muestra en partes por millón (ppm) se tiene una mejor remoción de materia orgánica, el valor del coeficiente de correlación se encuentra entre 0.914, 0.946 y 0.984 entre la muestra 1 y las muestras 2,3 y 4 una correlación positiva.

4.2.2. Resultados de coagulante aniónico en *Escherichia coli*

En el análisis estadístico el diagrama de dispersión grafica 14 del Anexo 3 la correlación entre la variable dosis y la variable muestra es negativa, ya que cuando una aumenta la variable dosis, la variable muestra disminuye se comprueba observando el valor del coeficiente de correlación que se encuentra entre -0.693 y -0.958 es negativo, por otra parte

se tiene una correlación positiva a medida que aumenta la muestra en partes por millón (ppm) se tiene una mejor remoción de materia orgánica, el valor del coeficiente de correlación se encuentra entre 0.919, 0.979 y 0.523 entre la muestra 1 y las muestras 2,3 y 4 una correlación positiva.

Por otro lado, se puede observar en la Tablas 11 y 12 los resultados de coagulante catiónico y coagulante aniónico para *Escherichia Coli* este proceso es favorecido con el incremento de la dosis de coagulante, disminuyendo el promedio de remoción en ambos procesos por lo que se puede confirmar los resultados. Este análisis se llevó a cabo en 4 réplicas con muestras de 1, 2, 3 y 4 y dosis de 0,20,40,60,80 y 100 con datos logarítmicos, los cuales se encuentran en el anexo 3.

Tabla 11. Resultados de coagulante aniónico de *Escherichia Coli*

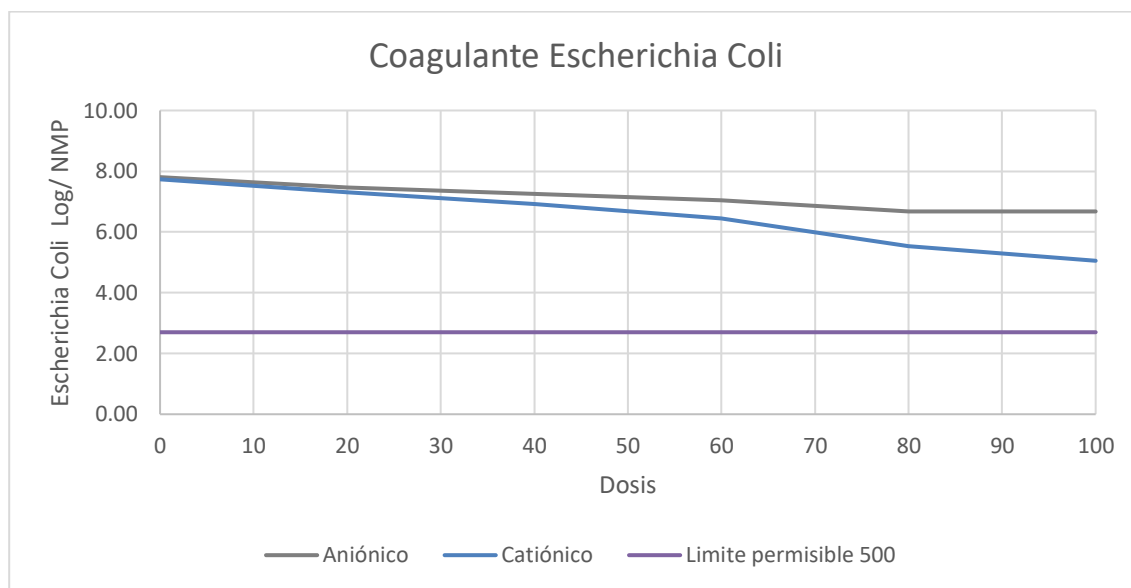
COAGULANTE ANIONICO					
DOSIS	Escherichia Coli (Unidades logarítmicas)				PROMEDIO
	M1	M2	M3	M4	REMOCIÓN
0	7.72	7.79	7.91	7.80	7.81
20	7.30	7.68	7.34	7.51	7.46
40	7.30	7.34	7.04	7.34	7.26
60	6.99	6.44	6.75	7.99	7.04
80	6.94	6.45	6.51	6.81	6.68
100	6.94	6.45	6.51	6.81	6.68

4.2.3. Análisis de coagulante catiónico y aniónico en *Escherichia coli*

Para el caso de coagulante aniónico Grafica 9 muestra la misma tendencia disminuyendo ligeramente la remoción de materia orgánica en este análisis se manejaron dosis de 20, 40, 60, 80 y 100 en partes por millón en 10 muestras diferentes dichos datos para análisis se encuentran en el anexo 4 donde se tienen datos exponenciales, por motivo de datos muy grandes, se utilizaron datos logarítmicos.

En el caso del coagulante catiónico se observó una remoción de 5.53 unidades logarítmicas de materia orgánica en una dosis de 80 partes por millón como se puede observar la dosis de 100 ppm no tiene tanta diferencia, para motivos de reducción de gastos una dosis de 80 ppm es la mejor opción.

Grafica 9. Coagulante catiónico y aniónico en *Escherichia Coli*



4.2.4. Resultados de coagulante aniónico en Enterococos Fecales

Se realizó el análisis estadístico para validar y corroborar utilizando Correlación de Pearson en Minitab19, como se puede observar en el diagrama de dispersión de la gráfica 15 en el Anexo 3 la correlación entre la variable dosis y la variable muestra es negativa, ya que cuando una aumenta la variable dosis, la variable muestra disminuye se comprueba observando el valor del coeficiente de correlación que se encuentra entre -0.961 y -0.974 es negativo, por otra parte se tiene una correlación positiva a medida que aumenta la muestra en partes por millón (ppm) se tiene una mejor remoción de materia orgánica, el valor del coeficiente de correlación se encuentra entre 0.996, 0.999 y 1.000 entre la muestra 1 y las muestras 2,3 y 4 una correlación positiva.

Tabla 12. Características de coagulante catiónico de Enterococos

COAGULANTE CATIÓNICO				
Enterococos (unidades logarítmicas)				
DOSIS	M1	M2	M3	M4
0	4.82	4.89	4.91	4.89
20	4.74	4.79	4.81	4.81
40	4.61	4.65	4.66	4.66
60	4.32	4.26	4.38	4.38
80	3.75	3.79	3.86	3.79
100	3.62	3.65	3.66	3.62

4.2.5. Resultados de coagulante aniónico en Enterococos

En el análisis estadístico el diagrama de dispersión grafica 16 del Anexo 3 la correlación entre la variable dosis y la variable muestra es negativa, ya que cuando una aumenta la variable dosis, la variable muestra disminuye se comprueba observando el valor del coeficiente de correlación que se encuentra entre -0.950 y -0.963 es negativo, por otra parte se tiene una correlación positiva a medida que aumenta la muestra en partes por millón (ppm) con una mejor remoción de materia orgánica, el valor del coeficiente de correlación se encuentra entre 0.990, 0.975 y 0.975 entre la muestra 1 y las muestras 2,3 y 4 una correlación positiva.

Tabla 13 características de coagulante aniónico de *Enterococos*

COAGULANTE ANIONICO				
Enterococos (unidades logarítmicas)				
DOSIS	M1	M2	M3	M4
0	4.88	4.89	4.91	4.89
20	4.88	4.89	4.91	4.89
40	4.77	4.83	4.87	4.86
60	4.68	4.72	4.77	4.75
80	4.62	4.68	4.68	4.68
100	4.62	4.68	4.68	4.68

Por otro lado, se puede observar en la Tablas 13 y 14 y los resultados de coagulante catiónico y coagulante aniónico para *Enterococos* fecales este proceso es favorecido con el incremento de la dosis de coagulante, disminuyendo el promedio de remoción en ambos procesos por lo que se puede confirmar los resultados. Este análisis se llevó a cabo en 4 réplicas con muestras de 1, 2, 3 y 4 y dosis de 0,20,40,60,80 y 100 con datos logarítmicos, los cuales se encuentran en el anexo 3.

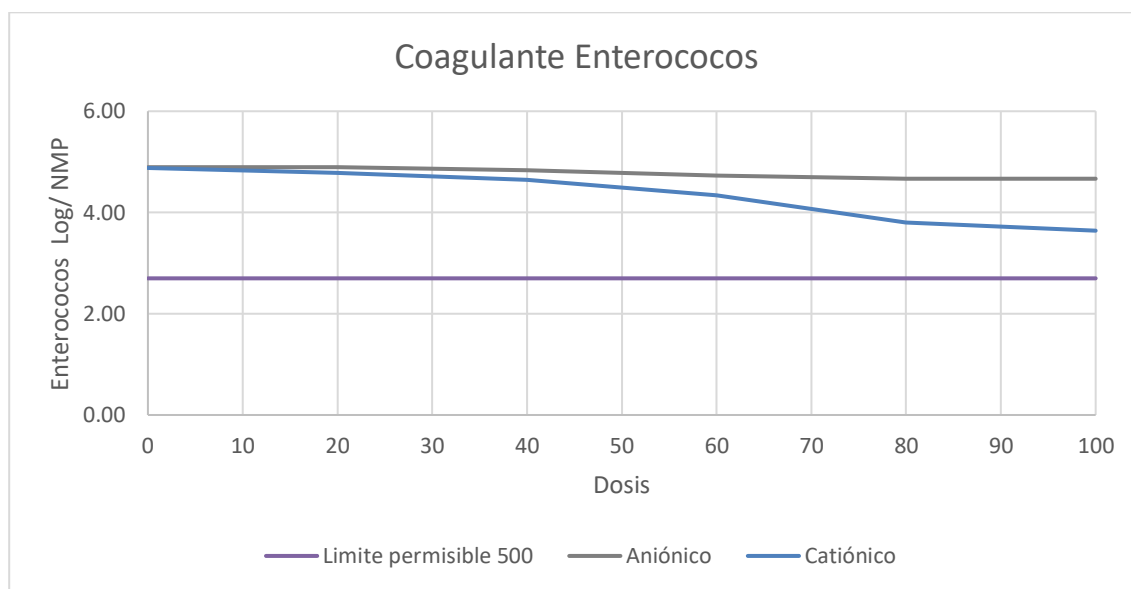
4.2.6. Análisis coagulante canónico y aniónico en *Enterococos*

Para el caso de coagulante aniónico Grafica 10 muestra la misma tendencia disminuyendo ligeramente la remoción de materia orgánica en este análisis se manejaron dosis de 20, 40, 60, 80 y 100 en partes por millón en 10 muestras diferentes dichos datos para análisis se encuentran en el anexo 4 donde se tienen datos exponenciales, por motivo de datos muy grandes, se utilizaron datos logarítmicos.

En el caso del coagulante Catiónico se observó una remoción de 3.80 unidades logarítmicas de materia orgánica en una dosis de 80 partes por millón como se puede observar la dosis de 100 ppm no tiene tanta diferencia, para motivos de reducción de gastos una dosis de 80 ppm es la mejor opción.

Una prueba NMP de 24 h para la detección de enterococos, y se basó, en el uso de una metilumbeliferamida para la detección de enterococos. en el uso de un sustrato de metilumbeliferilo. Sin embargo, se ha argumentado que puede dar resultados falsos negativos y falsos positivos (Bitton, 2005). Por lo cual podemos argumentar que el uso de caldo azida dextrosa, agar azida bilis esculina y caldo infusión cerebro corazón son confiables de acuerdo a la normativa actual vigente.

Grafica 10. Coagulante catiónico y aniónico en Enterococos



4.3. Etapa 3 evaluación proceso floculación en la remoción de macronutrientes y microorganismos del agua residual

4.3.1. Resultados de floculante catiónico *Escherichia Coli*

Se realizó el análisis estadístico para validar y corroborar la Correlación utilizando Correlación de Pearson en Minitab19, como se puede observar en el diagrama de dispersión de la gráfica 17 en el Anexo 3 la correlación entre la variable dosis y la variable muestra es negativa, ya que cuando una aumenta la variable dosis, la variable muestra disminuye se comprueba observando el valor del coeficiente de correlación que se encuentra entre -0.910 y -0.978 es negativo, por otra parte se tiene una correlación positiva a medida que aumenta

la muestra en partes por millón (ppm) se cumple con los límites permisibles que marca la normativa (NOM-001-SEMARNAT-2021, 2021) de materia orgánica, el valor del coeficiente de correlación para las la muestra 1 y las muestras 2,3 y 4 se encuentra entre 0.917, 0.890 y 0.970 indicando una correlación positiva.

Tabla 14. Características de floculante catiónico en *Escherichia Coli*

FLOCULANTE CATIONICO				
DOSIS	Escherichia Coli (Unidades logarítmicas)			
	M1	M2	M3	M4
0	5.08	5.98	5.96	5.08
20	5.96	5.93	5.08	5.00
40	4.52	4.04	4.08	4.36
60	3.96	3.00	3.51	3.79
80	2.70	2.78	2.78	2.70
100	2.70	2.70	2.70	2.70

4.3.2. Resultados de floculante aniónico en *Escherichia coli*

En el análisis estadístico el diagrama de dispersión grafica 18 del Anexo 3 la correlación entre la variable dosis y la variable muestra es negativa, ya que cuando una aumenta la variable dosis, la variable muestra disminuye se comprueba observando el valor del coeficiente de correlación que se encuentra entre -0.302 y -0.957 es negativo, por otra parte se tiene una correlación positiva a medida que aumenta la muestra en partes por millón (ppm) con una mejor remoción de materia orgánica, el valor del coeficiente de correlación se encuentra entre 0.833, 0.516 y 0.134 entre la muestra 1 y las muestras 2,3 y 4 una correlación ligeramente positiva.

Por otro lado, se puede observar en la Tablas 15 y 16 y los resultados de floculante catiónico y floculante aniónico para *Escherichia coli* este proceso es favorecido con el incremento de la dosis de coagulante, disminuyendo el promedio de remoción en ambos procesos por lo que se puede confirmar los resultados. Este análisis se llevó a cabo en 4 réplicas con muestras de

1, 2, 3 y 4 y dosis de 0,20,40,60,80 y 100 con datos logarítmicos, los cuales se encuentran en el anexo 3.

Tabla 15. Características de floculante aniónico en *Escherichia Coli*

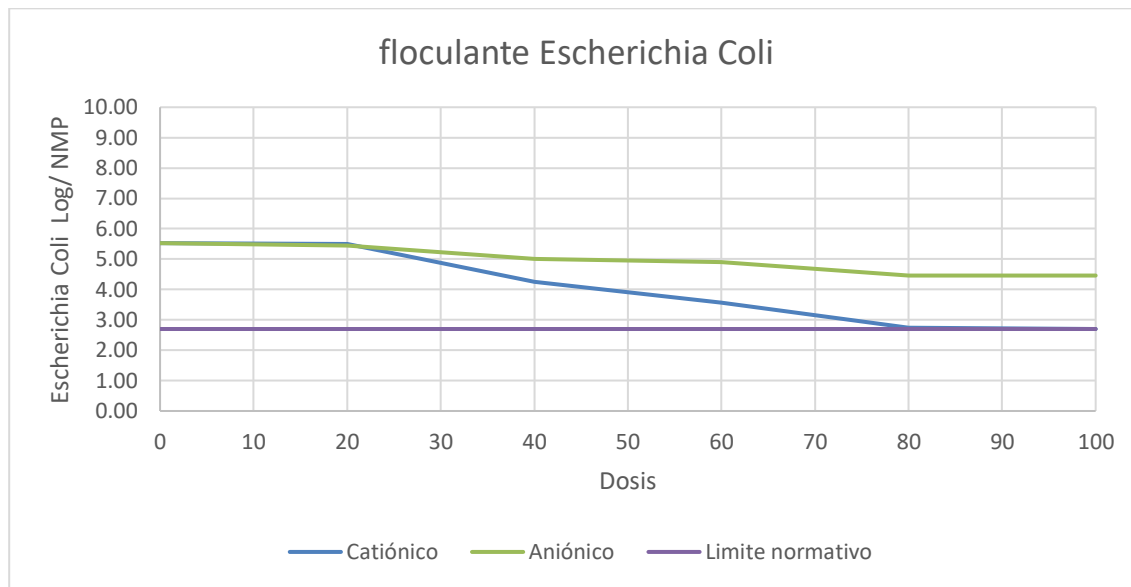
FLOCULANTE ANIONICO				
	Escherichia Coli (unidades logarítmicas)			
DOSIS	M1	M2	M3	M4
0	5.08	5.98	5.96	5.08
20	5.08	5.79	5.86	5.08
40	5.32	5.40	4.34	5.00
60	4.34	5.36	4.32	5.58
80	4.08	4.45	4.51	4.81
100	4.08	4.45	4.51	4.81

4.3.3. Análisis de floculante aniónico y catiónico en *Escherichia coli*

Para el caso de Floculante aniónico Grafica 11 muestra la misma tendencia disminuyendo ligeramente la remoción de materia orgánica en este análisis se manejaron dosis de 20, 40, 60, 80 y 100 en partes por millón en 10 muestras diferentes dichos datos para análisis se encuentran en el anexo 4 donde se tienen datos exponenciales, por motivo de datos muy grandes, se utilizaron datos logarítmicos.

En el caso del Floculante catiónico se observó una remoción de 2.70 unidades logarítmicas de materia orgánica en una dosis de 80 partes por millón, de acuerdo a análisis estadístico entre la muestra3 y muestra 4 se tiene una correlación de Pearson de 0.953 positivo con un valor p 0.003. de tal forma que cumple los límites permisibles que marca la normativa (NOM-001-SEMARNAT-2021, 2021).

Grafica 11. Características de floculante aniónico y catiónico en *Escherichia Coli*



4.3.4. Resultados de floculante catiónico en Enterococos

Se realizó el análisis estadístico para validar y corroborar la Correlación utilizando Correlación de Pearson en Minitab19, como se puede observar en el diagrama de dispersión de la gráfica 19 en el Anexo 3 la correlación entre la variable dosis y la variable muestra es negativa, ya que cuando una aumenta la variable dosis, la variable muestra disminuye se comprueba observando el valor del coeficiente de correlación que se encuentra entre -0.653 y -0.964 es negativo, por otra parte se tiene una correlación positiva a medida que aumenta la muestra en partes por millón (ppm) de materia orgánica, el valor del coeficiente de correlación para las la muestra 1 y las muestras 2,3 y 4 se encuentra entre 0.561, 0.975 y 0.584 indicando una correlación positiva.

Tabla 16. Características de floculante catiónico en Enterococos

FLOCULANTE CATIÓNICO				
Enterococos (unidades logarítmicas)				
DOSIS	M1	M2	M3	M4
0	3.75	3.79	3.86	3.79
20	3.40	3.72	3.72	3.65
40	3.08	3.18	3.33	3.15
60	3.96	2.96	3.96	2.92
80	2.70	2.78	2.78	2.70
100	2.70	2.78	2.78	2.70

4.3.5 Resultados de floculante aniónico en Enterococos

En el análisis estadístico el diagrama de dispersión grafica 20 del Anexo 3 la correlación entre la variable dosis y la variable muestra es negativa, ya que cuando una aumenta la variable dosis, la variable muestra disminuye se comprueba observando el valor del coeficiente de correlación que se encuentra entre -0.617 y -0.978 es negativo, por otra parte se tiene una correlación positiva a medida que aumenta la muestra en partes por millón (ppm) con una mejor remoción de materia orgánica, el valor del coeficiente de correlación se encuentra entre 0.804, 0.955 y 0.989 entre la muestra 1 y las muestras 2,3 y 4 una correlación ligeramente positiva.

Como se puede observar en las Tablas 17 y 18 y los resultados de floculante catiónico y floculante aniónico para Enterococos este proceso es favorecido con el incremento de la dosis de coagulante, disminuyendo el promedio de remoción en ambos procesos por lo que se puede confirmar los resultados. Este análisis se llevó a cabo en 4 réplicas con muestras de 1, 2, 3 y 4 y dosis de 0,20,40,60,80 y 100 con datos logarítmicos, los cuales se encuentran en el anexo 3.

Tabla 17. Características de floculante aniónico en Enterococos

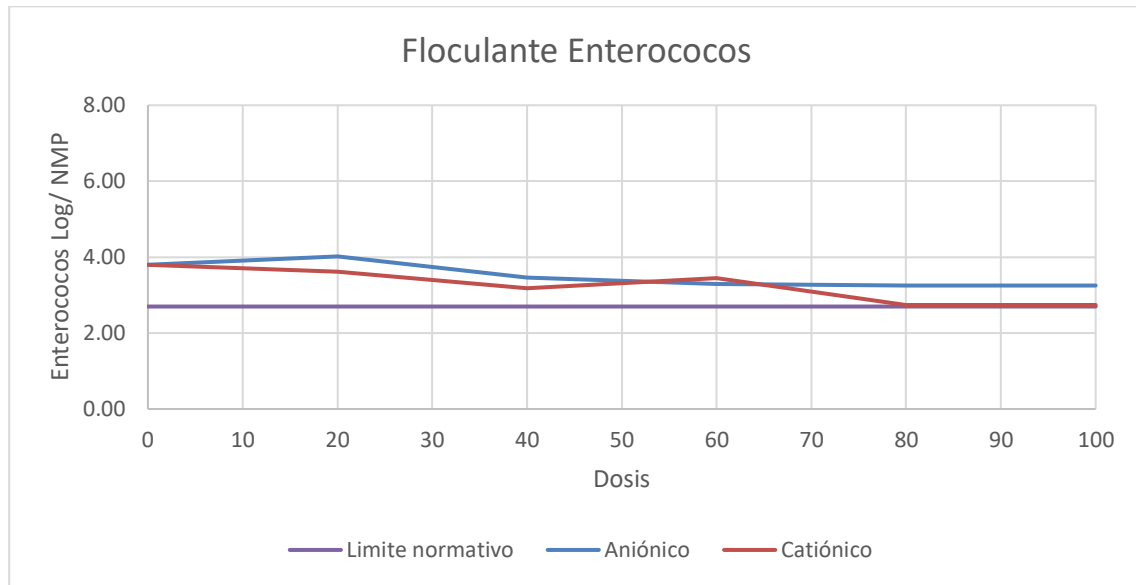
FLOCULANTE ANIÓNICO				
Enterococos (unidades logarítmicas)				
DOSIS	M1	M2	M3	M4
0	3.75	3.79	3.86	3.79
20	3.75	4.79	3.82	3.72
40	3.34	3.51	3.64	3.34
60	3.08	3.38	3.51	3.20
80	3.08	3.38	3.34	3.20
100	3.08	3.38	3.34	3.20

4.3.6 Análisis de floculante catiónico y aniónico en Enterococos

Para el caso de Floculante aniónico Grafica 12 muestra la misma tendencia disminuyendo ligeramente la remoción de materia orgánica en este análisis se manejaron dosis de 20, 40, 60, 80 y 100 en partes por millón en 10 muestras diferentes dichos datos para análisis se encuentran en el anexo 4 donde se tienen datos exponenciales, por motivo de datos muy grandes, se utilizaron datos logarítmicos.

En el caso del Floculante catiónico se observó una remoción de 2.74 unidades logarítmicas de materia orgánica en una dosis de 80 partes por millón, de acuerdo a los límites de (NOM-001-SEMARNAT-2021, 2021) de 2.78 NMP/100 ml en unidades logarítmicas se observa el cumplimiento de la norma, en análisis estadístico entre la muestra 3 y muestra 4 se tiene una correlación de Pearson de 0.933 positivo con un valor p 0.006.

Grafica 12. Resultados de floculante catiónico y aniónico en Enterococos



CONCLUSIONES

El tratamiento primario avanzado es recomendable para el tratamiento, ya que tiene la capacidad de remover la materia orgánica y microorganismos del tipo de agua agroindustrial proveniente del procesamiento de aves, ya que resulta un tratamiento eficaz rápido y económico solo si se cuenta con estudios previos de remoción de contaminantes.

La actualización de la normatividad NOM-001-SEMARNAT-2021 hace referencia a nuevos parámetros en comparación con su antecesora 1996 por lo cual se recomienda actualizar los sistemas de tratamiento, en especial los que presentan alto contenido de materia orgánica y gran contenido de bacterias de *Escherichia Coli* y Enterococos.

La remoción de bacterias de Enterococos y *Escherichia Coli* se llevan a cabo, ya que están presentes y son parte del contenido fecal de las aguas residuales las cuales provienen del procesamiento artesanal de las aves por lo cual la mayor problemática es el contenido de heces.

En base a los resultados obtenidos en el análisis de coagulante catiónico, es recomendable ya que presenta una aglomeración de la materia orgánica aceptable, que nos ayuda a continuar con el proceso de coagulación la dosis de 80 ppm es la más recomendable ya que mostro los mejores resultados y la dosis de reactivo es relativamente pequeña.

En base a los resultados obtenidos en el análisis de floculante catiónico, es recomendable ya que cuenta con la mejor remoción de materia orgánica para cumplimiento de la normativa NOM-001-SEMARNAT-2021 en Enterococos y *Escherichia Coli* con una dosis recomendada de 80 PPM.

Los nutrientes en las aguas residuales son removidos con este tratamiento concertados en los coágulos y flóculos que posteriormente precipitan formando un lodo residual, este lodo contiene la mayoría de los contaminantes que originalmente contiene el agua.

Los biosólidos de lodos generados concentra la mayoría de los componentes del agua, los cuales tiene un gran potencial por su gran contenido de nutrientes como Nitrógeno y Fosforo, recomendando un proceso de inactivación para su disposición final en suelos que presenten carencias de macronutrientes, así como problemas de acidificación.

Es recomendable un tratamiento físico para remover las partículas de gran tamaño, ya que este tipo de agua presenta restos de piel, plumas, grasas y partes del ave, de esta manera el tratamiento primario avanzado obtendrá mejores resultados.

El agua residual presenta una remoción considerable de bacterias patógenas, cumpliendo en gran parte con la normativa NOM-001-SEMARNAT-2021, pero recomendando una desinfección posterior con cloro o algún otro desinfectante para garantizar el reúso del agua.

La empresa se beneficia con este tipo de tratamiento, ya que es fácil, rápido y económico, con esto cumple con los requerimientos de disminuir los requerimientos hídricos de agua potable, logrando un reúso del agua residual.

INVESTIGACIONES FUTURAS

- Explorar con otros tratamientos para extraer bioenergía de las aguas residuales, con mayor inversión en infraestructura y mayor costo de tratamiento.
- Hacer estudios para estabilización de los lodos residuales, ya que el tratamiento propuesto solo captura toda la parte de microorganismos y los concentra en el lodo residual, ya que los lodos residuales contienen gran potencial para ser aplicados a especies vegetales después de un tratamiento.
- Realizar tratamiento biológico con dosis menores de floculante y coagulante sometidos a tratamiento de digestión anaerobia

REFERENCIAS

- A. López¹, R. M., J. G., A. M. L., P. G. 3, M. P. O. (2015). Evolución de Bacterias patógenas en el tratamiento de aguas residuales urbanas.
- Análisis y Transformación Ambiental México. (2023). Indicadores para Medir la Calidad del Agua. https://issuu.com/gestiongubernamental-mexico-gov/docs/analisis_y_transformacion_ambiental_2023_mexico/s/22757464
- Andía, C. Y. (2000). Tratamiento de agua Coagulación y Floculación.
- Antonio Garzón-Zúñiga, M., & Buelna, G. (2014). Caracterización de aguas residuales porcinas y su tratamiento por diferentes procesos en México. *Rev. Int. Contam. Ambie*, 30(1), 65–79.
- Banco Mundial. (2020, April 1). Agua Residual: De Residuo a Recurso. Banco Mundial.
- Bitton, G. (2005). *Wastewater Microbiology*.
- Caldera, Y., Gutiérrez, E., Luengo, M., Chávez, J., & Ruesga, L. (2010). Evaluación del sistema de tratamiento de aguas residuales de Industria avícola: Vol. XX.
- Comisión Nacional del Agua. (2021). Estadísticas del Agua en México 2021.
- Comisión Nacional del Agua. (2023, October 10). Calidad del agua en México.
- Comisión Nacional del Agua. (2024, February 28). Calidad del agua en México.
- Conagua. (2023). Calidad del agua en México.
- Davis, M. (2002). *Water and Wastewater Engineering*.
- Donde, O. O. (2017). Wastewater Management Techniques: A Review of Advancement on the Appropriate Wastewater Treatment Principles for Sustainability. *Environmental Management and Sustainable Development*, 6(1), 40.
- <https://doi.org/10.5296/emsd.v6i1.10137>
- Ecología Verde. (2020, March 30). Ecología Verde.

- Elena, N., Ruiz, R., Zurita, G. M., & Sosa Jiménez, A. (2015). Determinación de la calidad microbiológica del agua de la Laguna de Chapulco, Puebla Assessment of the microbial quality of Chapulco Lagoon, Puebla (Vol. 24).
<https://www.redalyc.org/journal/674/67448742004/html/>
- Eugenia, de la P. M. D. Jorge. Z. V. (2013). Tratamiento de aguas residuales en México.
- FUNCAGUA. (2020). Agua en el planeta.
- Gobierno de México. (2021). Sector avícola, estratégico en las metas de autosuficiencia alimentaria en el país: Agricultura. <https://www.gob.mx/agricultura/prensa/sector-avicola-estrategico-en-las-metas-de-autosuficiencia-alimentaria-en-el-pais-agricultura>
- Gutiérrez, E., & Caldera, Y. (2012). Aguas residuales de un matadero de aves: Características y tratamiento. <https://www.researchgate.net/publication/282723529>
- Instituto Mexicano de la Juventud. (2018, June 11). ODS 6. Agua limpia y saneamiento. <https://www.gob.mx/imjuve/es/articulos/ods-6-agua-limpia-y-saneamiento?idiom=es>
- Izquierdo, Yohana. G. Yaima. D. O. M. (2017). Caracterización y tratamiento de aguas residuales del central azucarero “Manuel Fajardo”, para disminuir la contaminación en la fabricación de azúcar. Vol. 51.
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=223158039011>
- Jiménez, C. B. E. (2017). Tratamiento primario avanzado. Instituto de Ingeniería UNAM.
- Lidia Silva Iñiguez, * Claudia G. Gutiérrez Corona, * Lydia Galeana Miramontes§ y Arturo López Mendoza§. (2007). El impacto de la actividad turística en la calidad bacteriológica del agua de mar. Red de Revistas Científicas de América Latina. El Caribe, España y Portugal.
- Metcalf y Eddy, INC. (1995). Ingeniería de aguas residuales.
- Naciones Unidas. (2019). Objetivos de Desarrollo Sostenible.

- NMX-AA-042-SCFI-2015. (2015). Análisis de agua enumeración de organismos coliformes totales, organismos coliformes fecales (termotolerantes) y *Escherichia coli* método del número más probable.
- NMX-AA-167-SCFI-2017. (2017). Análisis de agua - Enumeración de organismos patógenos: Enterococos fecales en aguas naturales, residuales, residuales tratadas, salinas y costeras – método de prueba.
- NOM-001-SEMARNAT-2021. (2021). Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales. <https://www.gob.mx/semarnat/acciones-y-programas/convencion-sobre-los-humedales-de-importancia->
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2023). FAO en México.
- Qadir, M., Drechsel, P., Jiménez Cisneros, B., Kim, Y., Pramanik, A., Mehta, P., & Olaniyan, O. (2020). Global and regional potential of wastewater as a water, nutrient and energy source. *Natural Resources Forum*, 44(1), 40–51.
<https://doi.org/10.1111/1477-8947.12187>
- R. S. Ramalho. (2009). Tratamiento de Aguas Residuales. 2 Ed Spanish.
- Rani, N., Sangwan, P., Joshi, M., Sagar, A., & Bala, K. (2019). Microbes: A key player in industrial wastewater treatment. In *Microbial Wastewater Treatment* (pp. 83–102). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-816809-7.00005-1>
- Richey, A. S., Thomas, B. F., Lo, M. H., Reager, J. T., Famiglietti, J. S., Voss, K., Swenson, S., & Rodell, M. (2015). Quantifying renewable groundwater stress with grace. *Water Resources Research*, 51(7), 5217–5237.
<https://doi.org/10.1002/2015WR017349>

- Silvia, B., Clemente, M., Karla, T. B., Sullca, C., Optar, P., Título, A. L., De, P., Asesor, B., Heldy, D., & Carrasco, Y. E. (2023). Determinación de *Vibrio* sp., *Enterococcus* spp. y susceptibilidad antimicrobiana de enterobacterias en la línea de líquidos de la planta de tratamiento de aguas residuales san jerónimo –cusco.
- Unión Nacional de Avicultores. (2021). Unión Nacional de Avicultores.
- Wiesmann, Udo., Choi, I. Su., & Dombrowski, E.-Maria. (2007). Fundamentals of biological wastewater treatment. Wiley-VCH.
- Yara Font Prieur, D., Arias Molina, E., & Orlando Lobelles Sardiñas, G. (2022). Tratamiento de aguas residuales en la Industria desde una perspectiva cts. In Revista Minerva (Vol. 3, Issue 4). <http://orcid.org/0000-0003-4009-1202>

ANEXO 1

Tabla 18. Del número más probable *Escherichia Coli* (NMP)

Número de tubos que dieron reacción positiva			NMP por 100 mL	Límite de confianza al 95 %	
3 de 10 mL	3 de 1 mL	3 de 0,1 mL		Inferior	Superior
0	0	0	<3	----	-----
0	0	1	3	< 1	9
0	1	0	3	< 1	13
1	0	0	4	< 1	20
1	0	1	7	1	21
1	1	0	7	1	23
1	1	1	11	3	36
1	2	0	11	3	36
2	0	0	9	1	36
2	0	1	14	3	37
2	1	0	15	3	44
2	1	1	20	7	89
2	2	0	21	4	47
2	2	1	28	10	149
3	0	0	23	4	120
3	0	1	39	7	130
3	0	2	64	15	379
3	1	0	43	7	210
3	1	1	75	14	230
3	1	2	120	30	380
3	2	0	93	15	380
3	2	1	150	30	440
3	2	2	210	35	470
3	3	0	240	36	1300
3	3	1	460	71	2400
3	3	2	1100	150	4800
3	3	3	≥2400	-----	-----

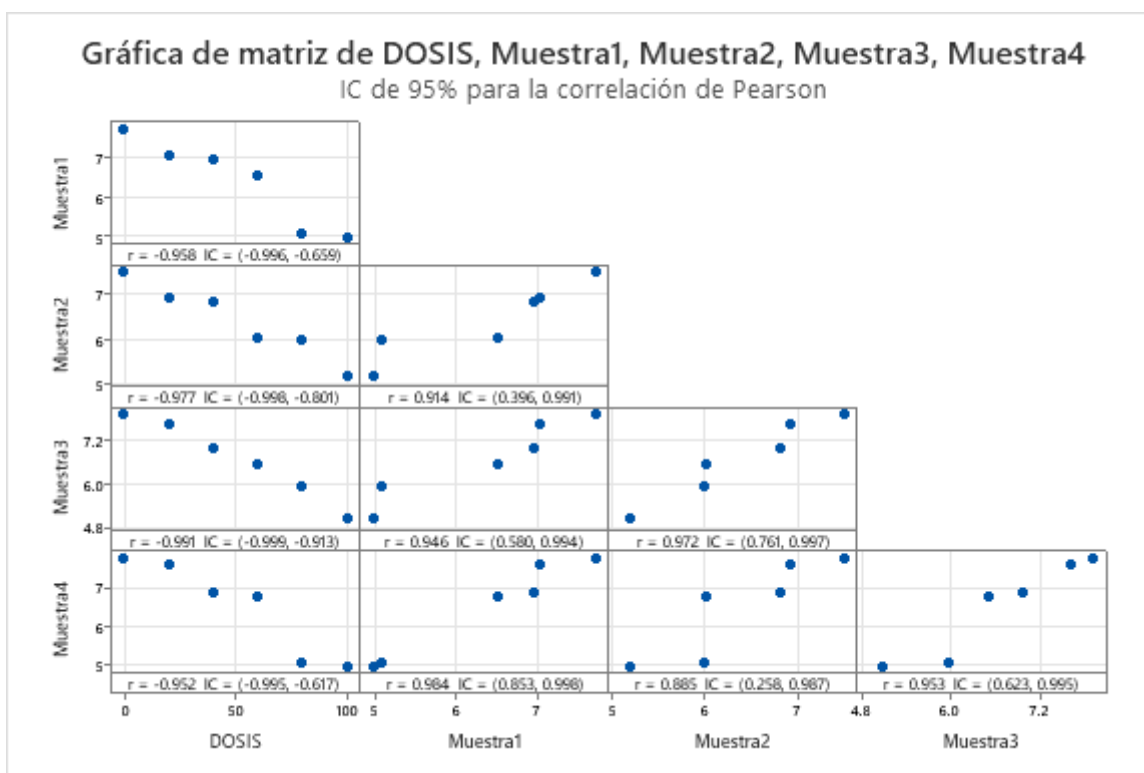
ANEXO 2

Tabla 19. Del Número Más Probable Enterococos (NMP)

Número de tubos que dieron reacción positiva			NMP por 100 mL	Límite de confianza al 95 %	
3 de 10 mL	3 de 1 mL	3 de 0,1 mL		Inferior	Superior
0	0	0	<3	----	-----
0	0	1	3	< 1	9
0	1	0	3	< 1	13
1	0	0	4	< 1	20
1	0	1	7	1	21
1	1	0	7	1	23
1	1	1	11	3	36
1	2	0	11	3	36
2	0	0	9	1	36
2	0	1	14	3	37
2	1	0	15	3	44
2	1	1	20	7	89
2	2	0	21	4	47
2	2	1	28	10	149
3	0	0	23	4	120
3	0	1	39	7	130
3	0	2	64	15	379
3	1	0	43	7	210
3	1	1	75	14	230
3	1	2	120	30	380
3	2	0	93	15	380
3	2	1	150	30	440
3	2	2	210	35	470
3	3	0	240	36	1300
3	3	1	460	71	2400
3	3	2	1100	150	4800
3	3	3	≥2400	-----	-----

ANEXO 3 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Grafica 13. Matriz de correlación entre dosis y muestra coagulante catiónico *Escherichia Coli*



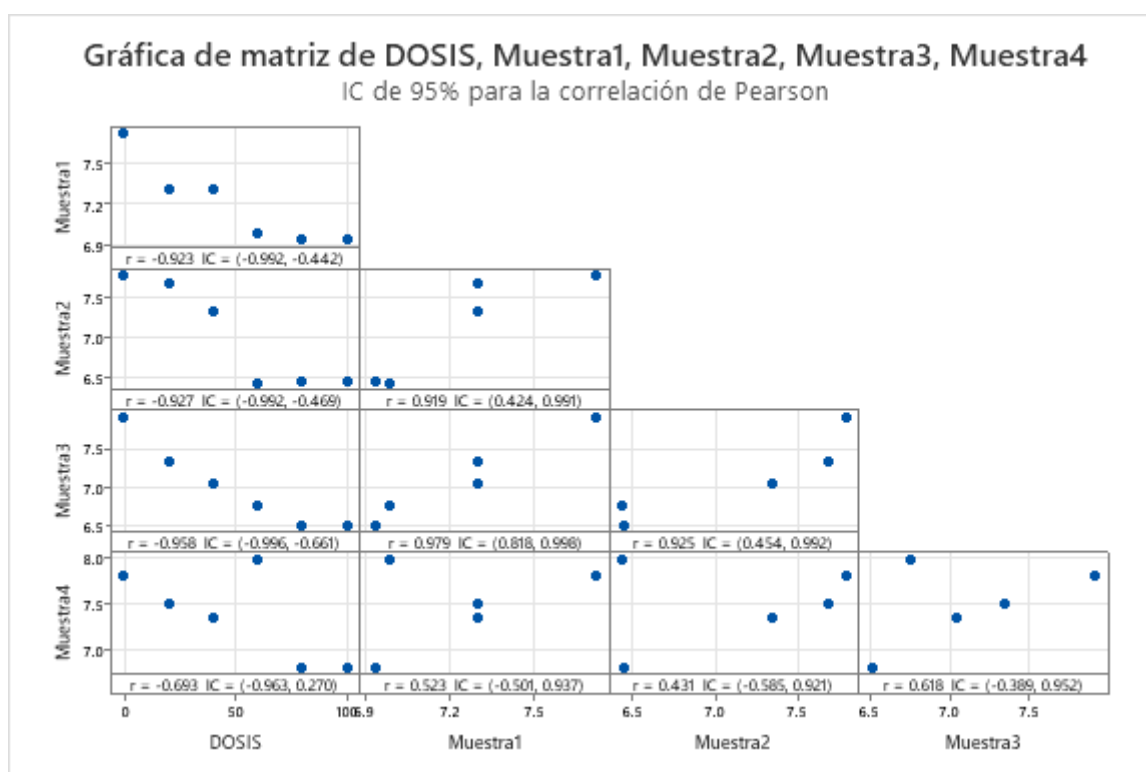
Correlaciones

	DOSIS	Muestra1	Muestra2	Muestra3
Muestra1	-0.958			
Muestra2	-0.977	0.914		
Muestra3	-0.991	0.946	0.972	
Muestra4	-0.952	0.984	0.885	0.953

Correlaciones en parejas de Pearson

Muestra 1	Muestra 2	N	Correlación	IC de 95% para p	Valor p
Muestra1	DOSIS	6	-0.958	(-0.996, -0.659)	0.003
Muestra2	DOSIS	6	-0.977	(-0.998, -0.801)	0.001
Muestra3	DOSIS	6	-0.991	(-0.999, -0.913)	0.000
Muestra4	DOSIS	6	-0.952	(-0.995, -0.617)	0.003
Muestra2	Muestra1	6	0.914	(0.396, 0.991)	0.011
Muestra3	Muestra1	6	0.946	(0.580, 0.994)	0.004
Muestra4	Muestra1	6	0.984	(0.853, 0.998)	0.000
Muestra3	Muestra2	6	0.972	(0.761, 0.997)	0.001
Muestra4	Muestra2	6	0.885	(0.258, 0.987)	0.019
Muestra4	Muestra3	6	0.953	(0.623, 0.995)	0.003

Grafica 14. Matriz de correlación de Pearson coagulante aniónico *Escherichia Coli*



Correlaciones

Método

Tipo de correlación Pearson

Número de filas utilizadas: 6

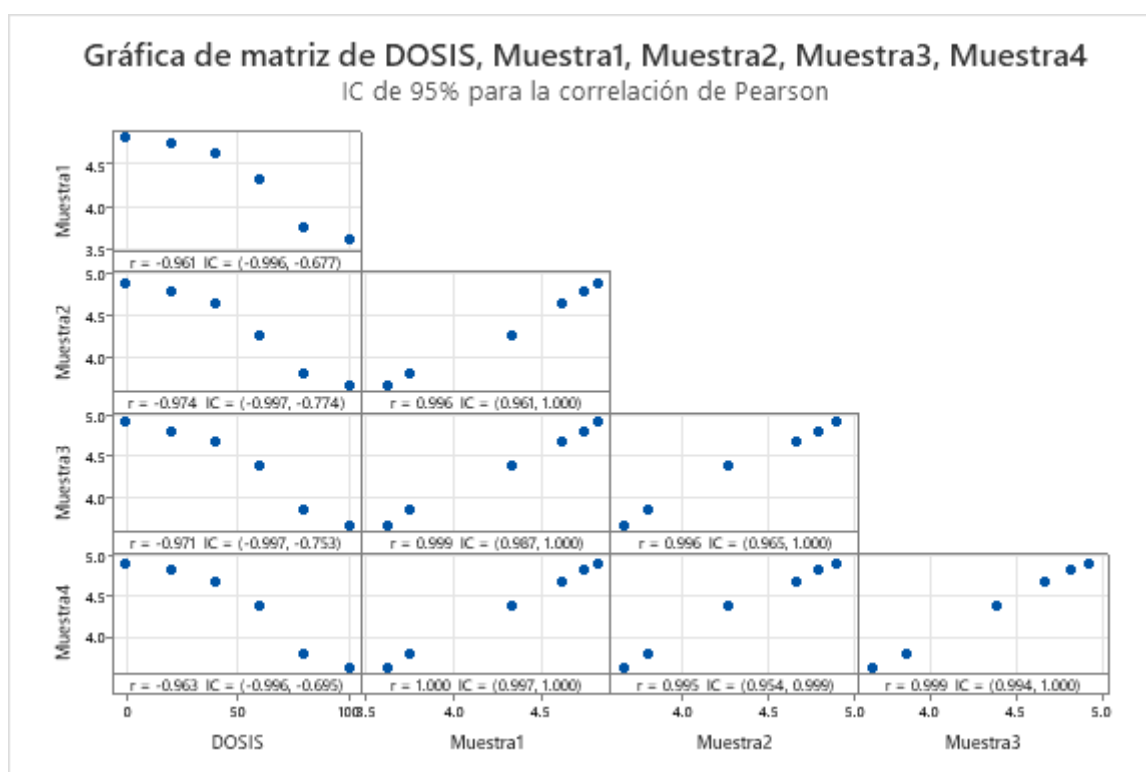
p: correlación en parejas de Pearson

	DOSIS	Muestra1	Muestra2	Muestra3
Muestra1	-0.923			
Muestra2	-0.927	0.919		
Muestra3	-0.958	0.979	0.925	
Muestra4	-0.693	0.523	0.431	0.618

Correlaciones en parejas de Pearson

Muestra 1	Muestra 2	N	Correlación	IC de 95% para p	Valor p
Muestra1	DOSIS	6	-0.923	(-0.992, -0.442)	0.009
Muestra2	DOSIS	6	-0.927	(-0.992, -0.469)	0.008
Muestra3	DOSIS	6	-0.958	(-0.996, -0.661)	0.003
Muestra4	DOSIS	6	-0.693	(-0.963, 0.270)	0.127
Muestra2	Muestra1	6	0.919	(0.424, 0.991)	0.010
Muestra3	Muestra1	6	0.979	(0.818, 0.998)	0.001
Muestra4	Muestra1	6	0.523	(-0.501, 0.937)	0.287
Muestra3	Muestra2	6	0.925	(0.454, 0.992)	0.008
Muestra4	Muestra2	6	0.431	(-0.585, 0.921)	0.393
Muestra4	Muestra3	6	0.618	(-0.389, 0.952)	0.191

Grafica 15. Matriz de correlación de Pearson en coagulante catiónico en Enterococos



Correlaciones

Método

Tipo de correlación: Pearson

Número de filas utilizadas: 6

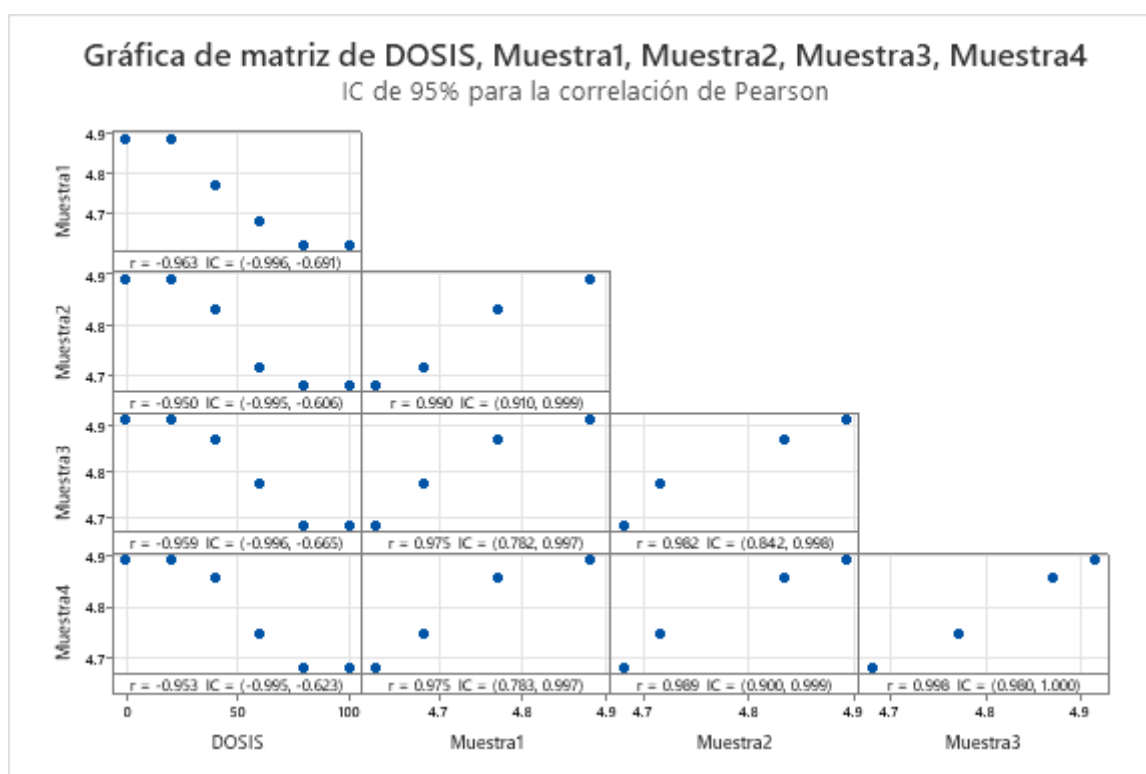
p: correlación en parejas de Pearson

	DOSIS	Muestra1	Muestra2	Muestra3
Muestra1	-0.961			
Muestra2	-0.974	0.996		
Muestra3	-0.971	0.999	0.996	
Muestra4	-0.963	1.000	0.995	0.999

Correlaciones en parejas de Pearson

Muestra 1	Muestra 2	N	Correlación	IC de 95% para p	Valor p
Muestra1	DOSIS	6	-0.961	(-0.996, -0.677)	0.002
Muestra2	DOSIS	6	-0.974	(-0.997, -0.774)	0.001
Muestra3	DOSIS	6	-0.971	(-0.997, -0.753)	0.001
Muestra4	DOSIS	6	-0.963	(-0.996, -0.695)	0.002
Muestra2	Muestra1	6	0.996	(0.961, 1.000)	0.000
Muestra3	Muestra1	6	0.999	(0.987, 1.000)	0.000
Muestra4	Muestra1	6	1.000	(0.997, 1.000)	0.000
Muestra3	Muestra2	6	0.996	(0.965, 1.000)	0.000
Muestra4	Muestra2	6	0.995	(0.954, 0.999)	0.000
Muestra4	Muestra3	6	0.999	(0.994, 1.000)	0.000

Grafica 16 Matriz correlación de Pearson coagulante aniónico Enterococos



Correlaciones

Método

Tipo de correlación Pearson

Número de filas utilizadas: 6

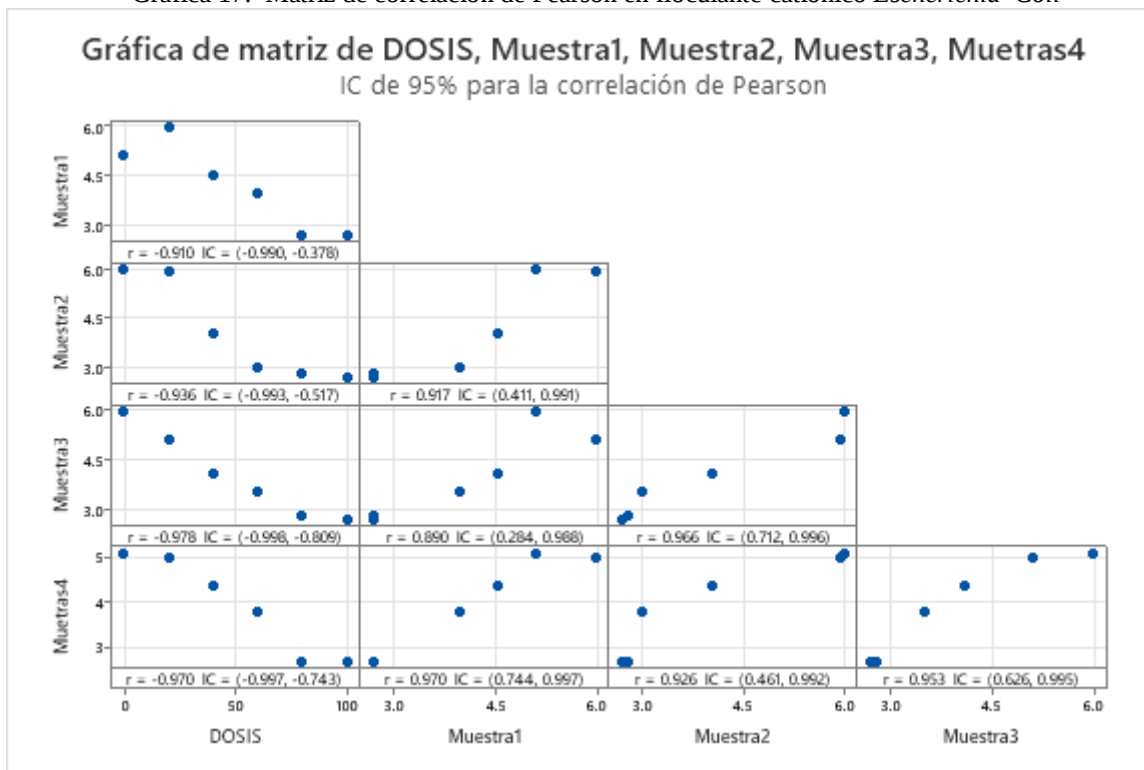
p: correlación en parejas de Pearson

	DOSIS	Muestra1	Muestra2	Muestra3
Muestra1	-0.963			
Muestra2	-0.950	0.990		
Muestra3	-0.959	0.975	0.982	
Muestra4	-0.953	0.975	0.989	0.998

Correlaciones en parejas de Pearson

Muestra 1	Muestra 2	N	Correlación	IC de 95% para p	Valor p
Muestra1	DOSIS	6	-0.963	(-0.996, -0.691)	0.002
Muestra2	DOSIS	6	-0.950	(-0.995, -0.606)	0.004
Muestra3	DOSIS	6	-0.959	(-0.996, -0.665)	0.002
Muestra4	DOSIS	6	-0.953	(-0.995, -0.623)	0.003
Muestra2	Muestra1	6	0.990	(0.910, 0.999)	0.000
Muestra3	Muestra1	6	0.975	(0.782, 0.997)	0.001
Muestra4	Muestra1	6	0.975	(0.783, 0.997)	0.001
Muestra3	Muestra2	6	0.982	(0.842, 0.998)	0.000
Muestra4	Muestra2	6	0.989	(0.900, 0.999)	0.000
Muestra4	Muestra3	6	0.998	(0.980, 1.000)	0.000

Grafica 17. Matriz de correlación de Pearson en floculante catiónico *Escherichia Coli*



Correlaciones

Método

Tipo de correlación Pearson

Número de filas utilizadas: 6

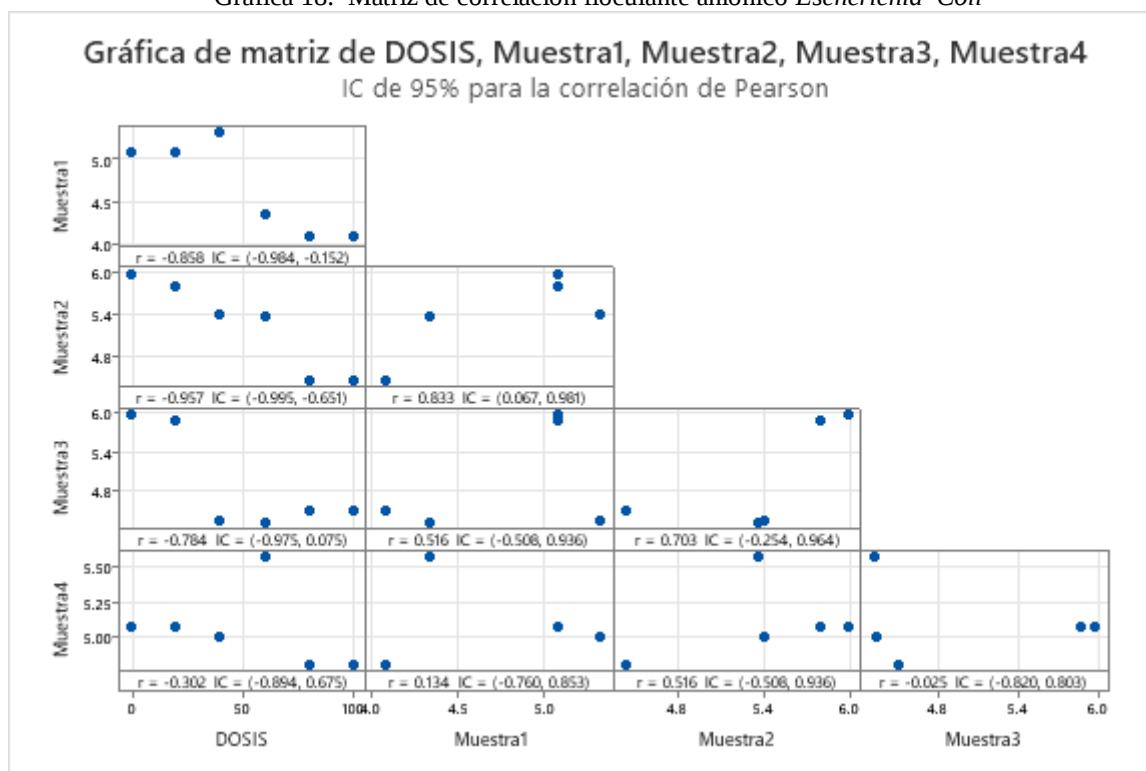
p: correlación en parejas de Pearson

	DOSIS	Muestra1	Muestra2	Muestra3
Muestra1	-0.910			
Muestra2	-0.936	0.917		
Muestra3	-0.978	0.890	0.966	
Muestras4	-0.970	0.970	0.926	0.953

Correlaciones en parejas de Pearson

Muestra 1	Muestra 2	N	Correlación	IC de 95% para p	Valor p
Muestra1	DOSIS	6	-0.910	(-0.990, -0.378)	0.012
Muestra2	DOSIS	6	-0.936	(-0.993, -0.517)	0.006
Muestra3	DOSIS	6	-0.978	(-0.998, -0.809)	0.001
Muestras4	DOSIS	6	-0.970	(-0.997, -0.743)	0.001
Muestra2	Muestra1	6	0.917	(0.411, 0.991)	0.010
Muestra3	Muestra1	6	0.890	(0.284, 0.988)	0.017
Muestras4	Muestra1	6	0.970	(0.744, 0.997)	0.001
Muestra3	Muestra2	6	0.966	(0.712, 0.996)	0.002
Muestras4	Muestra2	6	0.926	(0.461, 0.992)	0.008
Muestras4	Muestra3	6	0.953	(0.626, 0.995)	0.003

Grafica 18. Matriz de correlación floculante aniónico *Escherichia Coli*



Correlaciones

Método

Tipo de correlación Pearson

Número de filas utilizadas: 6

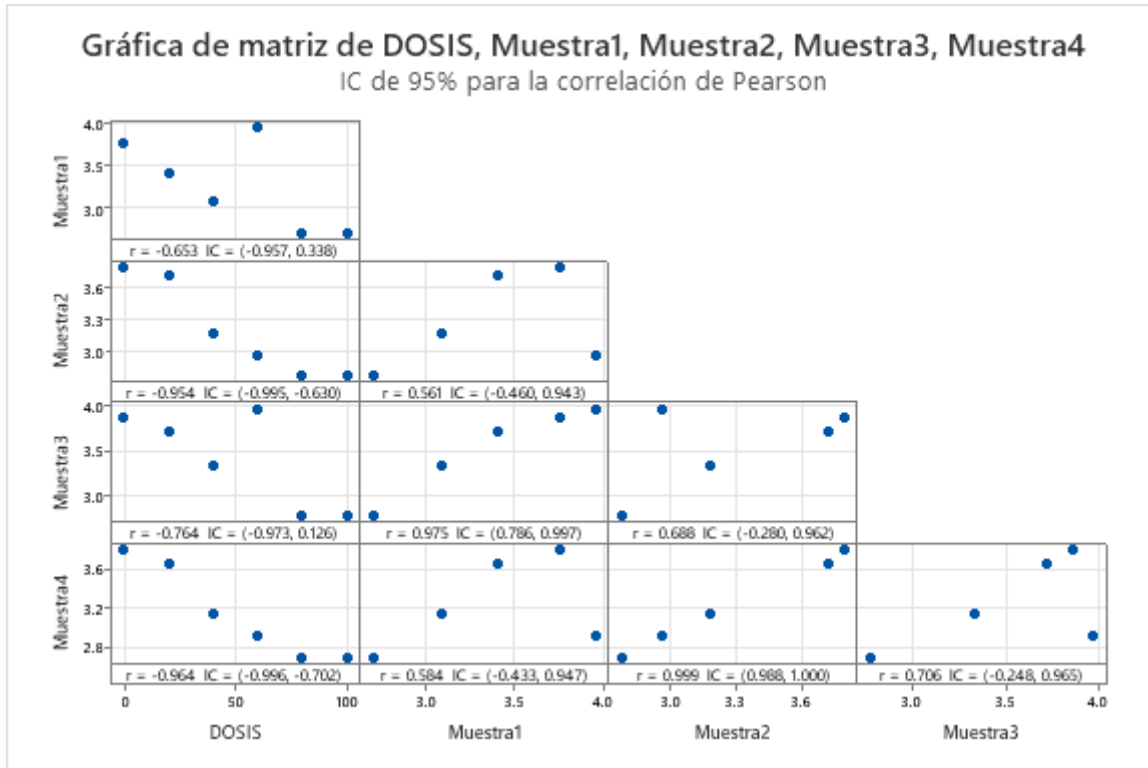
p: correlación en parejas de Pearson

	DOSIS	Muestra1	Muestra2	Muestra3
Muestra1	-0.858			
Muestra2	-0.957	0.833		
Muestra3	-0.784	0.516	0.703	
Muestra4	-0.302	0.134	0.516	-0.025

Correlaciones en parejas de Pearson

Muestra 1	Muestra 2	N	Correlación	IC de 95% para p	Valor p
Muestra1	DOSIS	6	-0.858	(-0.984, -0.152)	0.029
Muestra2	DOSIS	6	-0.957	(-0.995, -0.651)	0.003
Muestra3	DOSIS	6	-0.784	(-0.975, 0.075)	0.065
Muestra4	DOSIS	6	-0.302	(-0.894, 0.675)	0.561
Muestra2	Muestra1	6	0.833	(0.067, 0.981)	0.039
Muestra3	Muestra1	6	0.516	(-0.508, 0.936)	0.294
Muestra4	Muestra1	6	0.134	(-0.760, 0.853)	0.801
Muestra3	Muestra2	6	0.703	(-0.254, 0.964)	0.120
Muestra4	Muestra2	6	0.516	(-0.508, 0.936)	0.294
Muestra4	Muestra3	6	-0.025	(-0.820, 0.803)	0.963

Grafica 19. Matriz de correlación de Pearson floculante catiónico Enterococos



Correlaciones

Método

Tipo de correlación Pearson

Número de filas utilizadas: 6

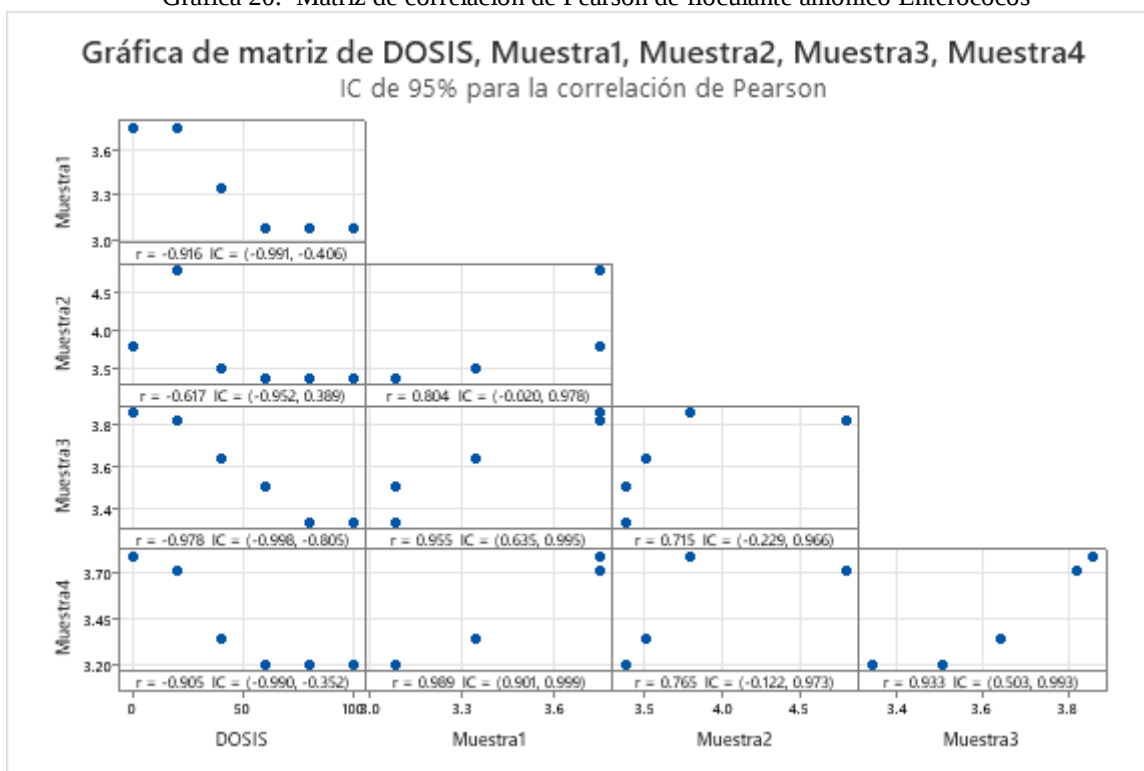
p: correlación en parejas de Pearson

	DOSIS	Muestra1	Muestra2	Muestra3
Muestra1	-0.653			
Muestra2	-0.954	0.561		
Muestra3	-0.764	0.975	0.688	
Muestra4	-0.964	0.584	0.999	0.706

Correlaciones en parejas de Pearson

Muestra 1	Muestra 2	N	Correlación	IC de 95% para p	Valor p
Muestra1	DOSIS	6	-0.653	(-0.957, 0.338)	0.160
Muestra2	DOSIS	6	-0.954	(-0.995, -0.630)	0.003
Muestra3	DOSIS	6	-0.764	(-0.973, 0.126)	0.077
Muestra4	DOSIS	6	-0.964	(-0.996, -0.702)	0.002
Muestra2	Muestra1	6	0.561	(-0.460, 0.943)	0.247
Muestra3	Muestra1	6	0.975	(0.786, 0.997)	0.001
Muestra4	Muestra1	6	0.584	(-0.433, 0.947)	0.224
Muestra3	Muestra2	6	0.688	(-0.280, 0.962)	0.131
Muestra4	Muestra2	6	0.999	(0.988, 1.000)	0.000
Muestra4	Muestra3	6	0.706	(-0.248, 0.965)	0.117

Grafica 20. Matriz de correlación de Pearson de floculante aniónico Enterococos



Correlaciones

Método

Tipo de correlación Pearson

Número de filas utilizadas: 6

p: correlación en parejas de Pearson

	DOSIS	Muestra1	Muestra2	Muestra3
Muestra1	-0.916			
Muestra2	-0.617	0.804		
Muestra3	-0.978	0.955	0.715	
Muestra4	-0.905	0.989	0.765	0.933

Correlaciones en parejas de Pearson

Muestra 1	Muestra 2	N	Correlación	IC de 95% para p	Valor p
Muestra1	DOSIS	6	-0.916	(-0.991, -0.406)	0.010
Muestra2	DOSIS	6	-0.617	(-0.952, 0.389)	0.192
Muestra3	DOSIS	6	-0.978	(-0.998, -0.805)	0.001
Muestra4	DOSIS	6	-0.905	(-0.990, -0.352)	0.013
Muestra2	Muestra1	6	0.804	(-0.020, 0.978)	0.054
Muestra3	Muestra1	6	0.955	(0.635, 0.995)	0.003
Muestra4	Muestra1	6	0.989	(0.901, 0.999)	0.000
Muestra3	Muestra2	6	0.715	(-0.229, 0.966)	0.110
Muestra4	Muestra2	6	0.765	(-0.122, 0.973)	0.076
Muestra4	Muestra3	6	0.933	(0.503, 0.993)	0.006

ANEXO 4 RESULTADOS

COAGULANTE CATIONICO

DOSIS	M1	M2	M3	M4	Datos exponenciales
0	5.20E+07	3.20E+07	8.20E+07	6.30E+07	
20	1.10E+07	8.60E+06	4.20E+07	4.20E+07	
40	9.20E+06	6.50E+06	9.20E+06	8.30E+06	
60	3.32E+06	1.00E+06	3.20E+06	6.20E+06	
80	1.20E+05	9.60E+05	9.20E+05	1.20E+05	
100	9.50E+04	1.50E+05	1.20E+05	9.50E+04	

COAGULANTE CATIONICO

DOSIS	E-COLI				Datos logarítmicos
	M1	M2	M3	M4	
0	7.72	7.51	7.91	7.80	
20	7.04	6.93	7.62	7.62	
40	6.96	6.81	6.96	6.92	
60	6.52	6.00	6.51	6.79	
80	5.08	5.98	5.96	5.08	
100	4.98	5.18	5.08	4.98	

COAGULANTE ANIONICO

DOSIS	E-COLI			
	M1	M2	M3	M4
0	5.20E+07	6.20E+07	8.20E+07	6.30E+07
20	2.00E+07	4.80E+07	2.20E+07	3.20E+07
40	2.00E+07	2.20E+07	1.10E+07	2.20E+07
60	9.80E+06	2.78E+06	5.60E+06	9.80E+07
80	8.80E+06	2.80E+06	3.20E+06	6.40E+06
100	8.80E+06	2.80E+06	3.20E+06	6.40E+06

COAGULANTE ANIONICO

DOSIS	M1	M2	M3	M4
0	7.72	7.79	7.91	7.80
20	7.30	7.68	7.34	7.51
40	7.30	7.34	7.04	7.34
60	6.99	6.44	6.75	7.99
80	6.94	6.45	6.51	6.81
100	6.94	6.45	6.51	6.81

COAGULANTE CATIONICO

ENTEROCOCOS				
DOSIS	M1	M2	M3	M4
0	6.60E+04	7.80E+04	8.20E+04	7.80E+04
20	5.50E+04	6.10E+04	6.40E+04	6.40E+04
40	4.10E+04	4.50E+04	4.60E+04	4.60E+04
60	2.10E+04	1.80E+04	2.40E+04	2.40E+04
80	5.60E+03	6.20E+03	7.20E+03	6.20E+03
100	4.20E+03	4.50E+03	4.60E+03	4.20E+03

COAGULANTE CATIONICO

ENTEROCOCOS				
DOSIS	M1	M2	M3	M4
0	4.82	4.89	4.91	4.89
20	4.74	4.79	4.81	4.81
40	4.61	4.65	4.66	4.66
60	4.32	4.26	4.38	4.38
80	3.75	3.79	3.86	3.79
100	3.62	3.65	3.66	3.62

COAGULANTE ANIONICO

ENTEROCOCOS				
DOSIS	M1	M2	M3	M4
0	7.60E+04	7.80E+04	8.20E+04	7.80E+04
20	7.60E+04	7.80E+04	8.20E+04	7.80E+04
40	5.90E+04	6.80E+04	7.40E+04	7.20E+04
60	4.80E+04	5.20E+04	5.90E+04	5.60E+04
80	4.20E+04	4.80E+04	4.80E+04	4.80E+04
100	4.20E+04	4.80E+04	4.80E+04	4.80E+04

COAGULANTE ANIONICO

ENTEROCOCOS				
DOSIS	M1	M2	M3	M4
0	4.88	4.89	4.91	4.89
20	4.88	4.89	4.91	4.89
40	4.77	4.83	4.87	4.86
60	4.68	4.72	4.77	4.75
80	4.62	4.68	4.68	4.68
100	4.62	4.68	4.68	4.68

Demanda Química de Oxígeno

Datos logarítmicos

DOSIS	PROMEDIO	DOSIS	COAGULANTE Mg/L
0	3650	0	3.562292864
20	3240	20	3.51054501
40	2220	40	3.346352974
60	1530	60	3.184691431
80	1100	80	3.041392685
100	1100	100	3.041392685

Datos logarítmicos

DOSIS	PROMEDIO	DOSIS	FLOCULANTE Mg/L
0	1100	0	3.041392685
20	1050	20	3.021189299
40	850	40	2.929418926
60	600	60	2.77815125
80	150	80	2.176091259
100	150	100	2.176091259

La Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) y la Universidad Veracruzana a través del Subconsejo Académico del Consejo Asesor del Parque Nacional Pico de Orizaba, convocan al:

2° Simposio Nacional del Parque Nacional Pico de Orizaba

14 y 15 de noviembre de 2024
USBI Ixtaczoquitlán.

Fotografía: CONANP

Unidad de Servicios Bibliotecarios y de Información (USBI) de la Universidad Veracruzana, Carretera Estatal Sumidero-Dos Rios, km 1, Ixtaczoquitlán, Ver.

Ejes temáticos:

Conservación y Manejo Sostenible del Ecosistema.
Comunidad y Desarrollo Socioeconómico.
Cambio Climático y Recursos Hidrológicos.

Fecha límite para la presentación de resúmenes:
30 de junio del 2024.

Notificación de aceptación:
10 de septiembre del 2024.

Contacto:

picodeorizaba@conanp.gob.mx
ygheno@uv.mx
Teléfono: 272 721 5396

Modalidades de participación:

Ponencias orales.
Cartel científico.
Concurso de fotografía y video.

La inscripción al simposio es gratis.

Consulta la convocatoria:



Fotografía: CONANP

Fotografía: CONANP