



UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA

CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA

**TRABAJO DE TITULACIÓN PRESENTADO COMO REQUISITO PARA OPTAR
POR EL TÍTULO DE INGENIERO QUÍMICO**

TEMA:

EFECTO DE LA CONCENTRACIÓN DEL NITRÓGENO EN LA
BIODEGRADABILIDAD DE UN AGUA RESIDUAL PROVENIENTE DE UNA
INDUSTRIA PROCESADORA DE MARACUYÁ.

AUTORES:

VILLACÍS ROMERO KATHERINE LISBETH
OLIVO FERNANDEZ XAVIER STALYN

TUTORA:

ING. KATHERINE ZALAMEA CEDEÑO, MSc.

GUAYAQUIL, SEPTIEMBRE 2019

FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA
CARRERA DE INGENIERIA QUIMICA
UNIDAD DE TITULACIÓN



REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE GRADUACIÓN

TÍTULO Y SUBTÍTULO:	EFECTO DE LA CONCENTRACIÓN DEL NITRÓGENO EN LA BIODEGRADABILIDAD DE UN AGUA RESIDUAL PROVENIENTE DE UNA INDUSTRIA PROCESADORA DE MARACUYÁ		
AUTOR(ES) (apellidos/nombres):	Villacís Romero Katherine Lisbeth y Olivo Fernández Xavier Stalyn		
REVISOR(ES)/TUTOR(ES) (apellidos/nombres):	Ing. Katherine Zalamea Cedeño Ing. Gonzalo Villa Manosalvas		
INSTITUCIÓN:	Universidad de Guayaquil		
UNIDAD/FACULTAD:	Facultad de Ingeniería Química		
MAESTRÍA/ESPECIALIDAD:			
GRADO OBTENIDO:	Ingeniero Químico		
FECHA DE PUBLICACIÓN:		No. DE PÁGINAS:	
ÁREAS TEMÁTICAS:			
PALABRAS CLAVES/KEYWORDS:	Nitrógeno, agua residual, concentración, nutrientes y sustrato.		
RESUMEN/ABSTRACT: Este trabajo se realizó con la finalidad de establecer la concentración óptima de nitrógeno para compensar la falta de nutrientes que presentan las aguas residuales procedentes de las industrias de frutas y vegetales para conseguir un aumento en el crecimiento de microorganismo y favorecer la biodegradación del sustrato. El desarrollo del trabajo de titulación se llevó a cabo dentro del laboratorio de aguas de la Facultad de Ingeniería Química en la Universidad de Guayaquil. Para la experimentación se recepto agua residual de una industria procesadora de maracuyá llamada Agro Industrial Fruta de la Pasión C. Ltda. a la cual se le adicionaron diferentes concentraciones de nitrógeno para determinar la que mejores resultados proporcionaba con respecto a la biodegradabilidad del sustrato y desarrollo bacteriano. Nuestro estudio se realizó mediante análisis diarios tomando como indicadores de control la demanda química de oxígeno, los sólidos totales y fijos, el pH, oxígeno disuelto y temperatura buscando que el agua residual luego del tratamiento cumpla con los límites permisibles propuestos por la ley para estos parámetros. Durante las seis semanas de experimentación se obtuvieron porcentajes de disminución de solidos totales en rangos de 56% hasta 79%, la remoción del DQO desde un 39% hasta un 93.7% y el consumo de N de 33% hasta 70%; La mejor dosificación de concentración de nitrógeno empleada se la realizo durante la segunda semana (corrida), esta permitió un crecimiento rápido de microorganismos que acelero la biodegradabilidad del sustrato.			
ADJUNTO PDF:	☒ SI	☐ NO	
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: 0968194259 Katherine Villacís 0990195340 Xavier Olivo	E-mail: nachilisbeth@hotmail.com xavierolivo2008@hotmail.com	
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN:	Nombre: UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL Teléfono: (04) 228-7072, 228-7258, 222-8695, 228-4505 E-mail: ugrector@ug.edu.ec		

**FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA
CARRERA DE INGENIERIA QUIMICA
UNIDAD DE TITULACIÓN**

Guayaquil, 15 de Agosto del 2019

Sr. Ing.

Bonilla Abarca Luis Alberto, M.Sc

DIRECTOR (A) DE LA CARRERA DE INGENIERIA QUIMICA

FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA

UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL

Ciudad.-

De mis consideraciones:

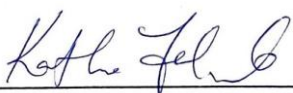
Envío a Ud. el Informe correspondiente a la tutoría realizada al Trabajo de Titulación **EFFECTO DE LA CONCENTRACIÓN DE NITRÓGENO EN LA BIODEGRADABILIDAD DE UN AGUA RESIDUAL PROVENIENTE DE UNA INDUSTRIA PROCESADORA DE MARACUYÁ**, del (los) estudiante (s) **VILLACÍS ROMERO KATHERINE LISBETH Y OLIVO FERNÁNDEZ XAVIER STALYN**, indicando que ha (n) cumplido con todos los parámetros establecidos en la normativa vigente:

- El trabajo es el resultado de una investigación.
- El estudiante demuestra conocimiento profesional integral.
- El trabajo presenta una propuesta en el área de conocimiento.
- El nivel de argumentación es coherente con el campo de conocimiento.

Adicionalmente, se adjunta el certificado de porcentaje de similitud y la valoración del trabajo de titulación con la respectiva calificación.

Dando por concluida esta tutoría de trabajo de titulación, **CERTIFICO**, para los fines pertinentes, que el (los) estudiante (s) está (n) apto (s) para continuar con el proceso de revisión final.

Atentamente,



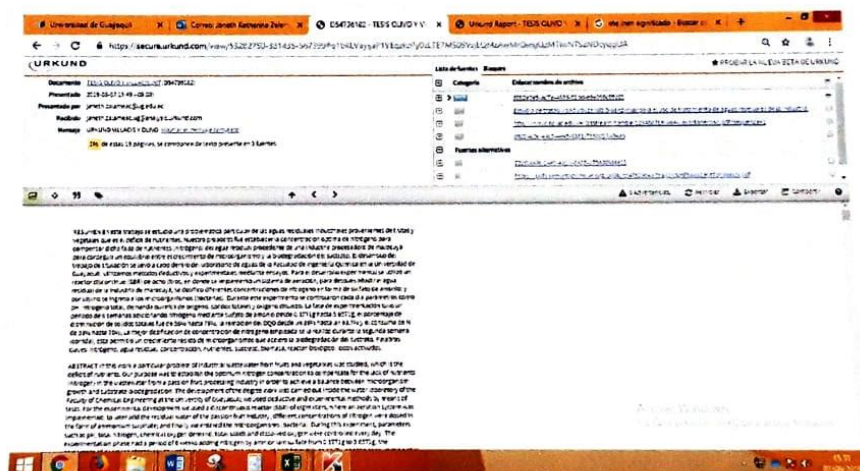
TUTORA DE TRABAJO DE TITULACIÓN
ING. KATHERINE ZALAMEA CEDEÑO. M.S.c
C.I. 0918854076

FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA
CARRERA DE INGENIERIA QUIMICA
UNIDAD DE TITULACIÓN

CERTIFICADO PORCENTAJE DE SIMILITUD

Habiendo sido nombrado **JANETH KATHERINE ZALAMEA CEDEÑO**, tutor del trabajo de titulación certifico que el presente trabajo de titulación ha sido elaborado por **VILLACÍS ROMERO KATHERINE LISBETH** con C.I. 0953436052 Y **OLIVO FERNÁNDEZ XAVIER STALYN**, con C.I. 0952690287, con mi respectiva supervisión como requerimiento parcial para la obtención del título de **INGENIERO QUIMICO**.

Se informa que el trabajo de titulación: **“EFECTO DE LA CONCENTRACIÓN DE NITRÓGENO EN LA BIODEGRADABILIDAD DE UN AGUA RESIDUAL PROVENIENTE DE UNA INDUSTRIA PROCESADORA DE MARACUYÁ”**, ha sido orientado durante todo el periodo de ejecución en el programa antiplagio (**URKUND**) quedando el 1% de coincidencia.



<https://secure.arkund.com/view/53282750-381435-567399#q1bKLvayjPaTVEqzkPy0zL7E7MS05VjLQMzAwMrQwsjQzMTIwNtSzNDcyqgUA>

Kathe Zaldeño

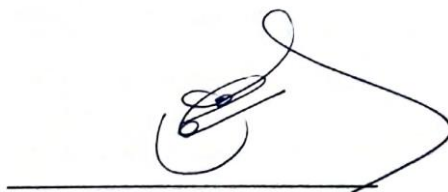
TUTORA DE TRABAJO DE TITULACIÓN
ING. KATHERINE ZALAMEA CEDEÑO. M.S.c
C.I. 0918854076

**FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA
CARRERA DE INGENIERIA QUIMICA
UNIDAD DE TITULACIÓN**

Guayaquil, 20 de Agosto del 2019

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR REVISOR

Habiendo sido nombrado **GONZALO IVÁN VILLA MANOSALVAS**, tutor del trabajo de titulación **EFFECTO DE LA CONCENTRACIÓN DE NITRÓGENO EN LA BIODEGRADABILIDAD DE UN AGUA RESIDUAL PROVENIENTE DE UNA INDUSTRIA PROCESADORA DE MARACUYÁ**, certifico que el presente trabajo de titulación, elaborado por **VILLACÍS ROMERO KATHERINE LISBETH** con C.I. 0953436052 y **OLIVO FERNÁNDEZ XAVIER STALYN**, con C.I. 0952690287, con mi respectiva supervisión como requerimiento parcial para la obtención del título de **INGENIERO QUIMICO**, en la Carrera/Facultad, ha sido **REVISADO Y APROBADO** en todas sus partes, encontrándose apto para su sustentación.



DOCENTE TUTOR REVISOR

C.I.No.0907348189

**FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA
CARRERA DE INGENIERIA QUIMICA
UNIDAD DE TITULACIÓN**

**LICENCIA GRATUITA INTRANSFERIBLE Y NO EXCLUSIVA
PARA EL USO NO COMERCIAL DE LA OBRA CON FINES NO
ACADÉMICOS**

Nosotros, **VILLACÍS ROMERO KATHERINE LISBETH** con C.I. No. **0953436052** y **OLIVO FERNANDEZ XAVIER STALYN** con C.I. No. **0952690287**, certifico que los contenidos desarrollados en este trabajo de titulación, cuyo título es **“EFECTO DE LA CONCENTRACIÓN DEL NITRÓGENO EN LA BIODEGRADABILIDAD DE UN AGUA RESIDUAL PROVENIENTE DE UNA INDUSTRIA PROCESADORA DE MARACUYÁ”** son de mi absoluta propiedad y responsabilidad Y SEGÚN EL Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN*, autorizo el uso de una licencia gratuita intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la presente obra con fines no académicos, en favor de la Universidad de Guayaquil, para que haga uso del mismo, como fuera pertinente.

Katherine Villacís R.

Xavier Olivo Fernandez.

KATHERINE LISBETH VILLACÍS ROMERO
C.I. No. 0953436052

XAVIER STALYN OLIVO FERNANDEZ
C.I. No. 0952690287

*CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN (Registro Oficial n. 899-Dic./2016) Artículo 114.- De los titulares de derechos de obras creadas en las instituciones de educación superior y centros educativos.- En el caso de las obras creadas en centros educativos, universidades, escuelas politécnicas, institutos superiores técnicos, tecnológicos, pedagógicos, de artes y los conservatorios superiores, e institutos públicos de investigación como resultado de su actividad académica o de investigación tales como trabajos de titulación, proyectos de investigación o innovación, artículos académicos, u otros análogos, sin perjuicio de que pueda existir relación de dependencia, la titularidad de los derechos patrimoniales corresponderá a los autores. Sin embargo, el establecimiento tendrá una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra con fines académicos.

AGRADECIMIENTO

Quiero empezar dándole las gracias a DIOS por todas sus Bendiciones por ser mi fortaleza en todo momento, por mostrarme el camino perfecto hacia la felicidad y enseñarme que una caída jamás debe detener mis sueños. Por darme una MADRE MARAVILLOSA, UNICA Y ESPECIAL quien fue es y será siempre mi impulso principal en la vida mi razón de lucha para ser mejor cada día y principalmente para buscar lo mejor para ella. Porque MADRE lo mereces absolutamente todo gracias y mil gracias por cada cuidado por cada sonrisa y por cada retada con la unión de todas tus actitudes y valores hiciste de mi lo que soy ahora, siempre busque y luche por ser tu orgullo y es que te debo tanto dedicaste tu vida a mí, a formarme y enseñarme que en la vida nada es fácil pero que luchando todo es posible que no hay sueño inalcanzable si se es constante, GRACIAS por no dejarme sola en ningún momento y ayudarme a cumplir mis metas eres mi guerrera TE AMO BELLA ROMERO.

Mi querido JONA gracias por tu compañía durante todo el proceso de mi tesis, por darme fuerzas y alegrías demostrándome que todo con AMOR Y PACIENCIA siempre sale mejor, por la motivación que me daba día a día y sobre todo por su ayuda incondicional, por haber estado ahí siempre que necesitaba un apoyo Por eso y millón más GRACIAS pues me ayudo en todo lo que podía incluso mucho más. Eres una persona muy especial con la que espero siempre contar.

En el camino han existido muchas personas que como siempre dije fueron ángeles que DIOS ponía en mi camino para extenderme la mano en momentos de angustia o tan solo con sonrisas darme ánimos para seguir adelante, quizá sea imposible nombrar a cada uno de esos ángeles pero quiero que sepan que los llevo en el corazón y les agradezco por cada instante compartido conmigo, entre estas personas estas tu XAVI gracias por tu compañía diaria a la universidad por esas largas jornadas de estudio, por compartir conmigo los buenos y malos momentos durante estos 5 años, gracias por tu amistad. Quizá varios factores cambiaron la situación, pero el aprecio se mantiene intacto.

KATHERINE LISBETH VILLACIS ROMERO.

DEDICATORIA

Cada día al despertar le dedico todo a DIOS y es que es la mejor manera de agradecer lo mucho que me da y esta vez no quiero marcar diferencia, mis éxitos siempre serán dedicados a ti PADRE CELESTIAL.

MADRE sabes perfectamente que eres el motor de mi vida que cada esfuerzo y meta que me trazo es pensando en ti, en toda la felicidad que mereces que te regale y en el orgullo que quiero ser para ti, estoy consciente que lo mereces todo y esa es mi meta de vida hacer que nada te falte. Hoy quiero dedicarte el más grande logro que he alcanzado hasta ahora ser tú INGENIERA, el aplauso a este logro no lo merezco yo, este logro es tuyo MAMITA todo es símbolo de tu esfuerzo, de tu amor, de tu paciencia, de tus sacrificios lo que soy hoy es gracias a ti por eso y mil cosas más te dedico esta meta cumplida que un día decidí seguir solamente pensando en ti y en lo grande que quiero ser por ti.

TE DEDICO TODO LO QUE SOY PORQUE TODO ES GRACIAS A TI MADRE!

KATHERINE LISBETH VILLACIS ROMERO.

AGRADECIMIENTO

Principalmente agradezco a Dios por bendecirme cada momento de mi vida, por ser un apoyo y fortaleza en cada situación de debilidad y dificultad.

Gracias a mi madre Mariana De Jesús Fernández Bautista por ser un pilar fundamental a lo largo de mi carrera, por confiar y crecer en mí, por sus consejos, valores y principios que me ha brindado e inculcado.

Gracias a todos los docentes que fueron guiando, formando y aportando con sus conocimientos para llegar a ser una persona de bien y útil para la sociedad.

Gracias a mis hermanos por estar siempre presente dándome una palabra de aliento para seguir adelante durante este largo proceso.

Un agradecimiento especial para mi amiga y compañera de tesis Katherine Lisbeth Villacis Romero por todo el cariño brindado desde el inicio de esta etapa hasta la culminación de la misma, por sus consejos, por su lealtad, por su apoyo, paciencia y en especial por su amistad.

Gracias a los amigos en general que de una u otra manera se involucraron y fueron parte de esta carrera junto a mí dándome una mano, un voto de confianza o una palabra para no rendirme.

Gracias totales para todas las personas que dieron un valioso aporte para cruzar este difícil camino y salir adelante con éxito. También agradecer a todos aquellos que hoy no están y sin embargo fueron parte de este sueño que ya se convierte en realidad.

Para concluir agradezco desde lo más profundo de mi corazón a todas las personas nombradas ya que sin ustedes este recorrido hubiese sido casi imposible.

XAVIER STALYN OLIVO FERNANDEZ

DEDICATORIA

La presente tesis se lo dedicamos primero a Dios por ser el gestor, inspirador y darnos siempre la fuerza para continuar con este duro proceso de obtener uno de los anhelos y sueños más deseados.

A mí madre, por su amor, dedicación, lucha y sacrificio constante durante estos años. A mis hermanos y amigos por su apoyo moral y consejos brindados.

A todos mis maestros que conocí en toda mi etapa estudiantil ya que me brindaron todo su conocimiento para cumplir con mi propósito.

Les dedico este logro a todas las personas que estuvieron a mi lado durante este crecimiento. Dios, padres, hermanos, maestros y amigos este logro es para ustedes.

XAVIER STALYN OLIVO FERNANDEZ

Contenido

REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA	I
CERTIFICADO PORCENTAJE DE SIMILITUD	III
CERTIFICACIÓN DEL TUTOR REVISOR	IV
LICENCIA GRATUITA INTRANSFERIBLE Y NO EXCLUSIVA PARA EL USO NO COMERCIAL DE LA OBRA CON FINES NO ACADÉMICOS	V
AGRADECIMIENTO	VI
DEDICATORIA	VII
AGRADECIMIENTO	VIII
DEDICATORIA	IX
INDICE DE TABLAS	XII
INDICE DE FIGURAS	XIII
INDICE DE GRÁFICAS	XIII
INDICE DE ANEXOS	XIV
ABREVIATURAS	XV
RESUMEN	XVI
ABSTRACT	XVII
INTRODUCCION	- 1 -
1.1 Problemática	- 2 -
1.1.1 Planteamiento del problema	- 2 -
1.2 Formulación y sistematización del problema	- 2 -
1.2.1 Formulación del problema de investigación	- 2 -
1.2.2 Sistematización del problema de investigación	- 2 -
1.3 Justificación de la investigación	- 3 -
1.3.1 Justificación teórica	- 3 -
1.3.2 Justificación metodológica	- 3 -
1.3.3 Justificación practica	- 3 -
1.4 Objetivos de la investigación	- 3 -
1.4.1 Objetivo General	- 3 -
1.4.2 Objetivos Específicos	- 4 -
1.5 Delimitación de la investigación	- 4 -
1.5.1 Delimitación temporal	- 4 -
1.5.1 Delimitación espacial	- 4 -
1.6 Hipótesis	- 5 -
1.6.1 Variable independiente	- 5 -

1.6.2	Variable dependiente	- 5 -
1.6.3	Operacionalización de las variables.....	- 6 -
CAPITULO II.....		- 7 -
2.1	Antecedentes	- 7 -
2.2	Marco teórico.....	- 9 -
2.2.1	Aguas Residuales	- 9 -
2.2.2	Características de las aguas residuales.....	- 9 -
2.2.3	Características biológicas de las aguas residuales.....	- 11 -
2.2.4	Ciclo del Nitrógeno	- 11 -
2.2.5	Influencia del nitrógeno en el agua residual	- 13 -
2.2.6	Biodegradabilidad de la materia orgánica en las aguas residuales	- 13 -
2.2.7	Efectos en el medio ambiente que causan los efluentes provenientes de empresas de frutas y vegetales.....	- 14 -
2.2.8	Problemas ambientales por compuestos nitrogenados en el agua	- 15 -
2.2.9	Tipos de reactores.....	- 15 -
2.2.10	Eutrofización.....	- 16 -
2.2.11	Crecimiento y metabolismo celular	- 17 -
2.2.12	Procesos Operacionales y unitarios en sistemas de tratamiento de aguas residuales.....	- 19 -
2.3	Marco conceptual	21
2.4	Marco contextual.....	23
2.5	Marco legal.....	23
CAPITULO III.....		24
3.1	Metodología de la investigación	24
3.2	Aspectos metodológicos.....	24
3.3	Método deductivo	24
3.4	Método experimental	25
3.5	Diseño de experimentación	25
3.6	Técnicas e instrumentación desarrollada.....	28
3.8	Diagrama de equipos.....	34
3.8.1	Diagrama de proceso.....	34
CAPITULO IV		35
4.1	Resultados	35
4.2	Tabla de dosificaciones de sulfato de amonio para cada puesta en marcha.	35

4.3 Caracterización del agua residual	35
4.4 Resultados obtenidos en los análisis de demanda química de oxígeno y nitrógeno total en reactor sin dosificación de nutriente (nitrógeno).....	36
Tabla 12. Resultados DQO y Nitrógeno total del reactor sin dosificación de nutriente (nitrógeno).....	36
4.5 Resultados obtenidos en los análisis de demanda química de oxígeno y nitrógeno total en cada corrida	37
4.6 Concentración optima de nitrógeno	39
4.7 Variación en la biomasa y la degradación del sustrato con respecto al tiempo	43
4.8 Solidos totales y volátiles por cada semana de experimentación	46
4.9 Valores de temperatura, pH y oxígeno disuelto durante toda la experimentación	48
4.10 Análisis y discusión de resultados	49
Conclusiones	50
Recomendaciones	51
Anexos	52
BIBLIOGRAFÍA	70

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Operacionalización de las variables.....	- 6 -
Tabla 2. Contaminantes importantes en las aguas residuales	- 10 -
Tabla 3. Principales procesos operacionales en tratamiento de aguas residuales.....	20
Tabla 4. Parámetros analizados en agua residual.....	27
Tabla 5 Acondicionamiento previo a la inoculación bacteriana	27
Tabla 6. Materiales.....	32
Tabla 7. Reactivos.....	33
Tabla 8. Equipos	33
Tabla 9. Relación estequiométrica concentración de nitrógeno a partir de sulfato de amonio	35
Tabla 10. Caracterización del agua residual	35
Tabla 11. Indicadores finales de control del agua residual	36
Tabla 12. Resultados DQO y Nitrógeno total del reactor sin dosificación de nutriente (nitrógeno).....	36
Tabla 13. Resultados DQO y Nitrógeno semana 1	37
Tabla 14. Resultados DQO y Nitrógeno semana 2	37
Tabla 15. Resultados DQO y Nitrógeno semana 3	37
Tabla 16. Resultados DQO y Nitrógeno semana 4.....	38
Tabla 17. Resultados DQO y Nitrógeno semana 5	38
Tabla 18. Resultados DQO y Nitrógeno semana 6	38
Tabla 19 Concentración óptima de nitrógeno para aguas residuales con déficit de Nutrientes	39

Tabla 20. Sólidos totales y volátiles de cada semana de experimentación	46
Tabla 21. Temperatura y oxígeno disuelto del agua residual en cada corrida	48
Tabla 22. Potencial de hidrógeno del agua residual en cada corrida	48

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ciclo del Nitrógeno	- 12 -
Figura 2. Curva crecimiento bacteriano	- 18 -
Figura 3. Prototipo de Reactor (SBR)	26
Figura 4. Viales de digestión para la determinación de DQO	28
Figura 5. Viales de digestión para la determinación de Nitrógeno total	29
Figura 6. Estufa	30
Figura 7. Filtros de papel	30
Figura 8. Mufla	31
Figura 9. Decantadores	32

INDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1. DQO vs Nitrógeno (reactor sin dosificación de nutriente)	39
Gráfica 2. DQO vs Nitrógeno (semana 1)	40
Gráfica 3. DQO vs Nitrógeno (semana 2)	40
Gráfica 4. DQO vs Nitrógeno (semana 3)	41
Gráfica 5. DQO vs Nitrógeno (semana 4)	41
Gráfica 6. DQO vs Nitrógeno (semana 5)	42
Gráfica 7. DQO vs Nitrógeno (semana 6)	42
Gráfica 8. Variación ocurrida en la biomasa y el DQO con respecto al tiempo (semana sin adicionar nutriente (nitrógeno))	43
Gráfica 9. Variación ocurrida en la biomasa y el DQO con respecto al tiempo (semana 1) ...	43
Gráfica 10. Variación ocurrida en la biomasa y el DQO con respecto al tiempo (semana 2) .	44
Gráfica 11. Variación ocurrida en la biomasa y el DQO con respecto al tiempo (semana 3) .	44
Gráfica 12. Variación ocurrida en la biomasa y el DQO con respecto al tiempo (semana 4) .	45
Gráfica 13. Variación ocurrida en la biomasa y el DQO con respecto al tiempo (semana 5) .	45
Gráfica 14. Variación ocurrida en la biomasa y el DQO con respecto al tiempo (semana 6) .	46

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Cálculos	52
Anexo 2. Construcción del reactor (SBR)	57
Anexo 3. Construcción del reactor (SBR)	58
Anexo 4. Construcción del reactor (SBR)	58
Anexo 5. Prueba de los difusores de aire	58
Anexo 6. Reactor (SBR) con muestra de agua residual	59
Anexo 7. Bombas de aire	59
Anexo 8. Caja Kit TEST ´N TUBE	59
Anexo 9. Viales para determinación de nitrógeno total	60
Anexo 10. Reactivos para determinación de nitrógeno total	60
Anexo 11. Cajas de viales para DQO	60
Anexo 12. Viales para DQO	61
Anexo 13. Bicarbonato de Sodio	61
Anexo 14. Sulfato de Amonio	61
Anexo 15. Pesaje del bicarbonato de Sodio	62
Anexo 16. Pesaje del sulfato de amonio	62
Anexo 17. Balanza analítica	62
Anexo 18. Estufa	63
Anexo 19. Espectrofotómetro DR 4000 HACH	63
Anexo 20. Microscopio	63
Anexo 21. Reactor para digestión HACH DRB 200	64
Anexo 22. PH metro	64
Anexo 23. Medición de pH	64
Anexo 24. Lectura de pH	65
Anexo 25. Melaza	65
Anexo 26. Pesaje de Melaza	65
Anexo 27. Acondicionamiento bacteriano previo a la inoculación	66
Anexo 28. Análisis de DQO	66
Anexo 29. Análisis de DQO	67
Anexo 30. Lectura de DQO en espectrofotómetro	67
Anexo 31. Lectura DQO	67
Anexo 32. Decantación	68
Anexo 33. Pipetas y micropipetas	68
Anexo 34. Vista en microscopio de microorganismos	69
Anexo 35. Tinción de Gram	69
Anexo 36. Tinción de Gram	69

ABREVIATURAS

AR = Agua residual

ARI = Agua residual industrial

DBO = Demanda biológica de oxígeno

DQO = Demanda bioquímica de oxígeno

MO = materia orgánica

N = nitrógeno

NKT = Nitrógeno total Kjeldhal

NT = Nitrógeno total

OD = oxígeno disuelto

pH = Potencial de hidrógeno

S = Sólidos

SBR = Reactor biológico secuencial

SST = Sólidos totales suspendidos

SSV = Sólidos volátiles suspendidos

ST = Sólidos totales

T = temperatura

SSF = Sólidos suspendidos fijos

RESUMEN

Este trabajo se realizó con la finalidad de establecer la concentración óptima de nitrógeno para compensar la falta de nutrientes que presentan las aguas residuales procedentes de las industrias de frutas y vegetales para conseguir un aumento en el crecimiento de microorganismo y favorecer la biodegradación del sustrato. El desarrollo del trabajo de titulación se llevó a cabo dentro del laboratorio de aguas de la Facultad de Ingeniería Química en la Universidad de Guayaquil. Para la experimentación se recepto agua residual de una industria procesadora de maracuyá llamada Agro Industrial Fruta de la Pasión C. Ltda a la cual se le adicionaron diferentes concentraciones de nitrógeno para determinar la que mejores resultados proporcionaba con respecto a la biodegradabilidad del sustrato y desarrollo bacteriano. Nuestro estudio se realizó mediante análisis diarios tomando como indicadores de control la demanda química de oxígeno, los sólidos totales y fijos, el pH, oxígeno disuelto y temperatura buscando que el agua residual luego del tratamiento cumpla con los límites permisibles propuestos por la ley para estos parámetros. Durante las seis semanas de experimentación se obtuvieron porcentajes de disminución de solidos totales en rangos de 56% hasta 79%, la remoción del DQO desde un 39% hasta un 93.7% y el consumo de N de 33% hasta 70%; La mejor dosificación de concentración de nitrógeno empleada se la realizo durante la segunda semana (corrida), esta permitió un crecimiento rápido de microorganismos que acelero la biodegradabilidad del sustrato.

Palabras claves: nitrógeno, agua residual, concentración, nutrientes, sustrato, biomasa, reactor biológico.

ABSTRACT

This work was carried out with the aim of establishing the optimum concentration of nitrogen to compensate for the lack of nutrients in wastewater from the fruit and vegetable industries in order to achieve an increase in the growth of microorganisms and favour the biodegradation of the substrate. The development of the degree work was carried out within the water laboratory of the Faculty of Chemical Engineering at the University of Guayaquil. For the experimentation, wastewater was received from a passion fruit processing industry called Agro Industrial Fruit of Passion C. Ltda to which different concentrations of nitrogen were added to determine the best results with respect to the biodegradability of the substrate and bacterial development. Our study was carried out by means of daily analyses taking as control indicators the chemical demand of oxygen, the total and fixed solids, the pH, dissolved oxygen and temperature looking for that the residual water after the treatment fulfills the permissible limits proposed by the law for these parameters. During the six weeks of experimentation we obtained percentages of decrease of total solids in ranges from 56% to 79%, the removal of COD from 39% to 93.7% and the consumption of N from 33% to 70%; The best dosage of nitrogen concentration used was made during the second week (run), this allowed a rapid growth of microorganisms that accelerated the biodegradability of the substrate.

Keywords: nitrogen, wastewater, concentration, nutrients, substrate, biomass, biological reactor.

INTRODUCCIÓN

Desde el siglo XIX surgió la importancia por el saneamiento del agua residual, debido a la fuerte problemática que ocasionaba la vertida de estos efluentes a ríos, mares, lagos etc. sin antes tratarlos para eliminar o reducir su carga orgánica.

Las industrias de frutas y vegetales producen agua residual con déficit de nutrientes (nitrógeno, fosforo) lo que interfiere de manera significativa en el tratamiento al que son sometidas, generalmente aplican el método de lodos activados en el cual utilizan bacterias selectivas para que realice la biodegradación del sustrato, pero es imposible llevar a cabo este proceso eficazmente si existe deficiencia de nutrientes que son los primordiales para el crecimiento de los microorganismos. Debido a esta problemática hemos realizado este estudio con la finalidad de determinar la concentración óptima de nitrógeno que se necesita por litro de agua residual para un adecuado crecimiento de microorganismos y que a su vez la biodegradabilidad del sustrato se de en alto porcentaje y en un corto periodo de tiempo.

La muestra de agua residual de maracuyá se trató en un reactor piloto (SBR) con capacidad de 20 litros construido por material de vidrio en el cual se colocó 8 litros de la muestra, se inocularon bacterias para la posterior dosificación de nitrógeno en diferentes concentraciones en forma de sulfato de amonio. Durante este experimento se controlaron cada día indicadores como: pH, oxígeno disuelto, temperatura, nitrógeno total mediante el método HACH 10072, demanda química de oxígeno mediante el método HACH 8000 y solidos totales y volátiles mediante evaporación y calcinación de la muestra.

CAPITULO I

1.1 Problemática

1.1.1 Planteamiento del problema

En la actualidad las aguas residuales industriales son tratadas mediante diversos tipos de tratamientos de acuerdo a su naturaleza, siendo los más utilizados los procesos biológicos como los lodos activados o lecho fijo entre otros que se realizan por la degradación de la materia orgánica utilizando bacterias que se nutren del sustrato que contiene el agua residual. Sin embargo, las aguas provenientes de las industrias de frutas y vegetales se encuentran con déficit de nutrientes (nitrógeno, fósforo) para aumentar el crecimiento de microorganismos etapa fundamental para la biodegradación del sustrato. Las aguas residuales se componen básicamente de agua y sólidos disueltos o suspendidos que son los que se requieren remover para que el agua pueda ser reutilizada.

1.2 Formulación y sistematización del problema

1.2.1 Formulación del problema de investigación

¿Cuál es la dosis optima de nitrógeno en las aguas residuales con déficit de nutrientes (nitrógeno, fósforo) para aumentar el crecimiento de microorganismos para favorecer la biodegradabilidad del sustrato?

1.2.2 Sistematización del problema de investigación

¿Cuál es el porcentaje de eficiencia de remoción del sustrato al utilizar la concentración adecuada de nutrientes en las aguas residuales?

1.3 Justificación de la investigación

1.3.1 Justificación teórica

En este proyecto se investiga la concentración óptima de nitrógeno para favorecer la biodegradabilidad del sustrato aumentando el crecimiento bacteriano en las aguas residuales provenientes de una planta procesadora de maracuyá, utilizando microorganismos en un reactor discontinuo experimental para aumentar la eficiencia de remoción del sustrato y aportar a la literatura técnica en el área.

1.3.2 Justificación metodológica

Se estableció el uso de un reactor discontinuo (SBR), donde se inocula microorganismos en la muestra de agua residual y se lleva controles diarios físico-químicos para demostrar los efectos que ocasiona el nitrógeno en la biodegradabilidad y establecer la concentración óptima de nitrógeno.

1.3.3 Justificación práctica

En el presente proyecto se realizan dosificaciones de nitrógeno en diferentes concentraciones a un reactor discontinuo que contiene el agua residual analizando como indicadores de control el oxígeno disuelto (O_2), Demanda Química de Oxígeno (DQO), sólidos totales y volátiles, nitrógeno total Kjeldhal, pH y temperatura.

1.4 Objetivos de la investigación

1.4.1 Objetivo General

Establecer la concentración óptima de nitrógeno en un agua residual con déficit de nutrientes (nitrógeno) procedente de una industria procesadora de maracuyá para aumentar el crecimiento de microorganismo y favorecer la biodegradación del sustrato.

1.4.2 Objetivos Específicos

1. Determinar la concentración de nitrógeno optima que debe contener el agua residual del proceso de maracuyá con respecto al sustrato.
2. Evidenciar que la muestra de agua tratada cumple con los parámetros de DQO, nitrógeno total, solidos totales y pH permisibles al sistema de alcantarillado establecidos por la ley ambiental vigente.
3. Demostrar gráficamente la variación ocurrida en la biomasa y la degradación del sustrato con respecto al tiempo de estancia en el reactor biológico.

1.5 Delimitación de la investigación

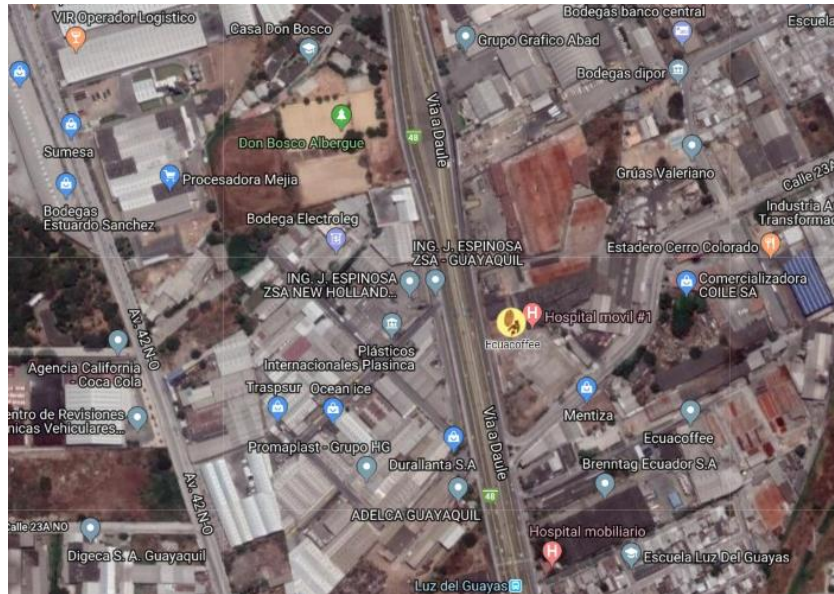
1.5.1 Delimitación temporal

Este proyecto estuvo dividido en dos etapas, la experimental que se llevó a cabo en un periodo de 40 días mientras que la teórica fue alrededor de 80 días.

1.5.1 Delimitación espacial

La parte experimental del proyecto se realizó dentro de la Universidad de Guayaquil, en la Facultad de Ingeniería Química ubicada en la Ciudadela "Salvador Allende"-Av. Delta y Av. Kennedy-Castilla Postal 471.

La muestra de agua residual fue receptada en la empresa Agro Industrial Fruta de la Pasión C. Ltda ubicada vía Daule Km 10, Guayaquil.



1.6 Hipótesis

La determinación de la dosis óptima de nitrógeno aumentará la biodegradabilidad de un agua residual proveniente de una industria procesadora de maracuyá.

1.6.1 Variable independiente

Concentración de nitrógeno

Indicadores:

- Nitrógeno total Kjeldhal

1.6.2 Variable dependiente

Biodegradabilidad del sustrato

Indicadores:

- Sólidos Totales (ST) y volátiles (SV)
- Potencial de hidrógeno (pH)
- Oxígeno disuelto
- Demanda química de oxígeno (DQO)

1.6.3 Operacionalización de las variables

Tabla 1. Operacionalización de las variables

Variable	Tipo	Unidad	Escala	Método
Concentración de nitrógeno (Adición sulfato de amonio)	independiente	Mg/l	25-150	HACH 10072
Biodegradabilidad del sustrato	Dependiente	---	----	-----
Indicadores				
Potencial de hidrógeno	Dependiente	----	1-14	pH metro
Oxígeno disuelto	Dependiente	Mg/l	-	Oxigenometro
Demanda química de oxígeno	Dependiente	Mg/l	100-1500	HACH 8000
Sólidos totales y volátiles	Dependiente	Mg/l	-	Evaporación

Elaborado por: (Villacís Romero & Olivo Fernandez, 2019)

CAPITULO II

2.1 Antecedentes

Las aguas residuales han existido desde el inicio de la actividad humana, toda labor diaria del hombre produce contaminantes que terminan siendo vertidos en mares, lagos o ríos. Pero no fue hasta inicios del siglo XIX con la teoría del germen a cargo de Koch y Pasteur que se le prestó atención al tema del saneamiento de las aguas residuales ya que se desconocía del alto nivel de contaminante y enfermedades que estas ocasionaban. La contaminación del agua es ocasionada por la descarga de desechos líquidos o sólidos en esta, cuando se encuentran en concentraciones muy altas puede ser perjudicial para el uso humano el contaminante puede provenir de diversos orígenes como doméstico, industrial e incluso natural. (Metcalf & Eddy, 1998)

La manera más factible de eliminar este tipo de contaminación es realizando tratamiento de las aguas residuales estos sistemas aparecieron al cambio del siglo XIX al XX se consolidó como una tecnología madura, originalmente esta tecnología es conocida hoy como la convencional o aerobia. Inicialmente se dio en todo el mundo alcanzando un alto porcentaje de aplicación llegando a conocerse todos sus aspectos tanto microbiológicos como físicos y bioquímicos. Con respecto a los tratamientos anaerobios también se iniciaron a la par con los sistemas aerobios, pero no fue hasta la década de los 60 que estos tuvieron un verdadero desarrollo pero no fue hasta la década de los 70 que se conoció todos sus aspectos microbiológicos. El tratamiento biológico en las aguas residuales se inició de una manera empírica esta tecnología empezó cuando se experimentó concentrando microorganismos para que descompongan la materia orgánica que ocasiona la contaminación, se consiguieron resultados positivos en cortos lapsos de tiempo si se controlaban constantemente sus

parámetros. Este proceso se lleva a cabo en un reactor favoreciendo el crecimiento bacteriano sin embargo en esa época poco se conocía de las relaciones que regulan el metabolismo de los microorganismos. (OROZCO JARAMILLO, 2014)

Según Orozco (2014), En el año de 1871 William Dibdin trato las aguas residuales domesticas con un filtro de arena por primera vez, pero al percatarse de los resultados negativos que obtuvo en la experimentación opto por cambiar el medio filtrante de arena por piedra para favorecer la oxigenación presentando resultados favorables en el año de 1896. Sin embargo, en Salford en 1893 ya se había instalado un filtro similar obteniendo buenos resultados. En la actualidad ya se utiliza otros medios diferentes a la piedra como plástico donde se adhieren y crecen las bacterias que posteriormente degradaran la materia orgánica. La descomposición anaerobia se realizó por primera vez por Mouras en el año de 1891 en su tanque para la "descomposición automática de excrementos". En el mismo año Scott-Montcrief construyo exitosamente el primer filtro anaerobio.

En Reino Unido en 1913 fue inventado el proceso de lodos activados a partir de experimentaciones en reactores de llenado y vaciado lo que actualmente es conocido como un Reactor discontinuo secuencial, A mediados del siglo XX con el aumento a gran escala de la población los ríos, mares y lagos no podían soportar más descarga de efluentes sin antes ser tratadas reduciendo o eliminando su carga orgánica esto propicio a que en Estados Unidos, Europa y Sudáfrica se construyeran plantas para tratamientos de aguas, la digestión anaerobia fue incluida en estas plantas para tratar los lodos. (López Vázquez, Buitrón Méndez, García, Cervantes, & J, 2017)

Actualmente ya existen una gran cantidad de plantas de tratamiento de aguas residuales tanto industriales como domesticas a escala real. La serie de problemas que se suscitaron en esa época han venido siendo resueltos y se ha estandarizado su diseño de operalización para una mayor eficacia de remoción de sustrato del agua residual.

2.2 Marco teórico

2.2.1 Aguas Residuales

Constituyen el factor de mayor contaminación debido a su contenido de materia orgánica y la presencia de organismos patógenos que son eliminados por las personas que lo portan o a su vez por animales. Este tipo de efluentes requieren un riguroso tratamiento para disminuir los contaminantes tanto biológicos como químicos y así llegar a los niveles permitidos por la ley para mantener el equilibrio ecológico y la preservación de la biodiversidad existente. Entre los principales objetivos del tratamiento de las aguas residuales está el reducir o eliminar la carga orgánica en cuestión de Demanda Química de oxígeno (DQO) y Demanda Bioquímica de oxígeno (DBO5), reducir los nutrientes que ocasionan problemáticas ambientales como el exceso de nitrógeno que puede ocasionar la eutrofización y por consiguiente la muerte de los organismos acuáticos, el crecimiento acelerado de algas, la inactivación de organismos patógenos.(Lazcano Carreño, 2014)

2.2.2 Características de las aguas residuales

Normalmente clasifican las aguas residuales en industriales y municipales, estas requieren tratamiento para poder ser vertidas al sistema de alcantarillado; las características de las aguas residuales varían dependiendo de su lugar de generación, existen varios tipos de tratamientos pero sin embargo la mayoría de los procesos para tratar las aguas municipales también lo utilizan las industrias. La temperatura del agua residual se encuentra de 20 a 30°C, Cuando las aguas residuales aún no han pasado a ser sépticas presentan un olor sui generis, casi inofensivo pero cuando ya entraron al proceso de descomposición ya sea aerobia o anaerobia de la materia en suspensión presentan olores fuertes insoportables para el olfato humano debido a los gases que desprenden por la presencia de ácido sulfhídrico (olor a huevo podrido), amoníaco, ácido acético etc. El color del agua residual dependerá del residuo que

haya sido vertido en esta, pero se puede tomar el color del agua cruda en forma cualitativa, es decir un color café indicaría que el agua residual es reciente no posee más de seis horas desde su descarga; un color gris claro indica que el agua residual ha sido descargada en un tiempo superior a seis horas mientras que si el agua residual se encuentra con tonalidad gris oscuro o negro indica que esta agua residual séptica ya se encuentra en descomposición microbiana color correspondiente por la formación de ácido sulfhídrico (H₂S) y sulfuro ferroso (FeS).(Valdez & Vázquez González, 2003)

Tabla 2. Contaminantes importantes en las aguas residuales

Contaminante	Fuente	Importancia ambiental
Sólidos suspendidos	Uso doméstico, desechos industriales y agua infiltrada a la red.	Causa depósitos de lodo y condiciones anaerobias en ecosistemas acuáticos.
Compuestos orgánicos biodegradables	Desechos domésticos e industriales	Causa degradación biológica, que incrementa la demanda e oxígeno en los cuerpos receptores
Microorganismos patógenos	Desechos domésticos	Causa enfermedades
Nutrientes	Desechos domésticos e industriales	Puede causar eutrofización
Compuestos orgánicos refractarios	Desechos industriales	Causa problemas de sabor y olor
Metales pesados	Desechos industriales, minería etc.	Son tóxicos
Sólidos inorgánicos disueltos	Desechos domésticos	Interfieren en el reuso del efluente

Fuente:(Valdez & Vázquez González, 2003)

2.2.3 Características biológicas de las aguas residuales

Según Lazcano Carreño, (2014) Las aguas tratadas, crudas o residuales tienen un alto contenido de organismos vivos, como los virus, parásitos entre otros. También se pueden encontrar organismos indicadores de contaminación fecal como la E-coli o bacterias coliformes además de las bacterias heterotróficas que permiten la biodegradabilidad de la materia orgánica, las desnitrificantes y nitrificantes como los Nitrosomonas y Nitrobacter, las oxidativas de azufre. En el caso de los lodos activados los más importantes son los Sphaerotillus, Zoogloea y Nocardia.

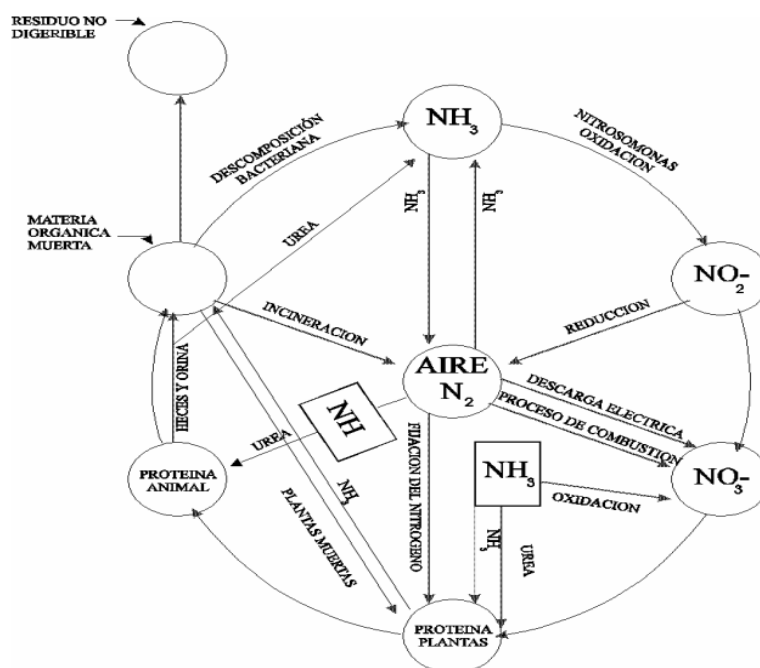
2.2.4 Ciclo del Nitrógeno

El nitrógeno es conocido como uno de los elementos más abundantes en la naturaleza ya que este simboliza el 78% del aire atmosférico. El ciclo del nitrógeno es uno de los más importantes ya que es indispensable en la formación de proteínas en los seres vivos, sin embargo el exceso de este elemento en los suelos o agua conlleva una gran problemática

Nuestra atmósfera en su mayoría está compuesta de nitrógeno, gracias debido a las descargas eléctricas o por la fijación del nitrógeno hechas por las bacterias y algas. Son capaces de remover constantemente esta cantidad. Cuando existen tormentas eléctricas el nitrógeno existente en la atmósfera es oxidado y con ayuda del agua se inicia la producción del ácido nítrico. Ahora algunos compuestos de nitrógenos son creados como productos desechos del cuerpo, un ejemplo es la orina ya que es una fuente de nitrógeno provocado por la degradación metabólica que hacen las proteínas. Existen también nitrógeno en forma de amonio y estas provienen por la acción de enzima, un ejemplo es la orina que esta principalmente como urea y al ser hidrolizada por la enzima ureasa se transforma rápidamente en carbonato de amonio; o una bacteria, un ejemplo son las heces de los animales que contiene nitrógeno orgánico al igual que en el cuerpo de los animales y las

plantas muertas, debido a la acción de las bacterias saprofitas se convertirán en mayormente en amonio con condiciones aerobias o anaerobias. Y el nitrógeno que no es digerible pasa a formar parte del humus. Todo el amonio que se libera es normalmente usado por las plantas para obtener sus proteínas, y cuando ya se excede de lo que necesita va a ser oxidado por bacterias nitrificantes autótrofas de la familia Nitrosomonas que lo convertirá en nitrito. Y estos nitritos se oxidaran con bacterias de la familia Nitrobacter para convertirlos en nitratos, y estos van a servir como fertilizantes para la plantas y aquellos que se produzcan en exceso serán llevado por el agua en medio de la percolación en los suelos. Y en un medio sin oxígeno los nitritos y nitratos se los reducen con el proceso de desnitrificación. (Pacheco, Pat Canul, & Cabrera, 2002)

Figura 1. Ciclo del Nitrógeno



Fuente: (Pacheco et al., 2002)

2.2.5 Influencia del nitrógeno en el agua residual

Uno de los principales nutrientes en el agua residual es el nitrógeno, ya que son esenciales para el crecimiento de las bacterias, por lo tanto reciben nombre de bioestimuladores, ahora cuando existe un déficit del nutriente que le impide a las bacterias trabajar en su funciones necesarias de metabolismo hay que agregarle; y en otras ocasiones no es necesario. La forma más común de encontrar el nitrógeno en un agua residual es de proteína y urea, estas formas son transformados en amonio gracias a la biodegradación y a partir de ahí se producirá nitritos y nitratos. El amoníaco se puede considerar como el mejor indicador químico indirecto de contaminación fecal reciente. Sin embargo, el amonio puede ser un inconveniente para algunos microorganismos ya que en esta forma puede pasar más rápido las membranas biológicas, además de evitar la alimentación con nitrato; y esto puede causar un mal tratamiento biológico de las aguas residuales. Los factores que intervienen en las transformaciones de las formas de nitrógenos son el pH y la temperatura del medio. Los nitritos a veces son considerados como indicadores indirectos de contaminación fecal, ya que son inestables y fácilmente se convierten en nitratos pero su ausencia es debido a que hay presencia de oxígeno, pero en un medio anaerobio su presencia es mayor a los nitratos, que es la forma de nitrógeno que más se oxida en las aguas residuales.(ESPIGARES GARCÍA & PÉREZ LÓPEZ, 1985)

2.2.6 Biodegradabilidad de la materia orgánica en las aguas residuales

Un tratamiento biológico en las aguas residuales solo se puede llevar a cabo si la materia orgánica que se encuentra en esta agua es biodegradable o si al menos existe un alto porcentaje de materia biodegradable en comparación con la no biodegradable, una de las mejores maneras de interpretar la biodegradabilidad en las aguas residuales es con la relación Demanda biológica de oxígeno y la demanda química de oxígeno. En un agua residual

domestica está relación tendría un valor de 0.5 que sería la adecuada para realizar un tratamiento biológico, pero por lo general esto no ocurre a menudo ya que en el alcantarillado se suelen mezclar las aguas residuales domésticas con las que provienen de industrias lo que disminuye esta relación. Para una planta de tratamiento es aceptable valores mayores o iguales de 0.4 en la relación DBO/DQO pero si esto no se cumple se debe identificar que componentes no son biodegradables o tóxicos. (Lazcano Carreño, 2014)

2.2.7 Efectos en el medio ambiente que causan los efluentes provenientes de empresas de frutas y vegetales

Los efluentes emitidos por industrias de procesamiento de productos como frutas y vegetales sin tratamiento, pueden representar un problema de contaminación hacia aguas receptoras. Ya que el componente contaminante principal es la materia orgánica, los problemas de contaminación de aguas se relacionan principalmente con la degradación de ese material, como consecuencia habrá una disminución del oxígeno, la vida acuática acabará, habrá flotación de materiales, producción biogás. Si en los efluentes se halla concentraciones de sólidos altas, en el fondo del agua se formará una capa de sedimento y en donde se puede dar una degradación anaerobia formando gases malolientes. La contaminación se da por la descomposición de la materia orgánica existente, generando olores desagradables y lixiviación. La utilización de este tipo de residuo con la finalidad de realizar relleno sanitario, suele ser la causa de graves problemas ya que poseen alto nivel de humedad. En las industrias por lo general la contaminación atmosférica no simboliza una problemática, pero la generación de vapores al trabajar con calderas que utilizan leña o carbón como combustible puede dar ocasionar problemas con la ley ambiental por exceder los límites. (Medina & Niemiz, 2014)

2.2.8 Problemas ambientales por compuestos nitrogenados en el agua

En las aguas residuales que poseen cantidades mayores en la concentración de nitrógeno impuesta por la ley, existen diferentes problemas; aparte de un castigo monetario impuesto por el régimen ambiental; comprometería la calidad del efluente que se dirige hacia el alcantarillado, y no solo ese sector sino toda la cuenca hidrográfica que la rodea, evitando su posterior reutilización; entre los inconvenientes más comunes generados por un exceso de nitrógeno en las aguas residuales tenemos la eutrofización, un potencia de hidrógeno ácido y la generación de agentes tóxicos que afectan a la vida acuática, evitando que esta agua sea reutilizada. Debido a los efectos negativos que el nitrógeno tiene en el agua residual es importante que los distintos sistemas de tratamiento empleen una forma eficiente o efectiva de disminuir las concentraciones de nitrógeno antes de ser vertida al alcantarillado público.(Cárdenas Calvachi & Andrés, 2013)

2.2.9 Tipos de reactores

Los reactores pueden ser de diversos tipos ya sea por su modo de operación, flujo o fases que albergan entre los más utilizados se encuentran los Reactores discontinuos o Batch estos son utilizados a nivel de laboratorio este tipo de reactores no tienen ni entrada ni salida de flujo y el mantenerse en mezcla hace que el producto cambie a medida que el tiempo va transcurriendo. Los de Flujo Pistón son los indicados para que las partículas circulen sin mezclarse dentro de este y salir en las mismas condiciones que ingreso, además trabaja en modo estacionario es decir que las propiedades no van a variar cuando el tiempo haya pasado, pero sí de acuerdo a la postura que posea el reactor. Casualmente se comenta que si un fluido circula por un tubo en condiciones de flujo pistón no existe lo que llamamos gradiente radial y cuando existe dentro del reactor mezcla no habrá difusión axial y se mantendrá la individualidad de componentes dentro del reactor. Los de flujo continuo y mezcla completa,

en este tipo de reactor existe una mezcla completa entre el fluido y los componentes que se encuentren dentro del reactor por lo tanto el contenido del reactor será homogéneo. Se emplea en el tratamiento anaerobio y aerobio de mezclas con elevadas concentraciones de diversos tipos de productos como lodos orgánicos. (Sánchez Bea, 2016)

2.2.10 Eutrofización

En la contaminación del agua uno de los problemas principales es la eutrofización, que resulta de la fertilización excesiva de ríos, lagos y estuarios provocando un aumento en el crecimiento adecuado de plantas y las floraciones. Existen diferentes consecuencias de la eutrofización como ocasionar que las aguas previamente claras tengan un deterioro en la apariencia, debido al crecimiento de la planta en descomposición provoca malos olores y un nivel de oxígeno disuelto más bajo, que puede afectar negativamente la respiración y el crecimiento de la vida acuática. Para provocar la eutrofización solo se requiere que existan macronutrientes adecuados en forma de nitrógeno y fósforo, suficiente dióxido de carbono y energía luminosa; la ausencia de cualquiera limitará el crecimiento; aunque la energía luminosa como el dióxido de carbono son variables que no se puede monitorear por esa razón no se comportan como limitantes; mientras que los dos componentes restantes (nitrógeno y fósforo) son la clave para controlar este problema. Primero se debe encontrar que nutriente es el limitante del crecimiento y después mirar la forma de controlar la cantidad que entra en el agua receptora de acuerdo a la sustancia limitante. Y en algunas ocasiones se elimina el nitrógeno y fósforo para limitar el crecimiento de algas. La eutrofización es de gran preocupación en los lagos porque los nutrientes que entran en el cuerpo de agua tienden a ser reciclados dentro del lago y se acumulan durante un período de tiempo. Un río, por el contrario, es un sistema de flujo en el que los nutrientes siempre entran o salen de una sección determinada. En estuarios y océanos, los compuestos de nitrógeno están a menudo presentes

en concentraciones muy bajas y pueden limitar la biomasa total y los tipos de especies presentes. Sin embargo, las altas diluciones proporcionadas por una descarga directa al océano probablemente eliminan el peligro de la proliferación de algas.(Scheible et al., 2008)

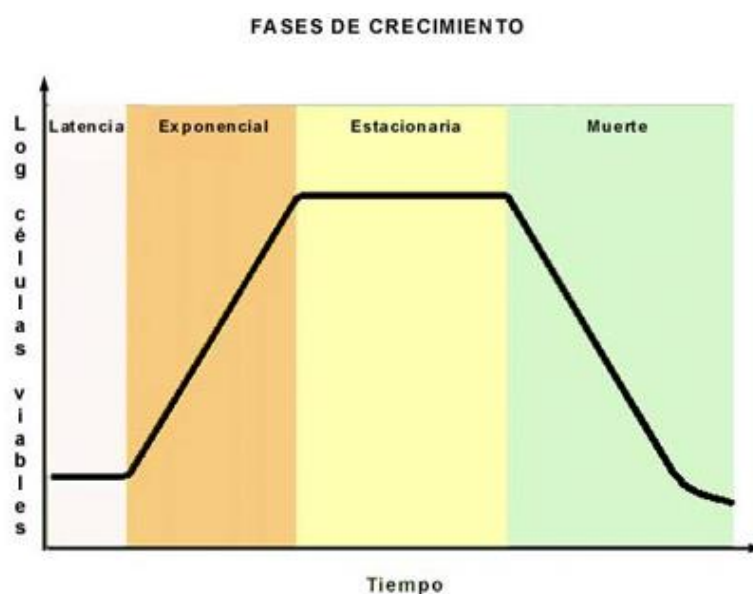
2.2.11 Crecimiento y metabolismo celular

Según Metcalf & Eddy, (1998) para un tratamiento biológico y de los procesos que forman parte de él es importante la comprensión de las actividades químicas biológica de los microorganismos, por eso se debe tener en cuenta dos consideraciones, una es la presencia de nutrientes que necesitan los microorganismos que hay en el agua residual, y por otro lado es la naturaleza del metabolismo de la bacteria en función del oxígeno. Un organismo necesita varias cosas para poder reproducirse y funcionar de manera correcta como energía, y nutrientes (nitrógeno, fosforo). Otro de los factores de crecimiento son los nutrientes orgánicos que también son necesarios para la síntesis celular. Las principales fuentes de carbono celular para los microorganismos son la materia orgánica y el dióxido de carbono, aquellos organismos que forman tejido celular a partir de carbono orgánico son los heterótrofos; y aquellos que a partir de dióxido de carbono obtienen carbono celular son los autótrofos. Ahora para realizar estos procesos de transformación se necesita de un suministro de energía, los autótrofos necesitan una mayor fuente de energía ya que su proceso de transformación es extenso por lo que emplean la luz, de esta forma son capaces de obtener tejido celular, y por usar la luz como fuente son llamados organismos fotótrofos. Y aquellos que usan las reacciones químicas como fuentes de energía para los organismos son conocidos como organismos quimiótrofos. Y tanto en el caso de los fotótrofos, y los quimiótrofos pueden ser heterótrofos o autótrofos.

El crecimiento bacteriano se basa en el número de célula y tiene cuatro fases:

1. Fase de retardo o latencia. Esta fase es el tiempo que necesitan los organismos para acondicionarse en el ambiente que se encuentra y así empieza con la reproducción.
2. Fase de crecimiento exponencial. Aquí los organismos a nivel celular se reproducirán a una velocidad determinada por la capacidad de captar el alimento, que es representado por la tasa de crecimiento porcentual y por el tiempo de generación.
3. Fase estacionaria. En esta fase, las poblaciones de organismos se mantienen constantes ya sea porque las células se han acabado el sustrato o el nutriente que son necesarios para el crecimiento o porque al generar nuevas células estas reemplazan a las viejas células.
4. Fase de muerte exponencial. Y en esta fase última fase la mortalidad de bacterias excede la de creación de células nuevas. Esta tasa de mortalidad regularmente está en función de la población viable y de las características ambientales. Y en ciertos casos, la fase de crecimiento exponencial se corresponde a lo opuesto de la fase de muerte exponencial.(Metcalf & Eddy, 1998)

Figura 2. Curva crecimiento bacteriano



Fuente: (Fundacion general de la universidad de salamanca, 2019)

2.2.12 Procesos Operacionales y unitarios en sistemas de tratamiento de aguas residuales

Se le llama procesos operacionales a aquellos tratamientos que son realizados por fuerzas físicas que pueden ser la desarenación, sedimentación, filtración, flotación y homogeneización. Mientras que los procesos unitarios son aquellos que basados en procesos químicos o biológicos que incluyen la floculación, coagulación, lodos activados, estabilización de materia orgánica o procesos anaeróbicos entre otros. Los tratamientos se pueden dividir en: tratamientos preliminares para eliminar todo tipo de objeto que pueda llegar a obstaculizar un posterior proceso que se realice en la planta, Tratamientos primarios: utilizados en procesos Operacionales tales como: sedimentación y filtración, tratamientos secundarios: aquellos biológicos o químicos como (lodos activados, algunas de oxidación, tratamientos anaeróbicos, coagulación o floculación), Tratamientos terciarios o avanzados: son procesos ya sea químicos o biológicos que pueden llegar a remover la demanda biológica de oxígeno, los patógenos, y otras sustancias tóxicas.(Lazcano Carreño, 2014)

Tabla 3. Principales procesos operacionales en tratamiento de aguas residuales

Pretratamiento	Tratamiento Primario			Tratamiento Secundario	Tratamiento Terciario
Cribado y remoción de arena	Químico	Físico	Biológico	Remoción de sólidos	Coagulación y sedimentación
Dilaceración	Neutralización	Flotación	Lodos activados	Sedimentación	Filtración
Desgrasado	Coagulación	Sedimentación	Laguna anaerobia		Absorción con carbón activado
Homogeneización		Filtración	Filtro percolador		Intercambio iónico
		Floculación	Laguna aireada		Membranas
			Lagunas convencionales		Lagunas de maduración

Fuente: (Lazcano Carreño, 2014)

2.3 Marco conceptual

Aerobio: Proceso llevado a cabo en presencia de oxígeno, como la degradación del sustrato por bacterias.(Escudero De Fonseca & Arias Villamizar, 2012)

Agentes contaminantes biodegradables: Aquellos capaces de ser descompuestos por organismos vivos.(Lenntech (European Head Office), 2019)

Aguas residuales: Fluidos que contienen materia orgánica disuelta o en suspensión provenientes de cualquier actividad humana. (Garzón, González, & García, 2016)

Aireación: Es una técnica muy utilizada en el tratamiento de aguas residuales, consiste en suministrar oxígeno mediante dispositivos de bombeo de aire.(Oviedo, Marmolejo, & Torres, 2014)

Bacterias: Microorganismos unicelulares capaces de vivir en presencia o ausencia de oxígeno, causantes de enfermedades, pero primordiales en el tratamiento de aguas.(Osman, 2019)

Bacterias nitrificantes: bacterias que se desarrollan en presencia de oxígeno y utilizan el nitrógeno como nutriente. Su finalidad es convertir el amoníaco del suelo en nitrato. (ENCYCLOPEDIA, 2010)

Biomasa: Organismos vivos presentes en diversos medios agua, suelo etc.(Chávez Guerrero et al., 2017)

Contaminación: Cambio del aspecto natural en los elementos del medio ambiente provocado por agentes externos resultantes de actividades realizadas por el hombre.(Casares & De Cabo, 2018)

Crecimiento microbiano: reproducción de microorganismos como bacterias, hongos, algas etc.(Viteri, Blanco, Carbó, & Ginovart, 2017)

Demanda Bioquímica de oxígeno: Oxígeno requerido por los microorganismos para la degradación de sustrato.(González, 2016)

Demanda química de oxígeno: Oxígeno consumido por los microorganismos en la oxidación de la materia orgánica e inorgánica.(Wolhmuth, 2018)

Efluente: Flujo de salida de cualquier procedimiento que descargue agua para un posterior tratamiento biológico.(Sanz, 2015)

Eutrofización: Concentración alta de nutrientes en el agua lo cual produce un alto crecimiento de plantas acuáticas limitando el oxígeno e impidiendo la vida a los organismos aeróbicos.(Oliver, 2017)

Lodos activados: Proceso utilizado en tratamiento de aguas residuales en el cual se transforma la carga orgánica en biomasa para su posterior eliminación mediante sedimentación.(Hilario & Arellano, 2016)

Materia orgánica: Compuestos conformados por carbono e hidrogeno proveniente de plantas o animales.(Navalón, 2010)

Nitrógeno: Es el elemento químico principal en la constitución de la atmosfera representando el 78% de esta, nutriente fundamental para el desarrollo de microorganismos en el agua residual. (Curbelo et al., 2007)

Nutriente: Compuesto que favorece al desarrollo de los organismos vivos, en el agua residual el fosforo y nitrógeno son los principales nutrientes para el crecimiento de las bacterias. (Moranta, 2014)

Potencial de hidrógeno: indicador del nivel de acidez o basicidad de una sustancia.(Naranjo & Norman, 2017)

Sólidos totales: Cantidad total de solidos que se encuentran presentes en el agua residual. (Lenntech (European Head Office), 2019)

Tratamiento biológico: proceso mediante el cual se remueve carga orgánica presente en el agua residual.(Lastra, Aguado, & Barat, 2014)

2.4 Marco contextual

La empresa procesadora de maracuyá en donde se receptó la muestra de agua residual se llama Agro Industrial Fruta de la Pasión C. Ltda., es una compañía de origen ecuatoriano, que empezó sus operaciones en el año 1982, situada en el corazón industrial de Guayaquil, puerto principal de Ecuador. Nuestro proyecto se enfocó en el área de producción de jugo de maracuyá, con dichas muestras se analizaron varios parámetros físico químico, en especial la concentración de nitrógeno para una adecuada remoción de sustrato residual. La fase experimental se desarrolló en el laboratorio de aguas de la facultad de ingeniería química de la Universidad de Guayaquil.

2.5 Marco legal

A nivel mundial la Organización de las Naciones Unidas (ONU) es el organismo establecido para hacer cumplir las leyes internacionales en cuestión de seguridad y desarrollo poblacional velando por los derechos a lo largo de todo el mundo, con esta finalidad creó los objetivos de desarrollo sostenible (ODS), que son medidas para asegurar la calidad de vida de los seres vivos y garantizar un entorno saludable. En el objetivo # 6 se plantea garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible partiendo de exigir el saneamiento y reducción de los diferentes contaminantes en los efluentes a nivel mundial.(Unidas, 2019). En el Ecuador el Código Orgánico Ambiental (COA), representa a nivel ambiental la norma más importante ya que estipula lineamientos para descarga de efluentes, indicando como responsables de cumplir esta ley todo aquel que promueva una actividad que genere o pueda llegar a generar un impacto negativo al medio ambiente teniendo como meta “el que contamina paga” otorgando sanciones mayores a 3 salarios básicos a todo aquel que irrumpa

lo establecido por el Acuerdo ministerial 097A en el libro VI anexo 1 referente a la Norma de Calidad Ambiental y de descarga de Efluentes del Recurso Agua. (Ambiente, 2019)

CAPITULO III

3.1 Metodología de la investigación

El desarrollo del trabajo de titulación se llevó a cabo en la Universidad de Guayaquil dentro del laboratorio de aguas de la Facultad de Ingeniería Química. Está enfocado en la determinación de la concentración óptima de nitrógeno en las aguas residuales con déficit de nutrientes (nitrógeno) para aumentar el crecimiento bacteriano y favorecer la biodegradabilidad del sustrato de una industria de maracuyá, la experimentación se desarrolla en un prototipo de reactor (SBR) y se controlan diversos indicadores utilizando como método de tratamiento secundario los lodos activados.

3.2 Aspectos metodológicos

El presente trabajo de investigación es de carácter cuantitativo y experimental; en donde se quiere probar mediante varios ensayos la mejor dosificación de concentración de nitrógeno para obtener una mejor remoción de la carga orgánica y lograr un aumento en el crecimiento de la bacteria empleada para que el efluente final se encuentre en los límites permisibles de la ley; y se utilizaran métodos deductivos y experimentales.

3.3 Método deductivo

Hoy en día la implementación de los tratamientos de aguas residuales es primordial no solo por los efectos colaterales ocasionados en la naturaleza al ser vertidos sin ningún tipo de control a los ríos, lagos o mares. Debido a la necesidad presentada por las industrias de frutas y vegetales en el tratamiento de aguas deficientes de nutrientes nace la idea de construir un reactor (SBR) para simular un tratamiento secundario donde se dosifican diferentes

concentraciones de nitrógeno para determinar el equilibrio optimo entre el crecimiento de bacterias y la degradación de materia orgánica con el fin obtener el agua residual conforme a la ley.

3.4 Método experimental

En el laboratorio se realizan pruebas experimentales utilizando un reactor discontinuo (SBR) aerobio donde se introducirá la muestra de agua residual de la industria de maracuyá y se dosificaran diferentes concentraciones de nitrógeno y se controlara diariamente pH, nitrógeno total, demanda química de oxígeno, solidos totales y oxígeno disuelto.

3.5 Diseño de experimentación

El desarrollo del trabajo de titulación inicio con la construcción de un reactor biológico de material de vidrio con capacidad de 20 litros, la muestra de agua residual se oxigena mediante un sistema de bombas y difusores porosos que proveen una burbuja de aire fino. El reactor funciona en régimen discontinuo (SBR) en el cual se introduce 8 litros del agua residual proveniente de la industria procesadora de maracuyá que presentó un déficit de nutrientes (Nitrógeno) en la caracterización realizada en el laboratorio de aguas de la facultad de ingeniería química que se compensara con la adición de diversas cantidades de sulfato de amonio para variar las concentraciones de nitrógeno calculadas por relación estequiométrica.

La depuración biológica necesita la inoculación bacteriana para llevarse a cabo pero es importante realizar un pre acondicionamiento bacteriano por un periodo de 4 horas aportándoles glucosa, sustrato y oxígeno, transcurrido el tiempo de pre acondicionamiento e inoculación comienza la etapa de análisis la cual se diseñó para ser realizada en 6 corridas con lapsos de 5 días cada una, aportando diferentes concentraciones de nitrógeno al suministrar sulfato de amonio y controlando cada 24 horas parámetros como potencial de

hidrógeno mediante el uso de un pH metro, La demanda química de oxígeno utilizando el método 8000 HACH con el uso de viales de rango de 20 a 1500mg/l sometidos a 2 horas de digestión y analizados finalmente en un espectrofotómetro (HACH DR 8000), solidos totales mediante evaporación a una muestra de 50 ml sometida a una temperatura no superior a los 104°C, nitrógeno total aplicando el método 10072 HACH de alto rango (25-150 mg/l) donde viales y diferentes reactivos son sometidos a 30 min de digestión en un reactor para finalmente determinar la cantidad total de este nutriente en el espectrofotómetro, la última variable analizada es el oxígeno disuelto con el uso de un oxigenometro. Todos estos parámetros son analizados para establecer cuál de las concentraciones de nitrógeno utilizadas ha conseguido mantener un balance entre el crecimiento bacteriano y la biodegradabilidad del sustrato. Se construyó otro reactor con similares características al anterior en el cual se vertió el mismo volumen de agua residual e inóculo bacteriano pero no se dosifico concentraciones de nitrógeno para comparar el comportamiento bacteriano y la biodegradabilidad del sustrato con el anterior reactor al cual si se le suplió el déficit de nutriente.

Figura 3. Prototipo de Reactor (SBR)



Fuente: (Villacís Romero & Olivo Fernandez, 2019)

Tabla 4. Parámetros analizados en agua residual

Análisis	Tiempo	# Corridas	Periodo
DQO	cada 24 horas		
Nitrógeno total	cada 24 horas		
Potencial de hidrógeno	cada 5 días		
Sólidos totales y volátiles	cada 24 horas	6	5 días
Oxígeno disuelto	cada 5 días		
Temperatura	cada 5 días		

Elaborado por: (Villacís Romero & Olivo Fernandez, 2019)

Tabla 5 Acondicionamiento previo a la inoculación bacteriana

Bacterias nitrificantes				
Periodo	Nutrientes	Cantidad	Condiciones	Rango
4 horas	Glucosa	20g	Aireación (OD)	7-8mg/l
	Sustrato (maracuyá)	20g	Temperatura	20-25°C

Elaborado por: (Villacís Romero & Olivo Fernandez, 2019)

3.6 Técnicas e instrumentación desarrollada

Demanda química de oxígeno (DQO) HACH 8000

El DQO es un parámetro que se analiza en las aguas residuales para determinar el nivel de materia orgánica presente en esta. En este trabajo de titulación se aplicó el método 8000 HACH utilizando viales de rango de 20 a 1500 mg/l los cuales son sometidos a un proceso de digestión en un reactor a 150°C durante dos horas conteniendo 2ml de la muestra residual posteriormente se dejan reposar a temperatura ambiente hasta que disminuyan su temperatura y se procede a leer en un espectrofotómetro UV/VIS con su respectivo blanco que es elaborado con un vial del mismo rango y lote pero utilizando 2ml de agua desionizada.

Figura 4. Viales de digestión para la determinación de DQO



Fuente: (Villacís Romero & Olivo Fernandez, 2019)

Nitrógeno total HACH 10072

El nitrógeno total es determinado mediante el método 10072 HACH utilizando un kit TEST N TUBE el cual contiene viales de rango de 25 a 150 mg/l, este kit consta de dos tipos de viales que son necesarios en cada prueba. Para iniciar el análisis se toma el vial LM HR Nitrógeno total hidróxido al cual se le agrega un sobre de persulfato y 0.5 ml de muestra del

agua residual, se somete a digestión en un reactor por 30 min a 105°C transcurrido el tiempo se retira del reactor y se deja repodar a temperatura ambiente cuando la temperatura ha disminuido se le agrega un sobre de reactivo A TN se agita y se lo deja reaccionar durante 3 min luego se le adiciona un sobre de reactivo B TN se agita y deja reaccionar durante 2 min. Al finalizar estas reacciones se toma 2ml de este vial y se colocan en un vial de ácido de nitrógeno total dejándolo reaccionar durante 5 min para proceder a la lectura utilizando un espectrofotómetro UV/VIS.

Figura 5. Viales de digestión para la determinación de Nitrógeno total



Fuente: (Villacís Romero & Olivo Fernandez, 2019)

Sólidos Totales

El análisis de solidos totales es de primordial realización en las aguas residuales ya que comprende todo tipo de solidos desde sedimentables, volátiles, suspendidos etc. Es realizado mediante evaporación sometiendo 50 ml a una temperatura no superior a 104°C por un lapso de 4 horas en las cuales el agua se convertirá en vapor quedándonos como resultado los sólidos presentes. La cantidad de solidos es sacada con la aplicación de una formula en la

cual por diferencia de peso de recipiente solo y muestra seca con relación al volumen utilizado nos permite darle valor a este sólido.

Figura 6. Estufa



Fuente: (Villacís Romero & Olivo Fernandez, 2019)

Filtración

El proceso de filtración nos permite separar las partículas no deseadas que contiene el agua residual y en este caso interfieren en los posteriores análisis como demanda química de oxígeno y nitrógeno total.

Figura 7. Filtros de papel



Fuente: (Villacís Romero & Olivo Fernandez, 2019)

Sólidos volátiles

Esta parte experimental se realizó en una mufla a una temperatura de 550°C. Con el dato obtenido mediante diferencia de peso de la capsula antes y luego del proceso de calcinación se calcularon los sólidos fijos para luego por diferencia de estos y los sólidos totales determinar los sólidos volátiles.

Figura 8. Mufla



Fuente: (Villacís Romero & Olivo Fernandez, 2019)

Decantación

La decantación es un proceso de separación de fases por acción de la densidad. Este proceso fue utilizado al final de cada corrida para la recuperación de la bacteria utilizada para la biodegradación.

Figura 9. Decantadores



Fuente: (Villacís Romero & Olivo Fernandez, 2019)

3.7 Materiales, equipos y reactivos

Tabla 6. Materiales

MATERIALES		
Pipetas(1-5 ml)	Vidrio reloj	Decantadores (1000 ml)
Vasos de precipitación (500-1000ml)	Papel filtro	Resinas epoxicás
Mangueras	Bureta	Espátulas
Aireadores	Embudo	Agitadores
Matraz de Erlenmeyer	Soporte universal y pinzas	Cápsulas de porcelana
Elaborado por (Villacís Romero & Olivo Fernandez, 2019)		

Tabla 7. Reactivos

REACTIVOS
KIT TEST N TUBE
Vial - LM HR Nitrógeno total hidróxido
Reactivo de per sulfato de nitrógeno T
Viales de ácido de nitrógeno total
Reactivo A TN - Reactivo B TN
Agua desionizada
Viales para DQO rango 100-1500 mg/l
Sulfato de amonio
Bicarbonato de sodio
Bacteria nitrificante

Elaborado por: (Villacís Romero & Olivo Fernandez, 2019)

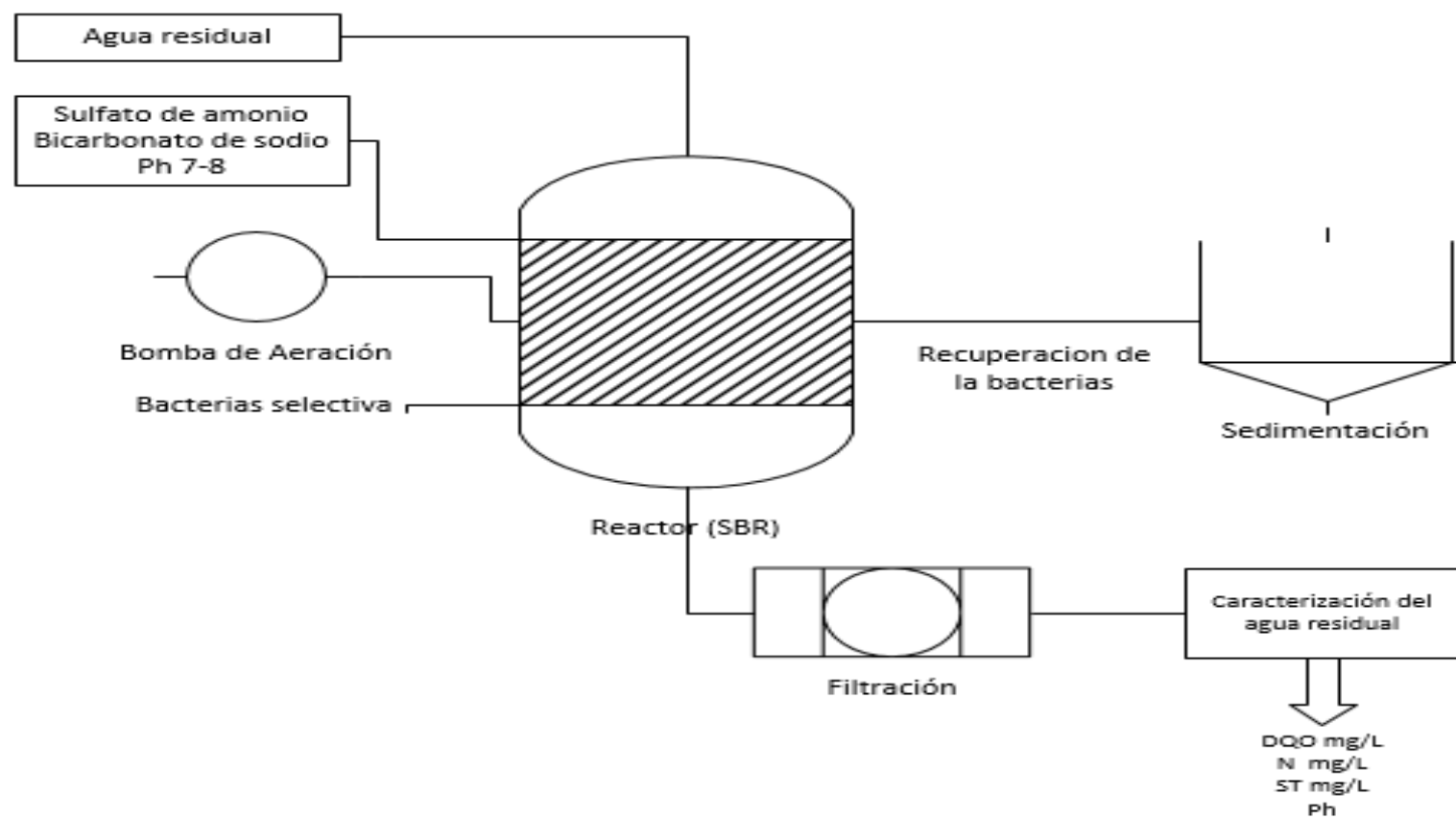
Tabla 8. Equipos

EQUIPOS
Espectrofotómetro HACH DR /4000
Reactor de Digestión HACH DRB 2000
pH metro
Estufa, mufla
Balanza Analítica
Bomba de oxígeno
Microscopio

Elaborado por: (Villacís Romero & Olivo Fernandez, 2019)

3.8 Diagrama de equipos

3.8.1 Diagrama de proceso



Elaborado por: (Villacís Romero & Olivo Fernandez, 2019)

CAPITULO IV

4.1 Resultados

4.2 Tabla de dosificaciones de sulfato de amonio para cada puesta en marcha.

Tabla 9. Relación estequiométrica concentración de nitrógeno a partir de sulfato de amonio

Concentraciones de nitrógeno(mg/l)	Sulfato de amonio g (Reactor 8L)
30	1.1465
50	1.8857
70	2.6400
100	3.7714
125	4.7142
150	5.6571

Elaborado por: (Villacís Romero & Olivo Fernandez, 2019)

4.3 Caracterización del agua residual

Tabla 10. Caracterización del agua residual

Parámetro	Rango inicial	Límites permisibles por la ley
Demanda química de oxígeno	900 – 1200 mg/l	500 mg/l
Demanda bioquímica de oxígeno	400 - 600 mg/l	250 mg/l
Sólidos Totales	1000 – 7000 mg/l	1600 mg/l
Potencial de hidrógeno	4.5 – 5.5	6.5 – 8.5
Nitrógeno total	2 – 5 mg/l	15 mg/l
Temperatura	20 – 25 °C	20 – 35°C

Elaborado por: (Villacís Romero & Olivo Fernandez, 2019)

Tabla 11. Indicadores finales de control del agua residual

Parámetro	Rango final	Límites permisibles por la ley
Demanda química de oxígeno	62-217 mg/l	500 mg/l
Sólidos Totales	946- 1382mg/l	1600 mg/l
Potencial de hidrógeno	7.12-7.5	6.5 – 8.5
Nitrógeno total	12-59mg/l	15 mg/l
Temperatura	22-24°C	20 – 35°C

Elaborado por: (Villacís Romero & Olivo Fernandez, 2019)

4.4 Resultados obtenidos en los análisis de demanda química de oxígeno y nitrógeno total en reactor sin dosificación de nutriente (nitrógeno)

Tabla 12. Resultados DQO y Nitrógeno total del reactor sin dosificación de nutriente (nitrógeno)

Día	DQO	N	% Remoción de DQO
1	955	3	
2	574	2	39,89528796
3	460	1	19,86062718
4	453	1	1,52173913
5	446	1	1,545253863

Elaborado por: (Villacís Romero & Olivo Fernandez, 2019)

4.5 Resultados obtenidos en los análisis de demanda química de oxígeno y nitrógeno total en cada corrida

Tabla 13. Resultados DQO y Nitrógeno semana 1

Semana 1				
Día	DQO	N	% Remoción de DQO	% Consumo de N
1	958	97		
2	248	68	74,1127	29,8969
3	233	65	75,6785	32,9897
4	181	60	81,1065	38,1443
5	134	39	86,0125	59,7938
Elaborado por (Villacís Romero & Olivo Fernandez, 2019)				

Tabla 14. Resultados DQO y Nitrógeno semana 2

Semana 2				
Día	DQO	N	% Remoción de DQO	% Consumo de N
1	992	47		
2	88	28	91,1290	40,4255
3	76	19	92,3387	59,5745
4	69	15	93,0444	68,0851
5	62	12	93,7500	74,4705
Elaborado por: (Villacís Romero & Olivo Fernandez, 2019)				

Tabla 15. Resultados DQO y Nitrógeno semana 3

Semana 3				
Día	DQO	N	% Remoción de DQO	% Consumo de N
1	1003	150		
2	108	84	89,2323	44
3	106	84	89,4317	44
4	104	72	89,6311	52
5	126	57	87,4377	62
Elaborado por: (Villacís Romero & Olivo Fernandez, 2019)				

Tabla 16. Resultados DQO y Nitrógeno semana 4

Semana 4				
Día	DQO	N	% Remoción de DQO	% Consumo de N
1	1036	70		
2	170	43	83,5907	38,5714
3	158	35	84,7490	50
4	123	35	88,1274	50
5	143	35	86,1969	50

Elaborado por (Villacís Romero & Olivo Fernandez, 2019)

Tabla 17. Resultados DQO y Nitrógeno semana 5

Semana 5				
Día	DQO	N	% Remoción de DQO	%Consumo de N
1	1019	125		
2	266	87	73,8960	30,4
3	264	67	74,0922	46,4
4	222	54	78,2139	56,8
5	217	46	78,7046	63,2

Elaborado por: (Villacís Romero & Olivo Fernandez, 2019)

Tabla 18. Resultados DQO y Nitrógeno semana 6

Semana 6				
Día	DQO	N	% Remoción de DQO	%Consumo de N
1	976	33		
2	597	22	38,8320	33,3333
3	203	20	79,2008	39,3939
4	196	20	79,9180	39,3939
5	180	19	81,5574	42,4242

Elaborado por: (Villacís Romero & Olivo Fernandez, 2019)

4.6 Concentración óptima de nitrógeno

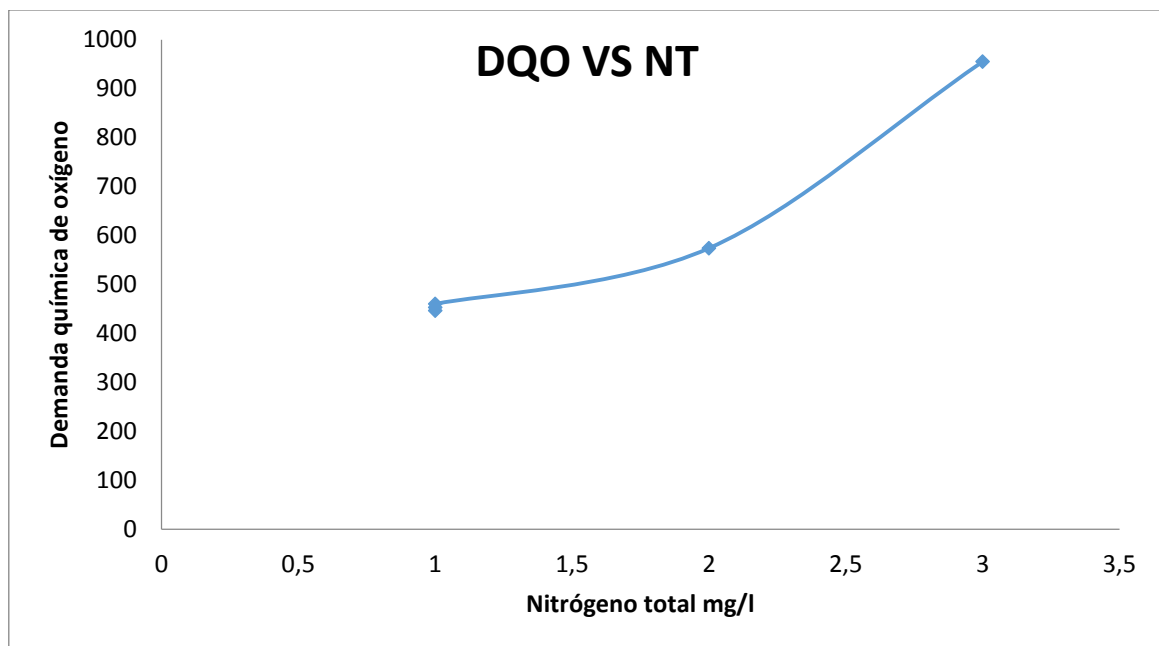
Tabla 19 Concentración óptima de nitrógeno para aguas residuales con déficit de Nutrientes

Nutriente	Concentración
Nitrógeno	47mg/l

Elaborado por: (Villacís Romero & Olivo Fernandez, 2019)

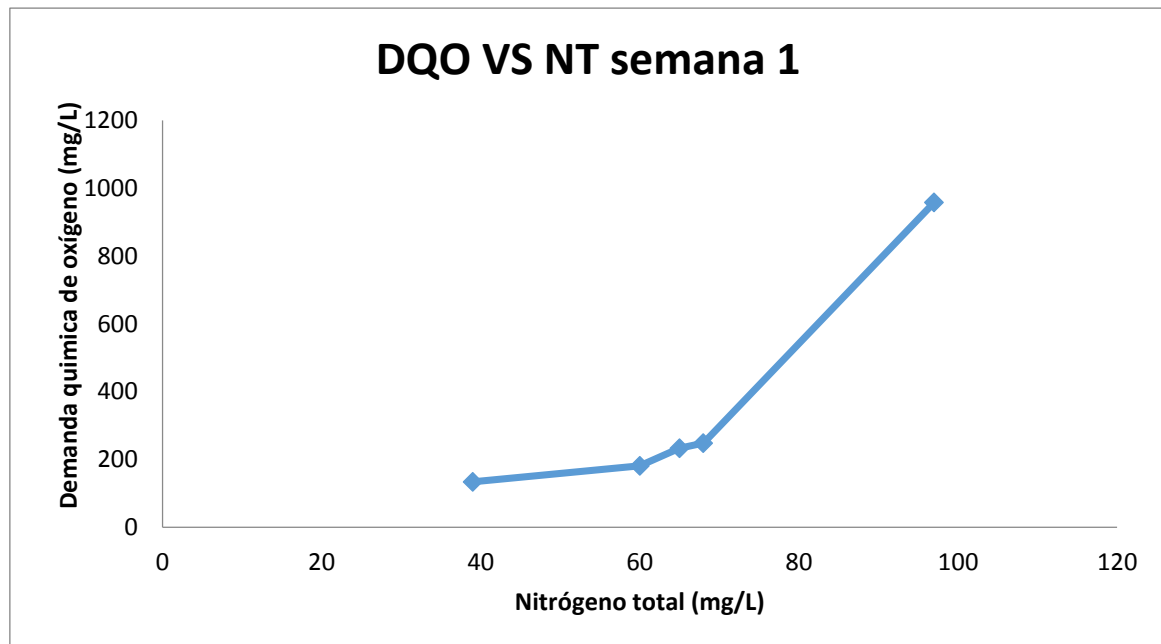
4.7 Gráficas de la demanda química de oxígeno vs la concentración de nitrógeno total

Gráfica 1. DQO vs Nitrógeno (reactor sin dosificación de nutriente)



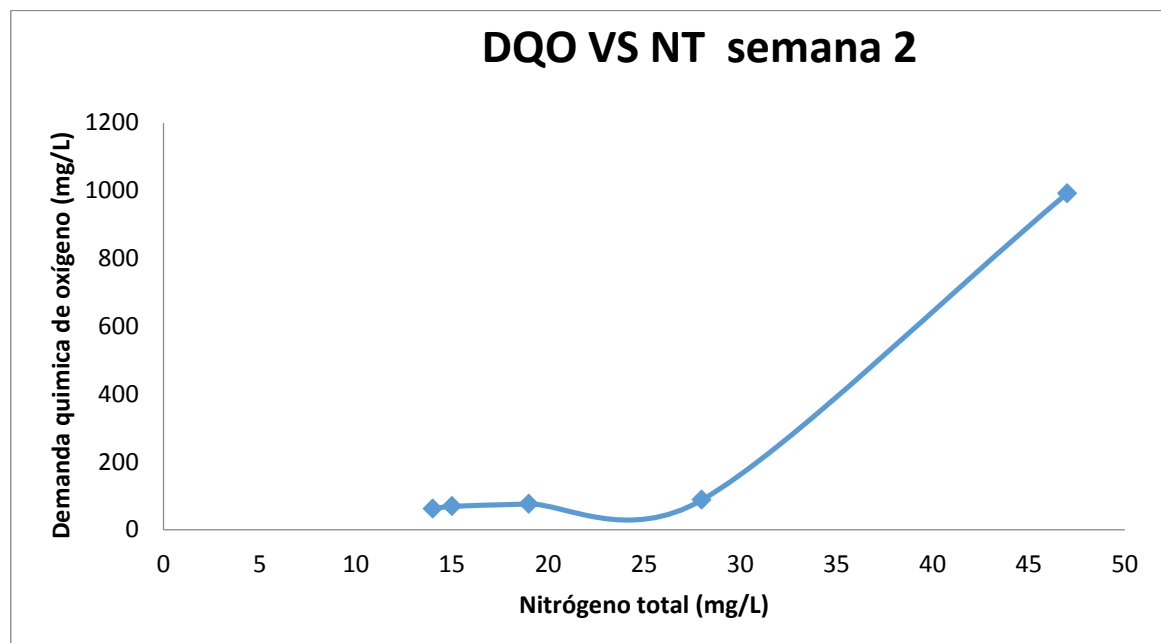
Elaborado por: (Villacís Romero & Olivo Fernandez, 2019)

Gráfica 2. DQO vs Nitrógeno (semana 1)



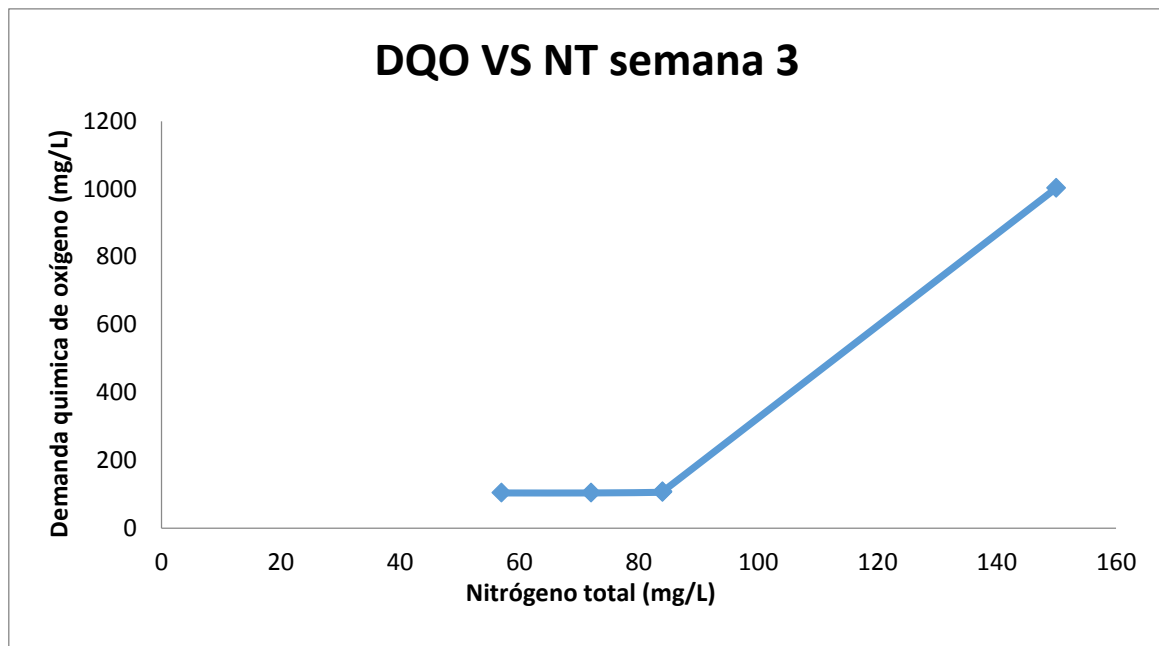
Elaborado por: (Villacís Romero & Olivo Fernandez, 2019)

Gráfica 3. DQO vs Nitrógeno (semana 2)



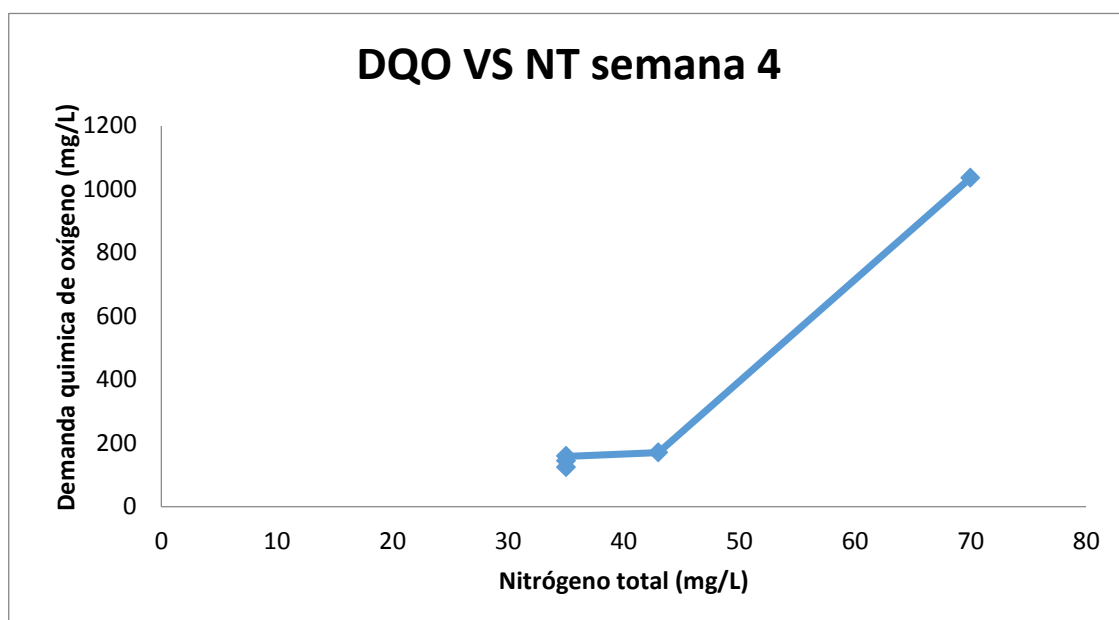
Elaborado por: (Villacís Romero & Olivo Fernandez, 2019)

Gráfica 4. DQO vs Nitrógeno (semana 3)



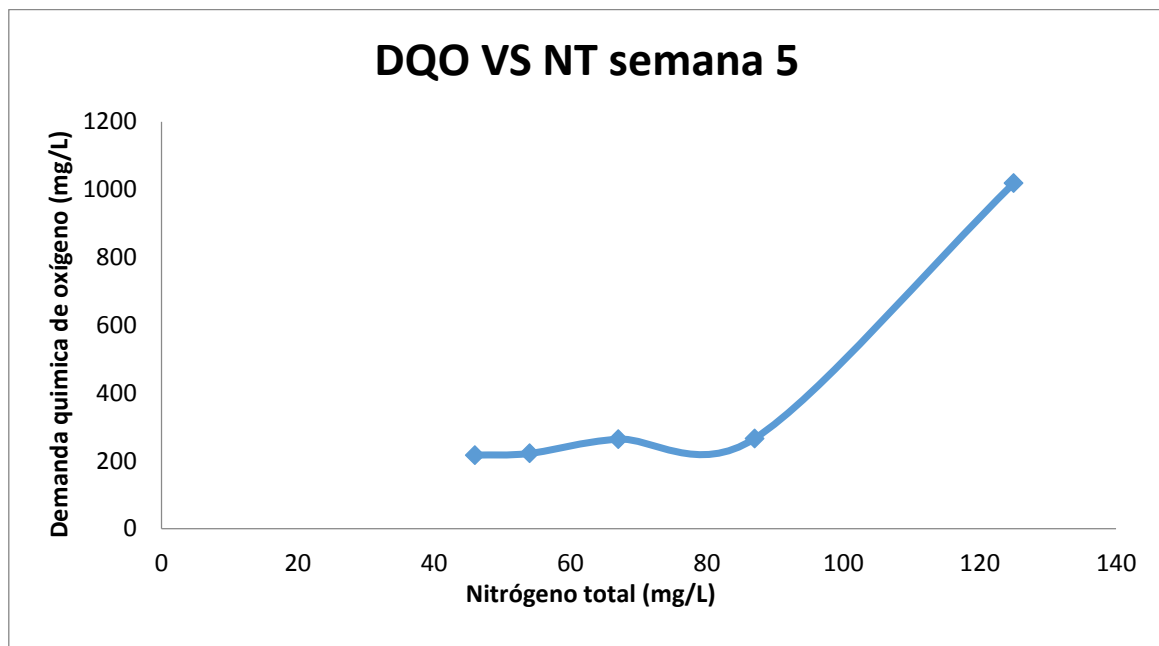
Elaborado por: (Villacís Romero & Olivo Fernandez, 2019)

Gráfica 5. DQO vs Nitrógeno (semana 4)



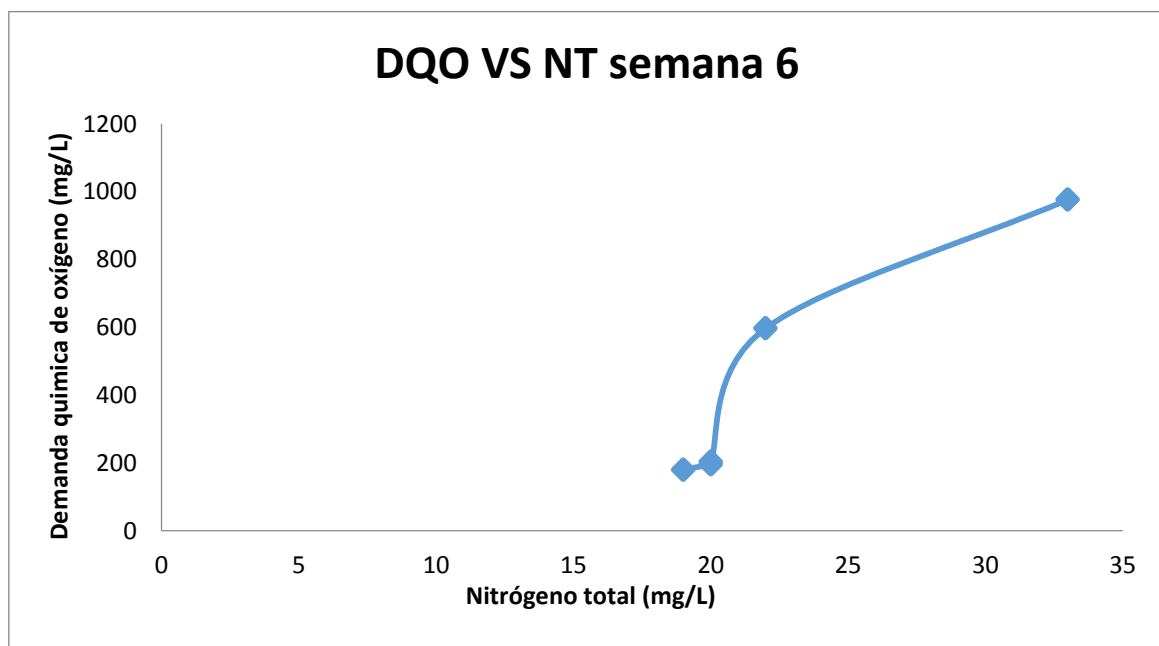
Elaborado por: (Villacís Romero & Olivo Fernandez, 2019)

Gráfica 6. DQO vs Nitrógeno (semana 5)



Elaborado por: (Villacís Romero & Olivo Fernandez, 2019)

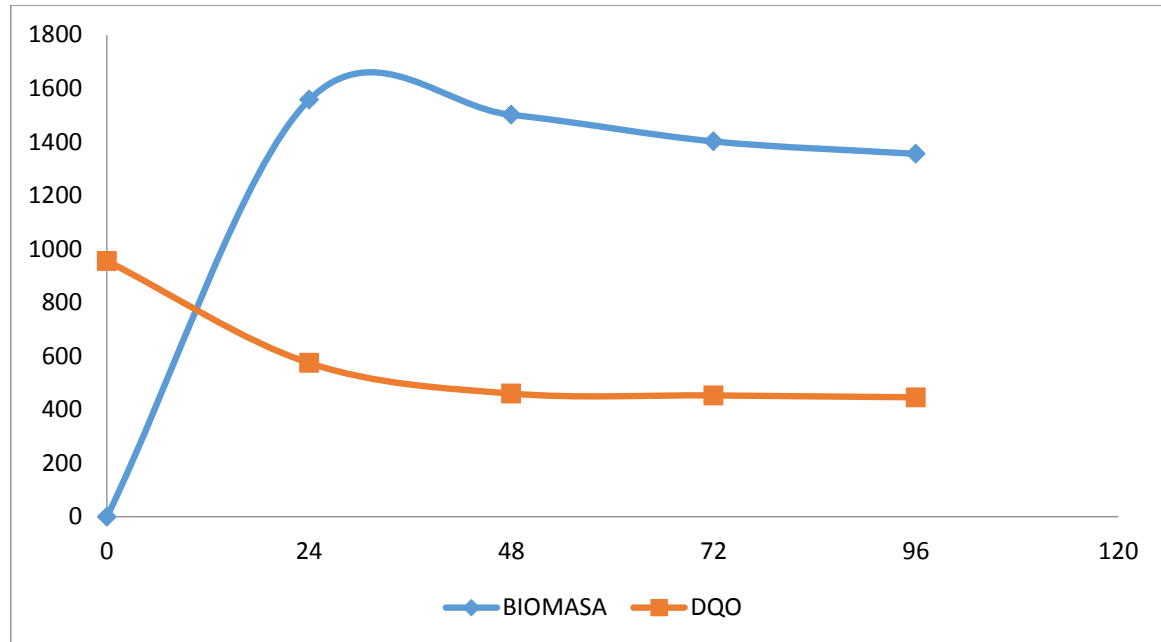
Gráfica 7. DQO vs Nitrógeno (semana 6)



Elaborado por: (Villacís Romero & Olivo Fernandez, 2019)

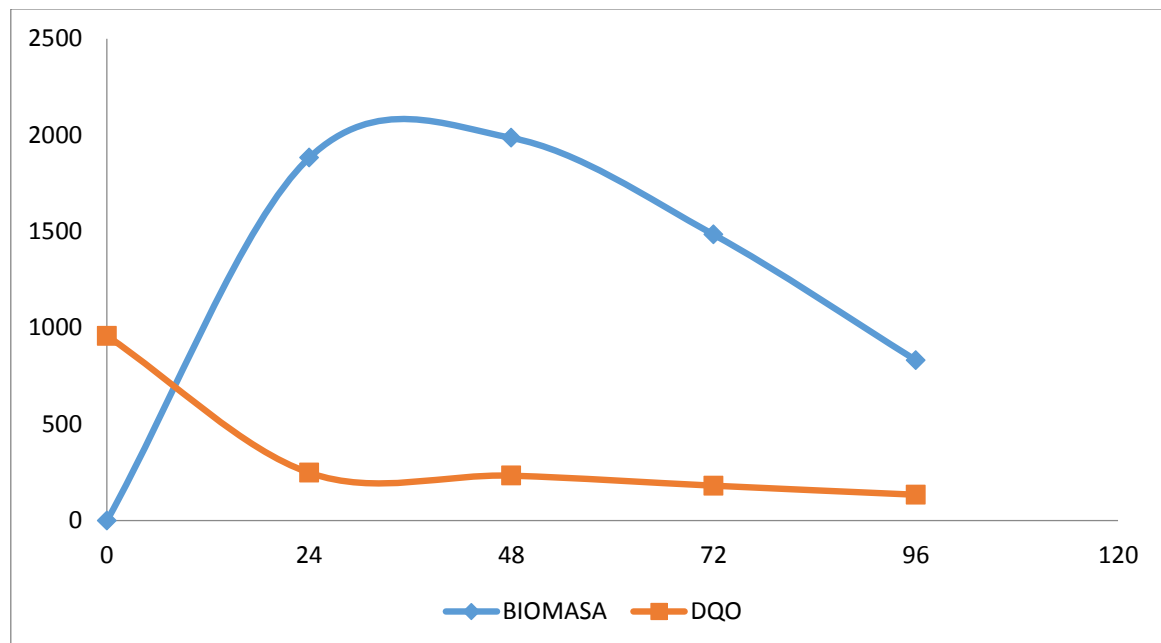
4.7 Variación en la biomasa y la degradación del sustrato con respecto al tiempo

Gráfica 8. Variación ocurrida en la biomasa y el DQO con respecto al tiempo (semana sin adicionar nutriente (nitrógeno))



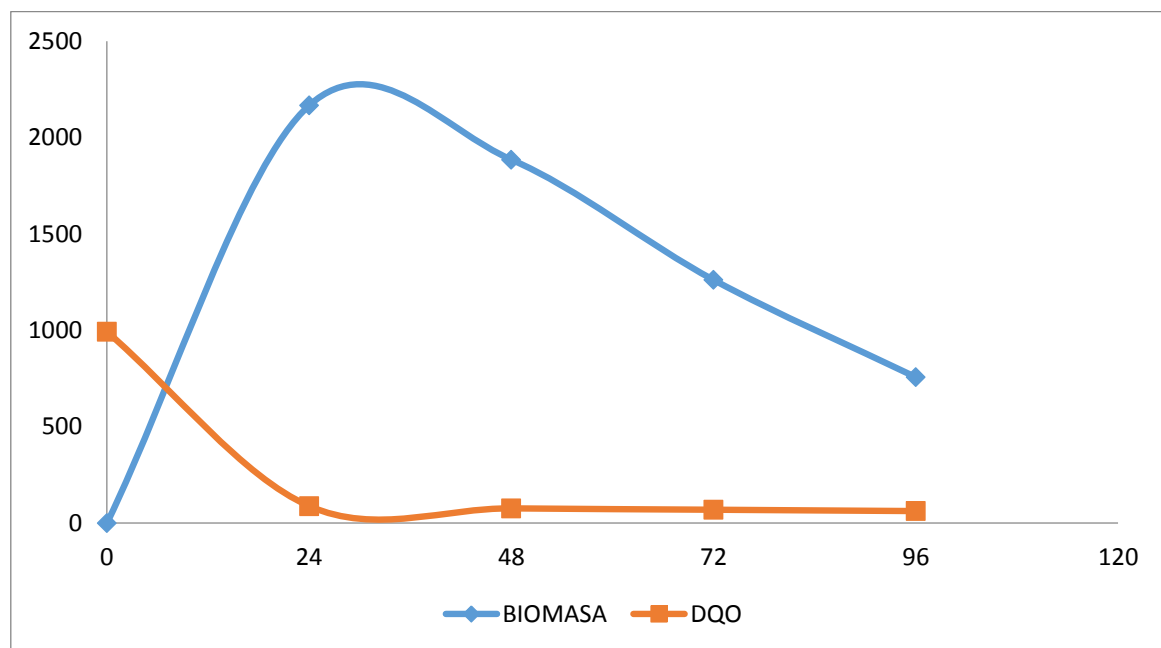
Elaborado por: (Villacís Romero & Olivo Fernandez, 2019)

Gráfica 9. Variación ocurrida en la biomasa y el DQO con respecto al tiempo (semana 1)



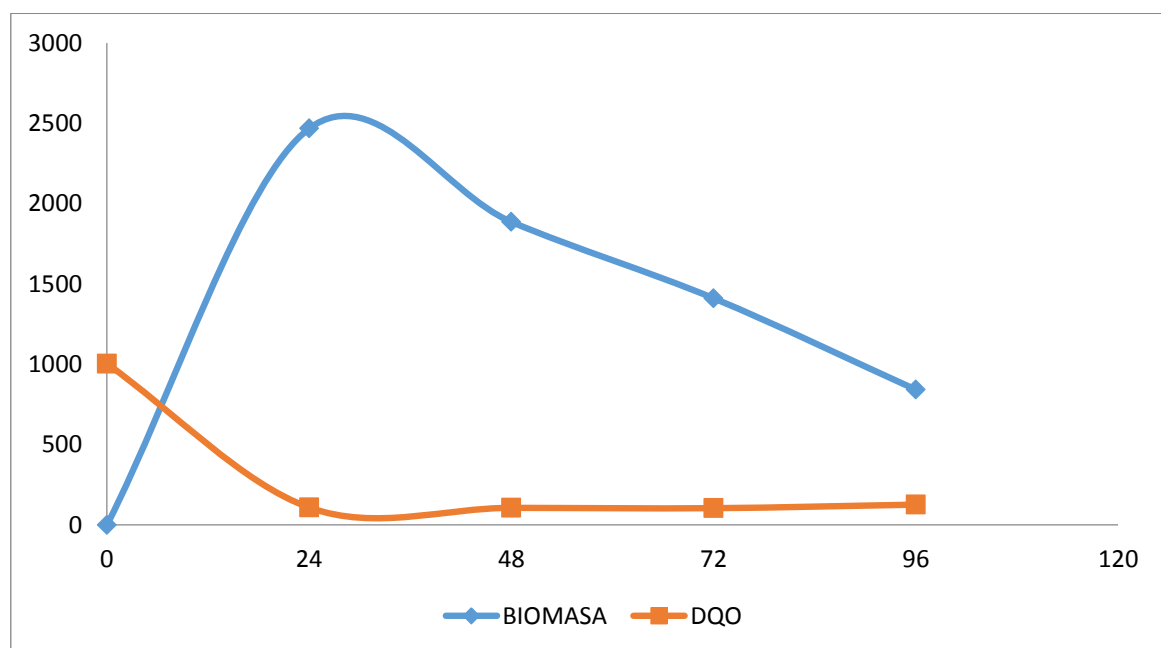
Elaborado por: (Villacís Romero & Olivo Fernandez, 2019)

Gráfica 10. Variación ocurrida en la biomasa y el DQO con respecto al tiempo (semana 2)



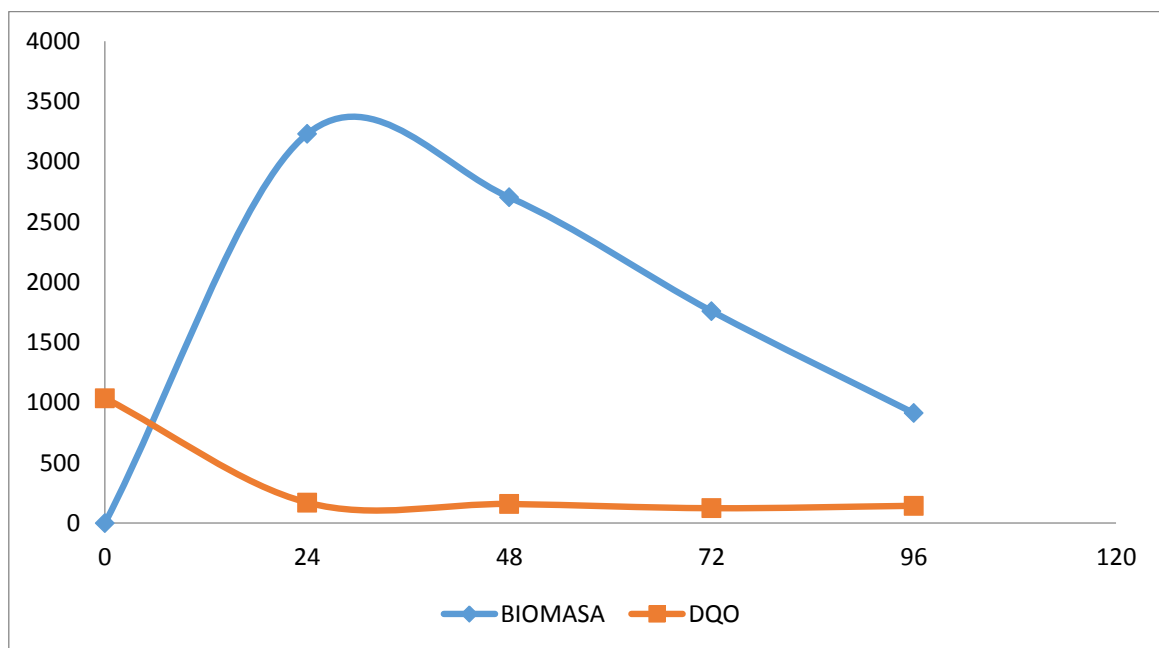
Elaborado por: (Villacís Romero & Olivo Fernandez, 2019)

Gráfica 11. Variación ocurrida en la biomasa y el DQO con respecto al tiempo (semana 3)



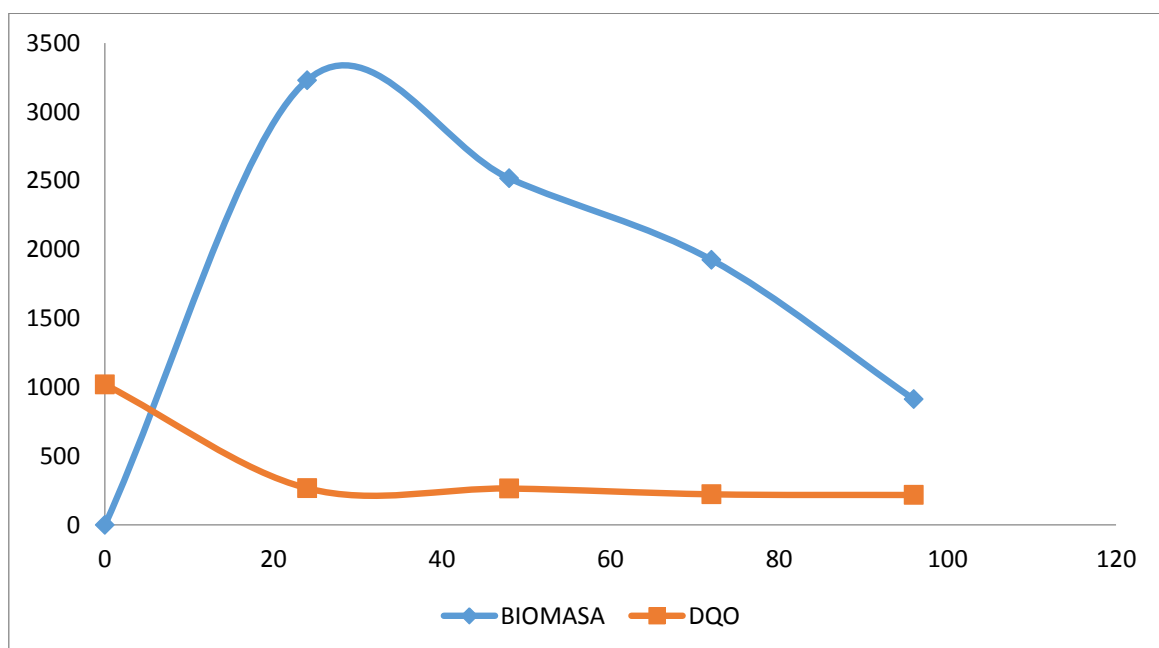
Elaborado por: (Villacís Romero & Olivo Fernandez, 2019)

Gráfica 12. Variación ocurrida en la biomasa y el DQO con respecto al tiempo (semana 4)



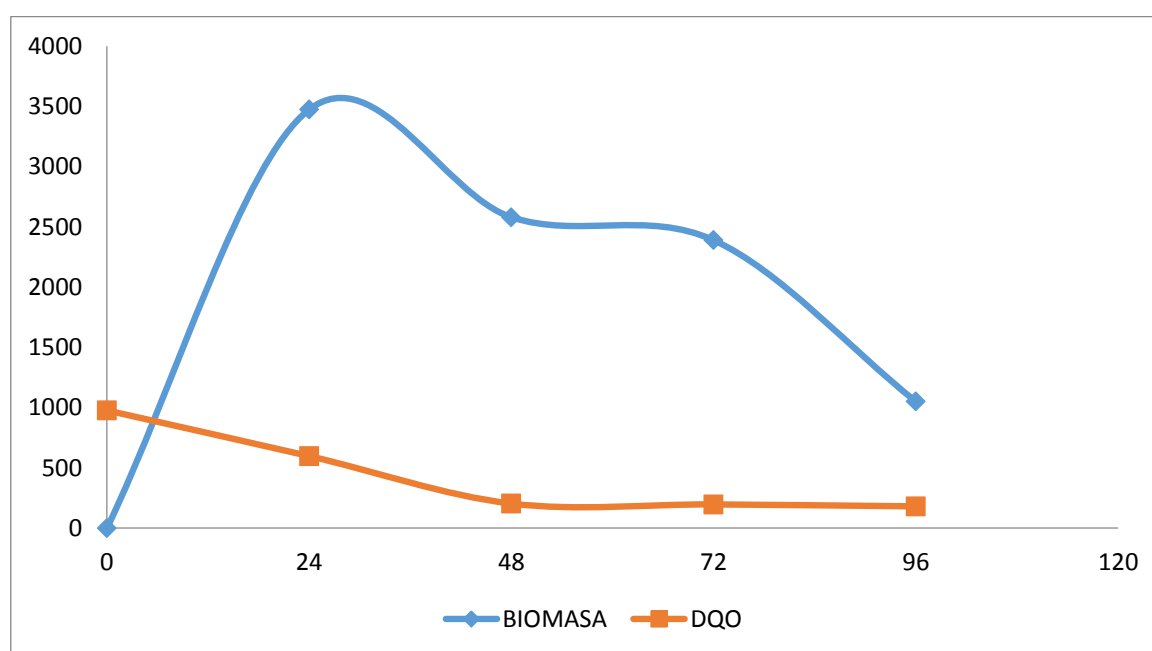
Elaborado por: (Villacís Romero & Olivo Fernandez, 2019)

Gráfica 13. Variación ocurrida en la biomasa y el DQO con respecto al tiempo (semana 5)



Elaborado por: (Villacís Romero & Olivo Fernandez, 2019)

Gráfica 14. Variación ocurrida en la biomasa y el DQO con respecto al tiempo (semana 6)



Elaborado por: (Villacís Romero & Olivo Fernandez, 2019)

4.8 Sólidos totales y volátiles por cada semana de experimentación

Tabla 20. Sólidos totales y volátiles de cada semana de experimentación

SEMANA	T	BIOMASA (SV)	ST
SIN ADICIONAR NITRÓGENO 1	0	0	0
	24	1556,8	1946
	48	1500,8	1876
	72	1401,6	1752
	96	1355,2	1694
	T	BIOMASA (SV)	ST
	0	0	0
	24	1881,6	2352
	48	1985	2184
	72	1483,2	1854
	96	832	1040

2	T	BIOMASA (SV)	ST
	0	0	0
	24	2166,4	2708
	48	1884,8	2356
	72	1260,8	1576
	96	756,8	946
3	T	BIOMASA (SV)	ST
	0	0	0
	24	2467,2	3084
	48	1885,6	2357
	72	1410,4	1763
	96	841,6	1052
4	T	BIOMASA (SV)	ST
	0	0	0
	24	3228,8	4036
	48	2702,4	3378
	72	1758,4	2198
	96	912	1140
5	T	BIOMASA (SV)	SF
	0	0	0
	24	3228,8	4036
	48	2516	3145
	72	1924	2405
	96	912	1140
6	T	BIOMASA (SV)	ST
	0	0	0
	24	3473,6	4342
	48	2579,2	3224
	72	2388,8	2986
	96	1049,6	1312

Elaborado por: (Villacís Romero & Olivo Fernandez, 2019)

4.9 Valores de temperatura, pH y oxígeno disuelto durante toda la experimentación

Tabla 21. Temperatura y oxígeno disuelto del agua residual en cada corrida

Corrida #	Temperatura °C	Oxígeno disuelto mg/l
1	23.5	8.55
2	22	8.37
3	24	8.53
4	23	8.50
5	22.5	8.47
6	23.5	8.50

Elaborado por: (Villacís Romero & Olivo Fernandez, 2019)

Tabla 22. Potencial de hidrógeno del agua residual en cada corrida

Corrida #	pH inicial agua residual	pH ajustado con bicarbonato de sodio
1	4.00	7.12
2	4.53	7.30
3	3.78	7.00
4	4.18	7.50
5	3.24	7.50
6	4.5	7.50

Elaborado por: (Villacís Romero & Olivo Fernandez, 2019)

4.10 Análisis y discusión de resultados

Los datos obtenidos experimentalmente durante las VI semanas de análisis del agua residual de maracuyá son con respecto a la demanda química de oxígeno, nitrógeno total, sólidos totales y volátiles, oxígeno disuelto, temperatura y potencial de hidrogeno; en la tabla 8 se muestran las diferentes concentraciones de nitrógeno que fueron dosificadas al reactor, obtenidas mediante cálculos estequiométricos a partir del uso de sulfato de amonio; la tabla 9 y 10 muestra los rangos obtenidos en la caracterización del agua residual al inicio y fin de cada semana de experimentación demostrando que el agua residual inicialmente no cumplía con los límites puestos por la ley en cuestión de DQO, Sólidos totales y pH sin embargo luego del tratamiento cada uno de los parámetros analizados están dentro de los rangos establecidos; en la tabla 12 se reportan datos para nuestra línea base donde no se adiciono concentraciones de nitrógeno para analizar la biodegradabilidad de sustrato cuando existe un déficit de nutrientes para los microorganismos luego de la tabla 13 a la 18 y de la gráfica 1 hasta la 7 se compararon los valores de DQO y nitrógeno total (todos las corridas tuvieron DQO inicial aproximado a 1000 y una concentración de nitrógeno diferente), se puede observar que el uso de nitrógeno a una concentración mayor a 35 mg/L en un lapso de 24 horas ocasiona que la eficiencia de remoción de DQO sea mayor al 70%, mientras que el consumo de este nutriente a diferentes concentraciones adicionadas fue del 30 %. Durante el transcurso de los 5 días el consumo del nitrógeno en las distintas corridas fue aumentando hasta un 70 % y en el caso del DQO hasta un 93.75%; desde la gráfica 8 hasta la 13 se muestra la variación ocurrida en el sustrato y la biomasa utilizando los sólidos volátiles con respecto al tiempo observando como el sustrato va disminuyendo por la presencia de los microorganismos que se alimentan de este y a su vez crecen de manera exponencial hasta llegar a la fase endógena por falta de sustrato; en la tabla 21 y 22 se muestran los parámetros a los que se acondiciono el reactor para la inoculación como la temperatura, pH y el oxígeno

disuelto. En cuanto a los sólidos totales de cada corrida se consiguió una disminución mayor al 50% llegando hasta un 79%; todo esto, además de los valores de ST y SV se encuentra en la tabla 20. La mejor dosificación de concentración de nitrógeno empleada mediante sulfato de amonio (1.8857g) fue de 47 mg/L en un volumen de 8 L y se la realizó durante la segunda semana (corrida); el reactor fue acondicionado con un pH de 7.12, a temperatura de 23.5 °C y un oxígeno disuelto de 8.55 mg/L; Las bacterias utilizaron el nitrógeno para su crecimiento y al analizar el nitrógeno total pudimos observar que se consumió 33 mg/L (70.21% de remoción de N) obteniendo agua residual con 12 mg/L; la degradación que hizo la bacteria del sustrato se la determino con el análisis de DQO que empezó con 992 mg/L culminando con 62 mg/L dando un porcentaje de remoción del 93.75%; mientras que la disminución de ST fue del 65,06 % desde 2708 a 946 mg/L.

Conclusiones

1. La concentración óptima de nitrógeno que deben contener las aguas residuales con déficit de nutrientes es de 47mg/l, esta permitió una rápida biodegradación del sustrato y a su vez un aumento en el crecimiento de microorganismos dando resultados favorables en el tratamiento residual.
2. Se pudo evidenciar que adicionar nitrógeno al agua residual con déficit de nutrientes aporta de manera significativa a la biodegradabilidad del sustrato permitiendo cumplir con los límites permisibles tanto de DQO, sólidos totales, nitrógeno total y pH para la descarga de efluentes al sistema de alcantarillado establecidos por la ley ambiental.
3. Mediante gráficas elaboradas en excel se demostró que dentro de las primeras 24h del tratamiento existe un alto porcentaje de biodegradabilidad del sustrato, además de un rápido crecimiento de la biomasa pero debido a la disminución inmediata del sustrato la bacteria pasa a la fase endógena entre las 48-72 horas.

Recomendaciones

1. Es importante analizar las condiciones físicas y químicas a las que estará expuesta la bacteria en el agua residual como la cantidad de oxígeno disuelto, el potencial de hidrógeno, la cantidad de nutrientes y sustrato presente para que el tratamiento sea llevado a cabo exitosamente.
2. El ingreso de oxígeno al reactor debe ser constante sin ningún tipo de colapso ya que esto podría llevar a la bacteria a la fase endógena.
3. Se recomienda a todas las industrias de frutas y vegetales que adicionen nutrientes a sus aguas residuales para proceder al tratamiento residual, ya que este interviene de manera positiva para el cumplimiento de los límites puestos por la ley ambiental para la descarga de este efluente.
4. Para futuras investigaciones se recomienda acortar el periodo de experimentación y realizar los análisis cada 4 horas para evidenciar mejor la variación del sustrato ya que dentro de las 24 horas ocurre la mayor disminución de este.

Anexos

Anexo 1. Cálculos

Relación Estequiométrica del sulfato de amonio para determinar concentraciones de nitrógeno.

Sulfato de amonio = $(\text{NH}_4)_2 \text{SO}_4$



Peso molecular del sulfato de amonio

$$\text{S} = 1 * 32 = 32$$

$$\text{O} = 4 * 16 = 64$$

$$\text{H} = 6 * 1 = 6$$

$$\text{N} = 2 * 14 = 28$$

$$132 \text{ gr/mol}$$

Determinación de gramos de sulfato de amonio para diferentes concentraciones de nitrógeno

$$10 \frac{\text{mg}}{\text{l}} * \frac{1 \text{gN}_2}{1000 \text{mgN}_2} * \frac{132 \text{g}}{1 \text{ mol}(\text{NH}_4)_2 \text{SO}_4} * \frac{1 \text{mol} (\text{NH}_4)_2 \text{SO}_4}{1 \text{mol N}_2} * 8 \text{L} = 0.3771 \text{g}$$

Se necesitan 0.3771 g de sulfato de amonio para llegar a una concentración de 10mg/l de nitrógeno en un volumen de 8 litros.

$$30 \frac{\text{mg}}{\text{l}} * \frac{1 \text{gN}_2}{1000 \text{mgN}_2} * \frac{132 \text{g}}{1 \text{ mol}(\text{NH}_4)_2 \text{SO}_4} * \frac{1 \text{mol} (\text{NH}_4)_2 \text{SO}_4}{1 \text{mol N}_2} * 8 \text{L} = 1.1465 \text{g}$$

Se necesitan 1.1465g de sulfato de amonio para llegar a una concentración de 30mg/l de nitrógeno en un volumen de 8 litros.

$$50 \frac{\text{mg}}{\text{l}} * \frac{1 \text{gN}_2}{1000 \text{mgN}_2} * \frac{132 \text{g}}{1 \text{ mol}(\text{NH}_4)_2 \text{SO}_4} * \frac{1 \text{mol} (\text{NH}_4)_2 \text{SO}_4}{1 \text{mol N}_2} * 8 \text{L} = 1.8857 \text{g}$$

Se necesitan 1.8857g de sulfato de amonio para llegar a una concentración de 50mg/l de nitrógeno en un volumen de 8 litros.

$$70 \frac{\text{mg}}{\text{l}} * \frac{1 \text{gN}_2}{1000 \text{mgN}_2} * \frac{132 \text{g}}{1 \text{ mol}(\text{NH}_4)_2 \text{SO}_4} * \frac{1 \text{mol} (\text{NH}_4)_2 \text{SO}_4}{1 \text{mol N}_2} * 8 \text{L} = 2.6400 \text{g}$$

Se necesitan 2.6400g de sulfato de amonio para llegar a una concentración de 70mg/l de nitrógeno en un volumen de 8 litros.

$$100 \frac{mg}{l} * \frac{1gN_2}{1000mgN_2} * \frac{132g}{1 \text{ mol} (NH_4)_2 SO_4} * \frac{1 \text{ mol} (NH_4)_2 SO_4}{1 \text{ mol} N_2} * 8L = 3.7714g$$

Se necesitan 3.7714g de sulfato de amonio para llegar a una concentración de 100mg/l de nitrógeno en un volumen de 8 litros.

$$150 \frac{mg}{l} * \frac{1gN_2}{1000mgN_2} * \frac{132g}{1 \text{ mol} (NH_4)_2 SO_4} * \frac{1 \text{ mol} (NH_4)_2 SO_4}{1 \text{ mol} N_2} * 8L = 5.6571g$$

Se necesitan 5.6571g de sulfato de amonio para llegar a una concentración de 150mg/l de nitrógeno en un volumen de 8 litros.

Sólidos totales

$$ST = \frac{(\text{g de muestra seca} - \text{g del recipiente}) * mg 1000}{\text{Volumen del recipiente en litros}}$$

Corrida sin adicionar nitrógeno

Sólidos totales inicial

$$SST = \frac{(138.7922 - 138.6949) * 1000mg}{0,05} = 1946 \text{ mg/L}$$

Sólidos totales final

$$SSF = \frac{(138.7796 - 138,6949) * 1000mg}{0,05} = 1694 \text{ mg/L}$$

Corrida 1

Sólidos totales inicial

$$ST = \frac{(138,2161g - 138,3515g) * mg 1000}{0,05L} = 2708$$

Sólidos totales final

$$ST = \frac{(138,3651g - 138,3178g) * mg 1000}{0,05} = 94$$

Corrida 2

Sólidos totales inicial

$$ST = \frac{(138,4354g - 138,3178g) * mg 1000}{0,05L} = 2352$$

Sólidos totales final

$$ST = \frac{(68,4364g - 68,3324g) * mg\ 1000}{0,05L} = 1040$$

Corrida 3

Sólidos totales inicial

$$ST = \frac{(139,0876g - 138,9334g) * mg\ 1000}{0,05L} = 3084$$

Sólidos totales final

$$ST = \frac{(138,9334g - 138,986g) * mg\ 1000}{0,05} = 1052$$

Corrida 4

Sólidos totales inicial

$$ST = \frac{(138,9867g - 138,7849g) * mg\ 1000}{0,05L} = 4036$$

Sólidos totales final

$$ST = \frac{(171,8852g - 171,9422g) * mg\ 1000}{0,05} = 1140$$

Corrida 5

Sólidos totales inicial

$$ST = \frac{(172,2191g - 171,8878g) * mg\ 1000}{0,05L} = 6626$$

Sólidos totales final

$$ST = \frac{(171,8852g - 171,9543g) * mg\ 1000}{0,05} = 1382$$

Corrida 6

Sólidos totales inicial

$$ST = \frac{(172,1049g - 171,8878g) * mg\ 1000}{0,05L} = 4342$$

Sólidos totales final

$$ST = \frac{(178,608g - 178,6736g) * mg\ 1000}{0,05} = 1312$$

Sólidos suspendidos volátiles

$$SSV \text{ mg/L} = \frac{(B - C) * 1000}{V}$$

C: peso de recipiente en gramos

B: peso de muestra calcinada en gramos

V: volumen de muestra en litros

Semana sin adicionar nitrógeno

SSV - 24 horas

$$SSV = \frac{(138,32894 - 138,2511) * 1000 \text{mg}}{0,05} = 1556,8$$

mg/L

SSV - 96 horas

$$SSV = \frac{(138,31886 - 138,2511) * 1000 \text{mg}}{0,05} = 1355,2$$

mg/L

Semana 1

SSV - 24 horas

$$SSV = \frac{(138,34518 - 138,2511) * 1000 \text{mg}}{0,05} = 1881,6$$

mg/L

SSV - 96 horas

$$SSV = \frac{(138,2927 - 138,2511) * 1000 \text{mg}}{0,05} = 832$$

mg/L

Semana 2

SSV - 24 horas

$$SSV = \frac{(138,35942 - 138,2511) * 1000 \text{mg}}{0,05} = 2166,4$$

mg/L

SSV - 96 horas

$$SSV = \frac{(138,29894 - 138,2511) * 1000\text{mg}}{0,05} = 756,8$$

mg/L

Semana 3

SSV - 24 horas

$$SSV = \frac{(138,37442 - 138,2511) * 1000\text{mg}}{0,05} = 2467,2$$

mg/L

SSV - 96 horas

$$SSV = \frac{(138,29318 - 138,2511) * 1000\text{mg}}{0,05} = 841,6$$

mg/L

Semana 4

SSV - 24 horas

$$SSV = \frac{(138,41254 - 138,2511) * 1000\text{mg}}{0,05} = 3228,8$$

mg/L

SSV - 96 horas

$$SSV = \frac{(138,2967 - 138,2511) * 1000\text{mg}}{0,05} = 912$$

mg/L

Semana 5

SSV - 24 horas

$$SSV = \frac{(138,41254 - 138,2511) * 1000\text{mg}}{0,05} = 3228,8$$

mg/L

SSV - 96 horas

$$SSV = \frac{(138,2961 - 138,2511) * 1000\text{mg}}{0,05} = 900,1$$

mg/L

Semana 6

SSV - 24 horas

$$\text{SSF} = \frac{(138,42476 - 138,2511) * 1000 \text{mg}}{0,05} = 3473,6$$

mg/L

SSV - 96 horas

$$\text{SSF} = \frac{(138,30358 - 138,2511) * 1000 \text{mg}}{0,05} = 1049,6$$

mg/L

Anexo 2. Construcción del reactor (SBR)



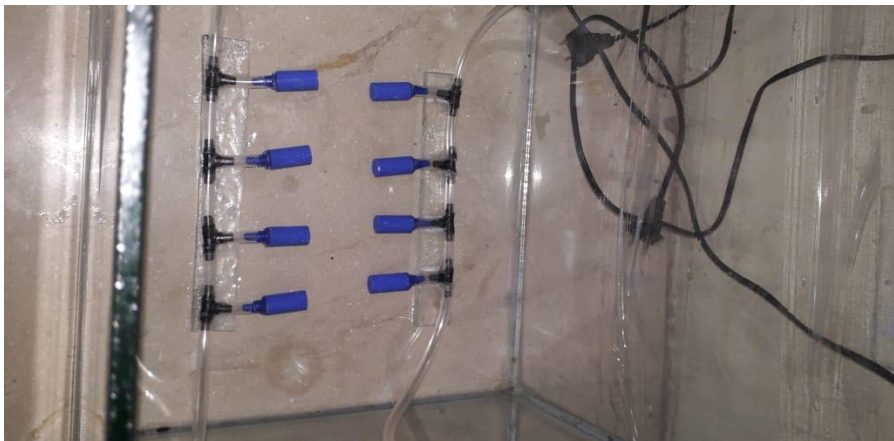
Fuente: (Villacís Romero & Olivo Fernandez, 2019)

Anexo 3. Construcción del reactor (SBR)



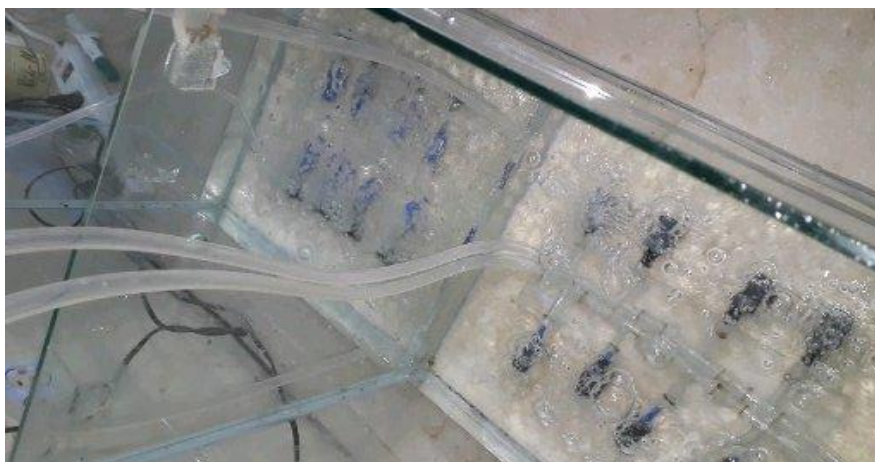
Fuente: (Villacís Romero & Olivo Fernandez, 2019)

Anexo 4. Construcción del reactor (SBR)



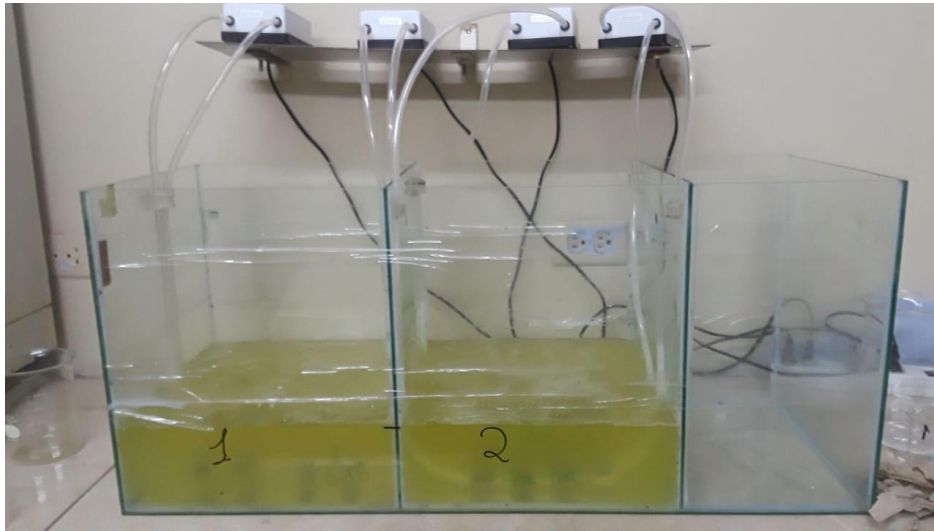
Fuente: (Villacís Romero & Olivo Fernandez, 2019)

Anexo 5. Prueba de los difusores de aire



Fuente: (Villacís Romero & Olivo Fernandez, 2019)

Anexo 6. Reactor (SBR) con muestra de agua residual



Fuente: (Villacís Romero & Olivo Fernandez, 2019)

Anexo 7. Bombas de aire



Fuente: (Villacís Romero & Olivo Fernandez, 2019)

Anexo 8. Caja Kit TEST 'N TUBE



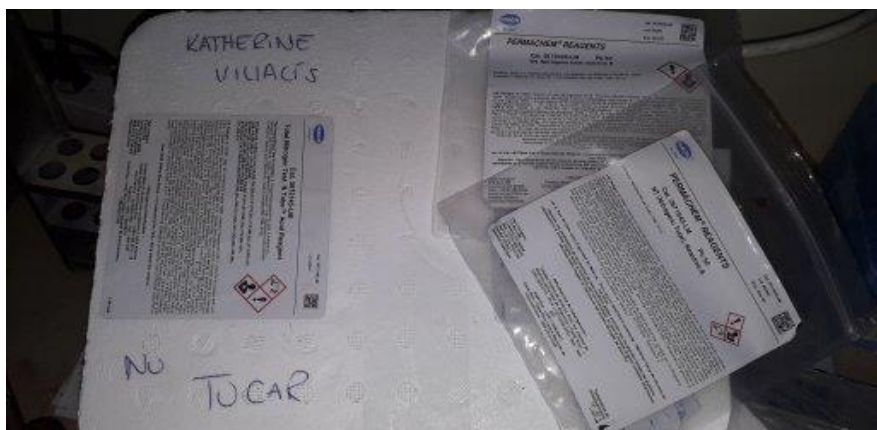
Fuente: (Villacís Romero & Olivo Fernandez, 2019)

Anexo 9. Viales para determinación de nitrógeno total



Fuente: (Villacís Romero & Olivo Fernandez, 2019)

Anexo 10. Reactivos para determinación de nitrógeno total



Fuente: (Villacís Romero & Olivo Fernandez, 2019)

Anexo 11. Cajas de viales para DQO



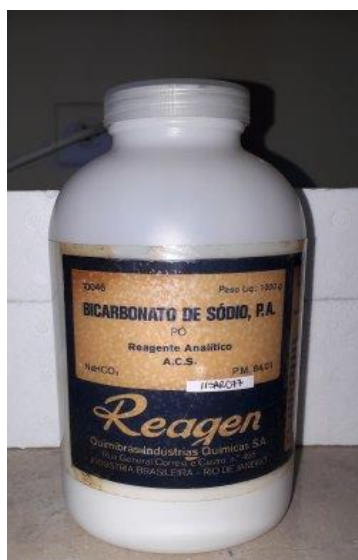
Fuente: (Villacís Romero & Olivo Fernandez, 2019)

Anexo 12. Viales para DQO



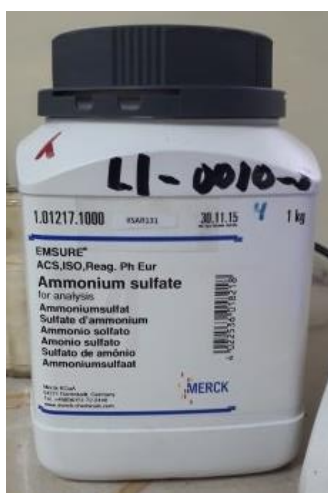
Fuente: (Villacís Romero & Olivo Fernandez, 2019)

Anexo 13. Bicarbonato de Sodio



Fuente: (Villacís Romero & Olivo Fernandez, 2019)

Anexo 14 Sulfato de Amonio



Fuente: (Villacís Romero & Olivo Fernandez, 2019)

Anexo 15. Pesaje del bicarbonato de Sodio



Fuente: (Villacís Romero & Olivo Fernandez, 2019)

Anexo 16. Pesaje del sulfato de amonio



Fuente: (Villacís Romero & Olivo Fernandez, 2019)

Anexo 17. Balanza analítica



Fuente: (Villacís Romero & Olivo Fernandez, 2019)

Anexo 18. Estufa



Fuente: (Villacís Romero & Olivo Fernandez, 2019)

Anexo 19. Espectrofotómetro DR 4000 HACH



Fuente: (Villacís Romero & Olivo Fernandez, 2019)

Anexo 20. Microscopio



Fuente: (Villacís Romero & Olivo Fernandez, 2019)

Anexo 21. Reactor para digestión HACH DRB 200



Fuente: (Villacís Romero & Olivo Fernandez, 2019)

Anexo 22. PH metro



Fuente: (Villacís Romero & Olivo Fernandez, 2019)

Anexo 23. Medición de pH



Fuente: (Villacís Romero & Olivo Fernandez, 2019)

Anexo 24. Lectura de pH



Fuente: (Villacís Romero & Olivo Fernandez, 2019)

Anexo 25. Melaza



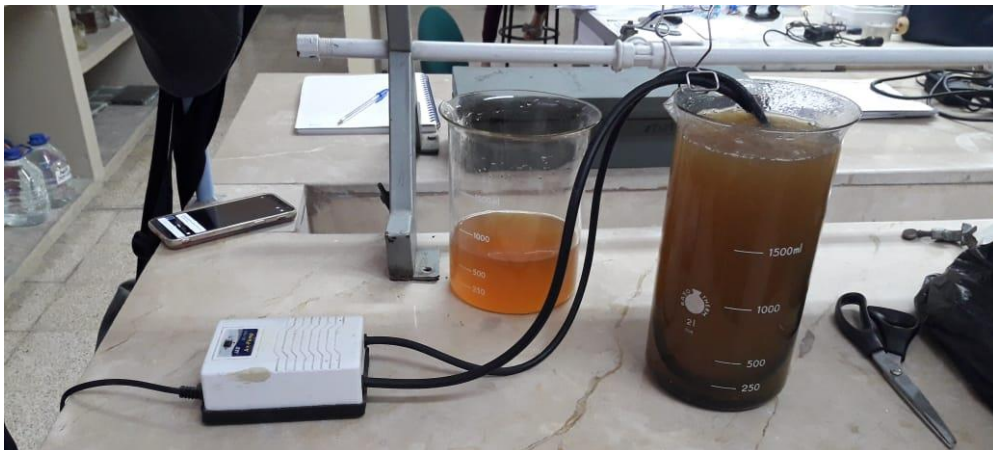
Fuente: (Villacís Romero & Olivo Fernandez, 2019)

Anexo 26. Pesaje de Melaza



Fuente: (Villacís Romero & Olivo Fernandez, 2019)

Anexo 27. Acondicionamiento bacteriano previo a la inoculación



Fuente: (Villacís Romero & Olivo Fernandez, 2019)

Anexo 28. Análisis de DQO



Fuente: (Villacís Romero & Olivo Fernandez, 2019)

Anexo 29. Análisis de DQO



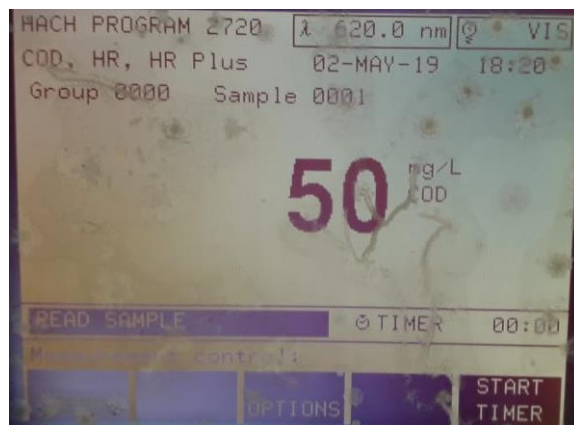
Fuente: (Villacís Romero & Olivo Fernandez, 2019)

Anexo 30. Lectura de DQO en espectrofotómetro



Fuente: (Villacís Romero & Olivo Fernandez, 2019)

Anexo 31. Lectura DQO



Fuente: (Villacís Romero & Olivo Fernandez, 2019)

Anexo 32. Decantación



Fuente: (Villacís Romero & Olivo Fernandez, 2019)

Anexo 33. Pipetas y micropipetas



Fuente: (Villacís Romero & Olivo Fernandez, 2019)

Anexo 34. Vista en microscopio de microorganismos



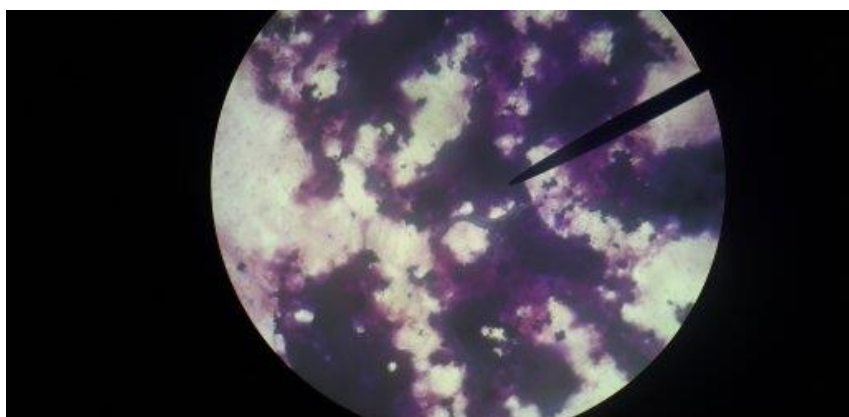
Fuente: (Villacís Romero & Olivo Fernandez, 2019)

Anexo 35. Tinción de Gram



Fuente: (Villacís Romero & Olivo Fernandez, 2019)

Anexo 36. Tinción de Gram



Fuente: (Villacís Romero & Olivo Fernandez, 2019)

BIBLIOGRAFÍA

- Ambiente, M. del. (2019). El Código Orgánico del Ambiente (COA). Retrieved from <http://www.ambiente.gob.ec/codigo-organico-del-ambiente-coa/>
- Cárdenas Calvachi, G. L., & Andrés, S. O. (2013). Nitrógeno en aguas residuales: orígenes, efectos y mecanismos de remoción para preservar el ambiente y la salud pública. *REVISTA UNIVERSIDAD Y SALUD*, 15(1), 72–88. Retrieved from <http://www.scielo.org.co/pdf/reus/v15n1/v15n1a07.pdf>
- Casares, M. V., & De Cabo, L. I. (2018). ANÁLISIS DE TENDENCIAS DE VARIABLES INDICADORAS DE CALIDAD DE AGUA PARA EL RIACHUELO (CUENCA MATANZA-RIACHUELO, ARGENTINA). *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 34(4), 651–665. <https://doi.org/10.20937/rica.2018.34.04.08>
- Chávez Guerrero, L., Garza-Cervantes, J., Caballero-Hernández, D., González-López, R., Sepúlveda-Guzmán, S., & Cantú-Cárdenas, E. (2017). Synthesis and characterization of calcium hydroxide obtained from agave bagasse and investigation of its antibacterial activity. *Revista Internacional de Contaminacion Ambiental*, 33(2), 347–353. <https://doi.org/10.20937/RICA.2017.33.02.15>
- Escudero De Fonseca, A., & Arias Villamizar, C. A. (2012). Los microorganismos en los abonos orgánicos a partir de podas en la Universidad del Norte, Colombia. *Revista Internacional de Contaminacion Ambiental*, 28(SUPPL 1), 67–75.
- ESPIGARES GARCÍA, M., & PÉREZ LÓPEZ, J. A. (1985). *Aspectos sanitarios del estudio de las aguas*. Retrieved from http://cidta.usal.es/cursos/EDAR/modulos/Edar/unidades/LIBROS/logo/pdf/Aguas_Residuales_composicion.pdf

- Fundacion general de la universidad de salamanca. (2019). Crecimiento bacteriano. Modelos predictivos de ComBase. Retrieved from http://coli.usal.es/web/demo_alteracion/FactoresCrecimiento/FactoresCrecimiento.html
- Garzón, M. A., González, J., & García, R. (2016). Evaluación de un sistema de tratamiento doméstico para reúso de agua residual. *Revista Internacional de Contaminacion Ambiental*, 32(2), 199–211. <https://doi.org/10.20937/RICA.2016.32.02.06>
- González, A. (2016). *Modelación y análisis de calidad del agua de tramo medio-bajo del río Pisuerga. Propuesta de medidas de mejora*. Universidad Politècnica de València., Valencia.
- Hilario, J., & Arellano, Q. (2016). *DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS MEDIANTE HUMEDALES ARTIFICIALES PARA EL POBLADO DE PUCARÁ (HUANCAYO-PERÚ) Intensificación: TRATAMIENTO DE AGUAS*. Universitat Politècnica de València, Valencia.
- Lastra, T., Aguado, D., & Barat, R. (2014). *Caracterització experimental de la fracció orgànica triturada de los RSU para valorar su incorporación al agua residual y tratamiento de una EDAR*. Universitat Politècnica de València.
- Lazcano Carreño, C. (2014). *BIOTECNOLOGIA AMBIENTAL DE AGUAS Y AGUAS RESIDUALES* (Primera; E. Brindis Gómez, Ed.). LIMA.
- Lenntech (European Head Office). (2019). Glosario del agua. Retrieved June 22, 2019, from Glosario del agua website: <https://www.lenntech.es/glosario-agua.htm#ixzz5qwgWuxUR>
- López Vázquez, C. M., Buitrón Méndez, G., García, H., Cervantes, C., & J, F. (2017). *Tratamiento biológico de aguas residuales : Principios , modelación y diseño*.

Medina, A. A., & Niemiz, A. C. (2014). *La industria frutihortícola*. Argentina: UTN Facultad Regional Reconquista.

Metcalf & Eddy. (1998). *Ingeniería de las aguas residuales* (tercera ed; A. García Brage, Ed.).

Moranta, H. (2014). *Procesos de intercambio de materiales en la interfase agua-sedimento en piscifactorias marinas en jaulas flotantes* (Universidad Politècnica de València).
<https://doi.org/10.4995/Thesis/10251/34772>

Naranjo, R., & Norman, Y. (2017). *APLICACIÓN A LA POTABILIZADORA LA PRESA (MANISES, VALENCIA)*. Universitat Politècnica de València.

Oliver, N. (2017). *Estudio de los Humedales Artificiales de Flujo Superficial del Tancat de la Pipa como instrumentos para la restauración ambiental del lago de l'Albufera de Valencia* (Universitat Politècnica de València).
<https://doi.org/10.4995/Thesis/10251/90400>

OROZCO JARAMILLO, A. (2014). *BIOINGENIERÍA DE AGUAS RESIDUALES* (Segunda,20; A. C. de I. S. y A. Acodal, Ed.).

Osman. (2019). Bacterias. Retrieved June 22, 2019, from
<http://www.osman.es/diccionario/definicion.php?id=11729>

Oviedo, E., Marmolejo, L., & Torres, P. (2014). Influencia de la frecuencia de volteo para el control de la humedad de los sustratos en el compostaje de biorresiduos de origen municipal. *Revista Internacional de Contaminacion Ambiental*, 30(1), 91–100.

Sánchez Bea, J. L. (2016). *Reactores Químicos* (E. Síntesis, Ed.). España.

Sanz, J. (2015). *TRATAMIENTO DE AGUAS TEXTILES INDUSTRIALES MEDIANTE*

FOTOCATÁLISIS SOLAR Y REUTILIZACIÓN EN NUEVAS TINTURAS (Universitat Politècnica de València). <https://doi.org/10.4995/Thesis/10251/59384>

Scheible, O., Mulbarger, M., Sutton, P., Simpkin, T., Daigger, G., Heidman, J., & Yoder, M. (2008). *PROCESS DESIGN MANUAL: NITROGEN CONTROL*. Retrieved from https://cfpub.epa.gov/si/si_public_record_Report.cfm?Lab=NRMRL&dirEntryID=3431
3

Unidas, N. (2019). Objetivo 6: Garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos. Retrieved from <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/water-and-sanitation/>

Viteri, Á., Blanco, M., Carbó, R., & Ginovart, M. (2017). Modelización del crecimiento de una población microbiana en medio líquido y su implicación en el estudio de la morfología celular a través del análisis digital de imágenes. *Modelling in Science Education and Learning*, 10(2), 153. <https://doi.org/10.4995/msel.2017.6655>

Wolhmuth, S. (2018). *TRATAMIENTO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS CONTAMINADAS COM POLUENTES ORGÂNICOS EMERGENTES UTILIZANDO PROCESSOS AVANÇADOS DE OXIDAÇÃO* (Universitat Politècnica de València). <https://doi.org/10.4995/Thesis/10251/107958>

Villacís Romero, K. L., & Olivo Fernandez, X. S. (04 de 06 de 2019). *Guayaquil, Guayas, Ecuador*.