

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental



Una Institución Adventista

Determinación de la eficiencia de las bacterias nitrosomonas y nitrobacter para remover concentraciones de amonio, ion nitrito e ion nitrato en agua del río Torococha a distintos niveles de pH y temperatura, 2018

Por:

Jean Paul Rojas Hanco

Asesor:

Mg. Efraín Velásquez Mamani

Juliaca, mayo 2019

**DECLARACIÓN JURADA
DE AUTORÍA DEL INFORME DE TESIS**

Mg. Efraín Velásquez Mamani, de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que el presente informe de investigación titulado: ***“DETERMINACIÓN DE LA EFICIENCIA DE LAS BACTERIAS NITROSOMONAS Y NITROBACTER PARA REMOVER CONCENTRACIONES DE AMONIO, ION NITRITO E ION NITRATO EN AGUA DEL RÍO TOROCOCHA A DISTINTOS NIVELES DE PH Y TEMPERATURA, 2018”*** constituye la memoria que presenta el Bachiller Jean Paul Rojas Hanco para aspirar al título Profesional de Ingeniería Ambiental ha sido realizado en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

Las opiniones y declaración en este informe son de entera responsabilidad del autor, sin comprometer a la institución.

Y estando de acuerdo, firmo la presente declaración en Juliaca a los 6 días del mes de noviembre del año 2018



Mg. Efraín Velásquez Mamani

“Determinación de la eficiencia de las bacterias nitrosomonas y nitrobacter para remover concentraciones de amonio, ion nitrito e ion nitrato en agua del río Torococha a distintos niveles de pH y temperatura, 2018”

TESIS

Presentada para optar el título profesional de Ingeniero Ambiental

JURADO CALIFICADOR



Ing. Juan Eduardo Vigo Rivera
Presidente



MSc. Rose Adeline Callata Chura
Secretaria



Ing. Verónica Haydeé Pari Mamani
Vocal



Mg. Efraín Velásquez Mamani
Asesor

Juliaca 21 de junio del 2019

DEDICATORIA

Principalmente a Dios por permitirme llegar a este momento tan importante en mi formación académica, en segundo lugar, a mi madre por ser el cimiento más importante y brindarme su apoyo incondicional, por compartir momentos significativos y siempre estar dispuesta a escucharme y ayudarme en cualquier momento de mi vida.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, doy infinitamente gracias a Dios por guiarme durante mi camino académico, por ayudarme a superar obstáculos y dificultades a lo largo de la vida logrando así culminar esta etapa de mi vida.

Agradezco también la confianza y el apoyo de los docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental que gracias a sus sabios consejos evaluaron mis faltas y celebraron mis triunfos.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTOS	v
ÍNDICE DE TABLAS	xii
ÍNDICE DE FIGURAS	xiii
ÍNDICE DE ANEXOS	xvi
RESUMEN	xvii
ABSTRACT	xviii
SÍMBOLOS USADOS.....	xix
CAPÍTULO I	20
EL PROBLEMA.....	20
1.1. Planteamiento del problema.....	20
1.2. Justificación	22
1.3. Presuposición filosófica.....	23
1.4. Objetivos.....	24
Objetivo general	24
Objetivos específicos.....	25
CAPÍTULO II.....	26
REVISIÓN DE LA LITERATURA.....	26
2.1. Antecedentes.....	26

2.1.1. Antecedentes internacionales	26
2.1.2. Antecedentes nacionales.....	28
2.2. Revisión de la literatura.....	30
2.2.1. Ecosistema	30
2.2.2. Contaminación de ecosistemas	30
2.2.3. Ecosistema acuático:	31
2.2.4. Contaminación de los ecosistemas acuáticos	31
2.2.5. Biodiversidad acuática.....	31
2.2.6. Eliminación de biodiversidad acuática	32
2.2.7. Microorganismos acuáticos:	32
2.2.8. Bacterias en el agua:	32
2.2.9. Bacterias nitrificantes:	33
2.2.10. Clasificación de bacterias nitrificantes	33
2.2.11. Bacteria nitrosomona:.....	33
2.2.12. Bacterias nitrobacter:.....	34
2.2.13. Ciclo del nitrógeno:	35
2.2.14. Amoníaco (NH ₃):.....	35
2.2.15. Ion amonio (NH ₄ ⁺).....	36
2.2.16. Ion nitrito (NO ₂ ⁻):	37
2.2.17. Ion nitrato (NO ₃ ⁻).....	37
2.3. Marco situacional	37

2.4. Estándares de calidad del agua	39
CAPÍTULO III	40
MATERIALES Y MÉTODOS	40
3.1. Ámbito de la investigación	40
3.2. Diseño y tipo de investigación.....	40
3.3. Parámetros de la investigación	41
3.4. Población	41
3.6. Materiales y equipos	43
3.6.1. Materiales	43
3.6.2. Metodología.....	46
3.6.2.2. Parámetros fisicoquímicos en los tratamientos.	47
3.6.2.4. Cultivo de bacterias nitrificantes	47
3.6.2.5. Introducción de las bacterias nitrificantes	49
3.6.2.6. Nitrificación por bacterias nitrificantes	49
3.6.2.7. Análisis de ion amonio, ion nitrito e ion nitrato	50
3.6.2.8. Análisis estadístico	51
CAPÍTULO IV.....	53
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	53
4.1. Análisis de los resultados	53
4.1.1. Resultados del objetivo específico 1	54
4.1.1.1. Tratamiento 1 remoción del ion amonio.....	54

4.1.1.2. Tratamiento 2 remoción del ion amonio.....	55
4.1.1.3. Tratamiento 3 remoción del ion amonio.....	56
4.1.1.4. Tratamiento 4 remoción del ion amonio.....	56
4.1.1.5. Tratamiento 5 remoción del ion amonio.....	57
4.1.1.6. Tratamiento 6 remoción del ion amonio.....	58
4.1.1.7. Tratamiento 7 remoción del ion amonio.....	58
4.1.1.8. Tratamiento 8 remoción del ion amonio.....	59
4.1.1.9. Tratamiento 9 remoción del ion amonio.....	60
4.1.1.10. Patrón remoción del ion amonio.....	60
4.1.1.11. Remoción del ion amonio comparación de resultados	61
4.1.2. Resultados del objetivo específico 2	62
4.1.2.1. Tratamiento 1 remoción del ion nitrito.....	62
4.1.2.2. Tratamiento 2 remoción del ion nitrito.....	62
4.1.2.3. Tratamiento 3 remoción del ion nitrito.....	63
4.1.2.4. Tratamiento 4 remoción del ion nitrito.....	64
4.1.2.5. Tratamiento 5 remoción del ion nitrito.....	64
4.1.2.6. Tratamiento 6 remoción del ion nitrito.....	65
4.1.2.7. Tratamiento 7 remoción del ion nitrito.....	66
4.1.2.8. Tratamiento 8 remoción del ion nitrito.....	66
4.1.2.9. Tratamiento 9 remoción del ion nitrito.....	67
4.1.2.10. Patrón remoción del ion nitrito.....	68

4.1.2.11. Remoción del ion nitrito comparación de resultados	68
4.1.3. Resultados del objetivo específico 3	69
4.1.3.1. Tratamiento 1 remoción del ion nitrato	69
4.1.3.2. Tratamiento 2 remoción del ion nitrato	70
4.1.3.3. Tratamiento 3 remoción del ion nitrato	71
4.1.3.4. Tratamiento 4 remoción del ion nitrato	71
4.1.3.5. Tratamiento 5 remoción del ion nitrato	72
4.1.3.6. Tratamiento 6 remoción del ion nitrato	73
4.1.3.7. Tratamiento 7 remoción del ion nitrato	73
4.1.3.8. Tratamiento 8 remoción del ion nitrato	74
4.1.3.9. Tratamiento 9 remoción del ion nitrato	75
4.1.3.10. Patrón remoción del ion nitrato	75
4.1.3.11. Remoción del ion nitrato comparación de resultados.....	76
4.1.4. Resultados del ciclo del nitrógeno para cada tratamiento.	77
4.1.4.1. Comportamiento del ion amonio, ion nitrito e ion nitrato en el tratamiento 1	77
4.1.4.2. Comportamiento del ion amonio, ion nitrito e ion nitrato en el tratamiento 2.....	78
4.1.4.3. Comportamiento del ion amonio. Ion nitrito e ion nitrato en el tratamiento 3.....	79
4.1.4.4. Comportamiento del ion amonio, ion nitrito e ion nitrato en el tratamiento 4.....	80
4.1.4.5. Comportamiento del ion amonio, ion nitrito e ion nitrato en el tratamiento 5	81
4.1.4.6. Comportamiento del ion amonio, ion nitrito e ion nitrato en el tratamiento 6.....	82
4.1.4.7. Comportamiento del ion amonio, ion nitrito e ion nitrato en el tratamiento 7.....	83

4.1.4.8. Comportamiento del ion amonio, ion nitrito e ion nitrato en el tratamiento 8.....	84
4.1.4.9. Comportamiento del ion amonio, ion nitrito e ion nitrato en el tratamiento 9.....	85
4.1.4.10. Comportamiento del ion amonio, ion nitrito e ion nitrato en el patrón.....	86
4.2. Análisis estadístico	87
4.3. Discusión	90
CAPÍTULO V	92
CONCLUSION Y RECOMENDACIONES	92
5.1. Conclusión	92
5.2. Recomendaciones	93
REFERENCIAS	94
ANEXOS	104

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Parámetros de estudio	41
Tabla 2	Variación de temperatura y pH para los 9 tratamientos	43
Tabla 3	Materiales de tratamientos	44
Tabla 4	Materiales para el muestreo	44
Tabla 5	Materiales para análisis fisicoquímicos.	45
Tabla 6	Análisis de ion amonio, ion nitrito e ion nitrato	45
Tabla 7	Reacciones de los compuestos nitrogenados en sus procesos de nitrificación y des nitrificación.....	50
Tabla 8	Resultados y tipo de tratamiento empleado, inicial y final de la ejecución	87
Tabla 9	Resultado de análisis p valor	87

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Bacteria nitrosomona	34
Figura 2: Bacteria nitrobacter.....	34
Figura 3: Ciclo del nitrógeno en el agua.....	35
Figura 4 : Análisis de ion amonio tratamiento 1	54
Figura 5: Análisis de ion amonio tratamiento 2	55
Figura 6: Análisis de ion amonio tratamiento 3	56
Figura 7: Análisis de ion amonio tratamiento 4	56
Figura 8: Análisis de ion amonio tratamiento 5	57
Figura 9: Análisis de ion amonio tratamiento 6	58
Figura 10: Análisis de ion amonio tratamiento 7	58
Figura 11: Análisis de ion amonio tratamiento 8	59
Figura 12: Análisis de ion amonio tratamiento 9	60
Figura 13: Análisis de ion amonio patrón	60
Figura 14: Análisis de ion amonio.....	61
Figura 15: Análisis de ion nitrito tratamiento 1	62
Figura 16: Análisis de ion nitrito tratamiento 2	62
Figura 17: Análisis de ion nitrito tratamiento 3	63
Figura 18: Análisis de ion nitrito tratamiento 4	64
Figura 19: Análisis de ion nitrito tratamiento 5	64
Figura 20: Análisis de ion nitrito tratamiento 6	65
Figura 21: Análisis de ion nitrito tratamiento 7	66
Figura 22: Análisis de ion nitrito tratamiento 8	66
Figura 23: Análisis de ion nitrito tratamiento 9	67
Figura 24: Análisis de ion nitrito patrón.....	68

Figura 25: Análisis de ion nitrito	69
Figura 26: Análisis de ion nitrato tratamiento 1	69
Figura 27: Análisis de ion nitrato tratamiento 2	70
Figura 28: Análisis de ion nitrato tratamiento 3	71
Figura 29: Análisis de ion nitrato tratamiento 4	71
Figura 30: Análisis de ion nitrato tratamiento 5	72
Figura 31: Análisis de ion nitrato tratamiento 6	73
Figura 32: Análisis de ion nitrato tratamiento 7	73
Figura 33: Análisis de ion nitrato tratamiento 8	74
Figura 34: Análisis de ion nitrato tratamiento 9	75
Figura 35: Análisis de ion nitrato patron	75
Figura 36: Análisis de ion nitrato.....	76
Figura 37: Comportamiento del ion amonio, ion nitrito e ion nitrato en el tratamiento 1	77
Figura 38: Comportamiento del ion amonio, ion nitrito e ion nitrato en el tratamiento 2	78
Figura 39: Comportamiento del ion amonio, ion nitrito e ion nitrato en el tratamiento 3	79
Figura 40: Comportamiento del ion amonio, ion nitrito e ion nitrato en el tratamiento 4	80
Figura 41: Comportamiento del ion amonio, ion nitrito e ion nitrato en el tratamiento 5	81
Figura 42: Comportamiento del ion amonio, ion nitrito e ion nitrato en el tratamiento 6	82

Figura 43: Comportamiento del ion amonio, ion nitrito e ion nitrato en el tratamiento 7	83
Figura 44: Comportamiento del ion amonio, ion nitrito e ion nitrato en el tratamiento 8	84
Figura 45: Comportamiento del ion amonio, ion nitrito e ion nitrato en el tratamiento 9	85
Figura 46: Comportamiento del ion amonio, ion nitrito e ion nitrato en el patrón	86
Figura 47: Resultados diseño factorial ion amonio y factores de temperatura y pH..	88
Figura 48: Resultados diseño factorial ion nitrito y factores de temperatura y pH....	89
Figura 49: Resultados diseño factorial ion nitrito y factores de temperatura y pH....	90

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Fichas técnicas de los materiales y productos a utilizar	104
Anexo 2: Panel fotográfico.....	110

RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue determinar la eficiencia de las bacterias nitrosomonas y nitrobacter en cuanto a la remoción de las concentraciones de ion amonio, ion nitrito e ion nitrato, se realizaron 9 tratamientos de 50 litros con variación en dos parámetros fisicoquímicos, temperatura (5°C, 10°C y 15°C) y pH (6, 8 y 10) adecuados a la muestra de agua del río Torococha, así mismo se introdujo bacterias nitrosomonas y nitrobacter a modo de retroalimentación, se realizó un análisis inicial y un análisis final de las concentraciones de ion amonio, ion nitrito e ion nitrato en el laboratorio de la Universidad Peruana Unión y en periodos de 7 días por el transcurso de tres meses de ejecución con un kit multiparámetro, el diseño estadístico utilizado fue el factorial 3^2 con 9 tratamientos y 324 unidades experimentales, la mayor eficiencia de los microorganismos es en el tratamiento 7 con concentraciones iniciales de 3.7 mg/L de ion amonio, 1.2 mg/L de ion nitrito y 30 mg/L de ion nitrato a 0.05 mg/L de ion amonio, 0.1mg/L de ion nitrito y 71.32mg/L de ion nitrato, llegando a la conclusión que las bacterias nitrosomonas y nitrobacter a una temperatura de 15 °C y pH 6 ligeramente ácido, remueven más concentraciones de ion amonio, ion nitrito e ion nitrato

Palabras clave: bacteria nitrobacter, bacteria nitrosomona, ion amonio, ion nitrato e ion nitrito.

ABSTRACT

The report presents the efficiency of nitrosoma and nitrobacter for ammonia, nitrate and nitrite removal. It has been done 9 experimental designs of 50 l each, varying the temperature and pH, such were adequate to river Torococha characteristics. Both bacterial were applied for feedback in each design; measuring the parameters at the beginning and the end evaluation, in the laboratory of chemistry at Universidad Peruana Union, weekly during three months using a Hagen kit. The results show that nitrosomonas and nitrobacter are efficient to remove and to stabilize ammonia, nitrate and nitrite concentrations, specially working at 15 °C and a pH of 6.

Keywords: nitrobacter, nitrosomona, ammonia, nitrate, nitrite.

SÍMBOLOS USADOS

FAO: Programa de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación

UNESCO: Organización de las Naciones Unidas para la Educación, Ciencia y la Cultura

pH: Potenciómetro de hidrogeno

°C: Grados Celsius

NH₃: Amoniac

NH₄⁺: Ion Amonio

NO₂⁻: Ion Nitrito

NO₃⁻: Ion Nitrato

UPeU: Universidad Peruana Unión

ECA: Estándares de Calidad de Agua

DS: Decreto Supremo

N₂: Nitrógeno atmosférico

AMO: Amonio Mono Oxigenasa

Nxr: Nitrito Oxidoreductasa

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1. Planteamiento del problema

Es un problema ambiental la contaminación generada por el hombre en los cuerpos de agua, el Programa de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. FAO (2013) describe: “La intensidad de la contaminación y degradación de los ríos y lagos como respuesta a contaminantes, entre ellos la materia orgánica que degrada la calidad del agua afecta la biota existente, sin embargo, su informe considera el control del contaminante en los efluentes domésticos antes de ingresar al cuerpo de agua, para evitar la pérdida de los recursos naturales” (p.18).

La Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura UNESCO (2016) hace mención: “A la contaminación en América Latina, África y Asia como responsables de la salud de los ecosistemas acuáticos, así mismo, adopta alternativas de rehabilitación que eviten el aumento de materia orgánica que posteriormente se degrada en compuestos nitrogenados, con el objetivo de restaurar los ecosistemas degradados protegiendo los recursos naturales presentes en los cuerpos de agua” (p.26).

Latinoamérica presenta el problema de contaminación por diversas actividades antrópicas, las cuales afectan directamente a los seres vivos presentes en los cuerpos de agua, la presencia de contaminantes como compuestos nitrogenados en el agua llegan a ser eliminados por una característica natural del agua denominada autodepuración, sin embargo,

la excesiva contaminación generada por las actividades humanas concentran contaminantes hasta una imposible autodepuración (Larios & otros, 2015, p.32).

La degradación de la calidad de agua y la pérdida de diversidad biológica es responsabilidad de grandes ciudades que generan aguas residuales, las que contaminan directa e indirectamente los ríos con alta carga de compuestos nitrogenados. Ortega y otros (2012) resaltan: “Que los ríos son desafortunadamente utilizados como sitios de descarga de aguas servidas humanas sin tratamiento, estos ríos albergan una gran cantidad de vida existente que altera parámetros de ion amonio, ion nitrito e ion nitrato” (p.13).

En la Región de Puno, Flores (2013) afirma que: “Los ríos están altamente contaminados y presentan alteraciones en la flora y fauna del cuerpo de agua debido a la introducción de contaminantes por compuestos nitrogenados, ocasionando que estas aguas no desarrollan un sistema de restauración, las propiedades fisicoquímicas del agua concluyen a la eliminación de la flora y fauna presente en los cuerpos de agua” (p.22).

Lobato (2013) indica: “Que la presencia de viviendas cercanas al río Torococha alteran una infinidad de parámetros y calidad del agua, en los resultados de sus análisis fisicoquímicos y microbiológicos resalta la existencia de materia orgánica y compuestos nitrogenados, asimismo, menciona la presencia de ion amonio y fosfato causantes de la eutrofización en ciertas zonas de los cuerpos de agua” (p.13).

Apaza (2014) informa: “El seguimiento y la identificación del origen de la contaminación de los ríos, mencionando actos como: derrames inadvertidos y accidentales hasta descargas toxicas con intenciones delictivas, concluyendo que las aguas servidas que se evacuan al río a través de conexiones clandestinas de tuberías de desagüe afectan la presencia de compuestos nitrogenados en exceso en el cuerpo de agua” (p.13).

Los compuestos nitrogenados en el agua son identificados como los principales contaminantes de los cuerpos de agua, Cárdenas y Sánchez (2013) indicaron: “Que un tratamiento tiene como principal objetivo remover los compuestos nitrogenados, debido a las altas consecuencias ambientales de su presencia en el recurso hídrico, tales como pueden ser el aumento de la acidez, eutrofización y toxicidad de los ecosistemas acuáticos que afectan la sobrevivencia, crecimiento y capacidad reproductiva de algunas especies”(p.2).

Existen seres vivos, capaces de ayudar en la remoción de compuestos nitrogenados en un cuerpo de agua de manera natural sin alterar otros parámetros fisicoquímicos, se hace mención a las bacterias nitrificantes, que son microorganismos encargados de la disminución de compuestos nitrogenados en el agua mediante el proceso de nitrificación y desnitrificación, así mismo Suarez (2007) identificó: “A las bacterias nitrosomonas y bacterias nitrobacter como los principales actores en la disminución de ion amonio, ion nitrito e ion nitrato, resaltando que gracias a estos microorganismos es posible completar el ciclo del nitrógeno en el agua” (p.2).

El río Torococha presenta altos niveles de contaminación, la presencia de materia orgánica que posteriormente se transforma en ion amonio, ion nitrito e ion nitrato para posteriormente ser expulsados como nitrógeno atmosférico, sin embargo, la ausencia de microorganismos capaces de completar este ciclo son el principal problema de la acumulación de estos parámetros. La introducción de los microorganismos adaptados a los parámetros básicos nos ayudara a completar el ciclo del nitrógeno en el agua.

1.2. Justificación

Las conservaciones de los ecosistemas acuáticos son importantes para el medio ambiente es por eso que, Sánchez y otros (2007, p.51), resaltan la importancia de los procesos ecológicos y utilidad de estos mismos.

Según Escobar (2002) afirma que los ríos han estado ligados íntimamente a la humanidad como abastecimiento para consumo humano y para regadío, se denomina a los ríos como las venas del planeta tierra y lleva consigo contaminantes introducidos por la mano del hombre a cuerpos más grandes de agua afectando el desarrollo y equilibrio de muchos ecosistemas a nivel mundial” (p.7).

La degradación de un río por contaminación de aguas residuales causa la destrucción completa del ecosistema convirtiéndola en un río muerto así reitera Gómez (2014, p.1), en un estudio de caso al río Torococha que lo denomina río muerto de la ciudad de Juliaca debido a la gran concentración de contaminantes por efluentes domésticos.

Este trabajo de investigación se justifica por que permitirá determinar la eficiencia de remoción de las bacterias nitrosomonas y nitrobacter frente a las concentraciones presentes en el agua, debido a que la disminución de los componentes nitrogenados en el agua estabiliza los ciclos biológicos en el mismo, mejorando y conservando la calidad de vida de las especies acuáticas, así mismo fortaleciendo la estabilidad y prosperidad de nuestros recursos naturales presentes en el cuerpo de agua.

Este tratamiento servirá como antecedente para poder ser considerada como método de tratamiento alternativo en el tratamiento del río Torococha de la Ciudad de Juliaca, debido a que no cuenta con un sistema de tratamiento frente a la contaminación que presenta lo que ocasionando su insuficiencia de albergar vida acuática.

1.3. Presuposición filosófica

La creación de Dios en un principio fue un equilibrio completo entre el hombre y la naturaleza en Génesis 1: 28 Dios bendijo al hombre y dijo lo siguiente; sean fructíferos y háganse muchos y llenen la tierra y sojúzguenla y tengan en sujeción los peces del mar y las criaturas voladoras de los cielos y toda criatura viviente que se mueve.

Fue cuando Dios había terminado la creación y existía la paz entre todo lo creado y todo era bueno, en el versículo 29 del capítulo 1 del libro de Génesis en adelante Dios dijo: miren les he dado toda vegetación que da semilla que esta sobre la superficie de toda la tierra y todo árbol en el cual hay fruto que da semilla que les sirva de alimento y toda bestia salvaje de la tierra en que hay vida como alma he dado toda vegetación verde para alimento.

Así fue en ese entonces cuando Dios vio lo que había creado y dijo que era bueno, esto fue la tarde y la mañana del sexto día, Dios entregó la tierra al hombre para cuidar de ella y respetarla, sin embargo, el planeta cada vez decae en contaminación por el desarrollo del hombre por busca de la verdad y el poder.

Este trabajo tendrá como resultado la alternativa de restauración de un río contaminado y decaído por la mano del hombre en su desarrollo y crecimiento territorial, lograr restaurar el río ayudará a conservar y respetar gran parte del planeta que Dios nos encomendó que cuidemos, así mismo, posteriormente esta tecnología biológica podrá ser empleada para la restauración de muchos cuerpos de agua contaminados por la mano del hombre.

Los cuerpos de agua albergan mucha vida que debe ser respetada y cuidada por el hombre con el presente proyecto se podrá restaurar un cuerpo de agua actualmente denominado el río muerto en la ciudad de Juliaca ayudando a concientizar a la población y sensibilizar sus hogares.

1.4. Objetivos

Objetivo general

Determinar la eficiencia de las bacterias nitrosomonas y nitrobacter en la remoción de la concentración de ion amonio, ion nitrito e ion nitrato en agua del río Torococha a distintos niveles de pH y temperatura.

Objetivos específicos

Especificar la eficiencia de las bacterias nitrosomonas en la remoción de la concentración de ion amonio en agua del río Torococha a distintos niveles de pH y temperatura.

Establecer la eficiencia de las bacterias nitrobacter en la influencia de la concentración de ion nitrito, en agua del río Torococha a distintos niveles de pH y temperatura.

Evaluar la eficiencia de las bacterias nitrosomonas y bacterías nitrobacter en la influencia de la concentración de ion nitrato, en agua del río Torococha a distintos niveles de pH y temperatura.

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LA LITERATURA

2.1. Antecedentes

2.1.1. Antecedentes internacionales

El trabajo de tesis de Correa (1996) menciona: “Determinación de las constantes cinéticas de nitrificación en un agua residual mixta, describe el agua residual decantada de cada reactor que se colecto en recipientes de plástico y posteriormente realizó su caracterización de donde se concluye con lo siguiente: El reactor biológico diseñado para la remoción de nitrógeno, se alimentó con bombas de recirculación en los tratamientos empleados con distintas capacidades de almacenamiento mientras más amplio era el recipiente del reactor y albergue más capacidad se considera la fase de nitrificación y des nitrificación por separado, para lograr una nitrificación más completa de los iones nitritos, aparentemente se requieren tiempos de retención hidráulicos y/o celulares mayores de 4 a 6 días. Se llega a la conclusión de que si se espera una remoción de nitrógeno en una proporción más eficiente se tiene que retener el agua muestreada el tiempo que sea posible en la cepa bacteriana este caso o en el bio filtro” (p.21).

El trabajo de tesis de Claros (2012), Estudio del proceso de nitrificación y des nitrificación vía nitrito para el tratamiento biológico de corrientes de agua residual con alta carga de nitrógeno amoniacal, describe las necesidades de implantar tecnologías para prevenir, mitigar, corregir y compensar los problemas ambientales de origen antropogénico.

El objetivo principal de la investigación es el estudio a escala de laboratorio del proceso de eliminación de nitrógeno vía nitrito para eliminar el ion amonio de la corriente del sobrenadante mediante la digestión anaerobia, dividido en 5 etapas por un periodo de 80 días. Durante la primera etapa el ion amonio de la corriente afluyente es oxidado rápidamente a ion nitrito, este fue considerablemente ajustado a 7.8 pH. En la etapa 2 del proceso la concentración de ion amonio en la corriente del afluyente se incrementa, el pH se mantuvo estable, la concentración de ion nitrito comenzó a descender, el porcentaje de oxidación del ion amonio alcanzo el 37%. En la tercera etapa se aumentó la temperatura progresivamente, para acelerar el proceso de nitrificación, donde la oxidación de ion amonio no supero el 20 %, llegando a la conclusión de que la variación de temperatura ayuda a los microorganismos en su reproducción, sin embargo, también desintegra la materia orgánica presente aumentando el nivel de nitrógeno amoniacal. En la cuarta etapa se disminuyó la alcalinidad del agua, el proceso evoluciono favorablemente y para el día 55 alcanzo un rendimiento de oxidación de ion amonio a ion nitrito del 50 % denominando así a este proceso la nitrificación parcial, llegando a la conclusión de que los microorganismos al reducir el valor de pH la eficiencia del proceso acelera sin embargo la alteración del pH respecto a la materia orgánica no aumenta ni disminuye. Para la quinta etapa, una vez lograda la nitrificación parcial se conservó los valores de acondicionamiento y se produjo una disminución de nitrógeno amoniacal llegando a la conclusión de que el acondicionamiento del agua es un factor primordial para el desempeño de los microorganismos (pág. 7).

El trabajo de tesis de Rodríguez (2011), Eliminación biológica de nitrógeno de un efluente con alta carga orgánica y amoniacal, describe la utilización de un reactor biológico con membranas de ultra filtración y un reactor anóxico, el biofiltro cuenta con una bomba de aire y la unidad anóxica con un agitador vertical, estas unidades fueron alimentadas con

agua residual de la industria harinas de carne. En los resultados obtenidos se presentaron la eliminación del 97% de la materia carbonosa y un 58% para el nitrógeno amoniacal, llegando a la conclusión de que los factores independientes como la temperatura, oxígeno disuelto, pH, la demanda bioquímica de oxígeno y el ion amonio forman parte primordial de la planta piloto diseñada para el proceso de nitrificación y des nitrificación. El rendimiento en cuanto a la remoción de ion amonio se considera bueno a través del tiempo y la estabilidad lograda comenzando en un 17% hasta un 98% por un proceso de 8 meses considerando que la carga orgánica se encontraba por encima de los límites permisibles (pág. 5).

2.1.2. Antecedentes nacionales

El trabajo de tesis de Dioses (2017), Consorcios bacterianos nitrificantes inmovilizados en filtros de desechos agrícolas, como biorremediadores para cultivos de *Litopenaeus vannamei*, en agua dulce, describe los problemas identificados en sistemas de acuicultura, mencionando el deterioro de las aguas por la acumulación de cargas nitrogenadas originadas por efluentes ingresantes sin tratamiento, las cuales son perjudiciales y hasta mortales para la población en crianza, con el fin de combatir este problema, se realizó un sistema de biorremediación continuo utilizando bacterias nitrificantes para remover los compuestos nitrogenados. El diseño de los biofiltros consistió en la implementación de sustrato a base de productos como maíz y caña, estos sustratos fueron recubiertos y alimentados con bacterias nitrificantes a modo de cepa de cultivo, los ensayos se realizaron en recipientes de plástico los cuales son aireados constantemente con difusores de aire con el objetivo de no dejar el agua estática, en sus resultados informa de los procesos de transformación del nitrógeno involucrados con los microorganismos mediante procesos metabólicos como la nitrificación y des nitrificación, llegando a la conclusión de que las 4 combinaciones de consorcio de bacterias nitrificantes inmovilizadas prueban un gran potencial nitrificantes, se comprobó a base de análisis de ion amonio e ion

nitrito la disminución de estos contaminantes presentes en las 4 distintas velocidades empleadas de biodegradación (pág. 6).

El trabajo de tesis presentado por Sotomayor (2016), análisis de la dinámica del oxígeno y el amonio en un sistema de recirculación con agua de mar para el cultivo experimental en peces, describe los sistemas de recirculación de agua como herramienta importante para la calidad del agua, con el fin de remover el amonio y aumentar el oxígeno, considerando a estos parámetros importantes y limitantes en la producción de especies acuáticas, para la recirculación se consideró el diseño de un biofiltro. En la investigación se plantea una óptima eficiencia del biofiltro, citando a Kir (2009), quien determina el ciclo de remoción de ion amonio en los biofiltros mediante el siguiente análisis; la cantidad de remoción de nitrógeno se define como el porcentaje de nitrógeno amoniacal total que se reduce después de pasar a través del biofiltro, calculado de con la siguiente formula;
$$\text{Nitrógeno Residual} = \frac{(\text{Nitrógeno Amoniacal Total}_{\text{Inicial}} - \text{Nitrógeno Amoniacal Total}_{\text{final}})}{\text{Nitrógeno Amoniacal Total}_{\text{Inicial}}} * 100$$
 donde se obtuvo como resultados las concentraciones de nitrógeno amoniacal total y el amonio no ionizado llegando a la conclusión de que los valores propicios se encontraban debajo de los límites críticos para la crianza de especies, el resultados de los biofiltros en remoción de nitrógeno es entre 12.93 % y 55.23% según la ecuación empleada (pág. 7).

Trabajo de tesis presentado por Mollapaza T. (2017) evaluación de las vías de transformación de los compuestos nitrogenados en dos sistemas cerrados de cultivo de Paiche *Arapaima Gigas*, utiliza el sistema de recirculación y un sistema de tecnología bioflocs, bajo las mismas condiciones con una duración de 52 días, analizando el nitrógeno amoniacal total, ion nitrito e ion nitrato, ambos sistemas contaron con un crecimiento bacteriano heterótrofas, llegando a la conclusión que el sistema de recirculación fue el mejor en cuanto a cultivo y disminución del nitrógeno en la biomasa de los peces (41.2%) sin

embargo el sistema de tecnología bioflocs solo removió un (28.2) así mismo se concluye que el sistema de recirculación estuvo regida por la nitrificación bacteriana, por otro lado el otro sistema solo inmovilizo el nitrógeno exponiendo así a los peces a un contacto directo en actividades naturales como son la alimentación o el deslizamiento (pág. 11).

2.2. Revisión de la literatura

2.2.1. Ecosistema

Los ecosistemas están conformados por elementos vivos y no vivos en la naturaleza entre los vivos son las plantas, los animales, los hongos, las bacterias y los protistas mientras que en los no vivos comprende las rocas, el aire, las sales minerales y el agua, son un sistema abierto que está conformado por comunidades vivas y los elementos abióticos dentro del cual existe movimiento de materia y energía.

Valverde y otros (2005) mencionan: “A los ecosistemas como espacios en completo equilibrio capaces de procrear vida de distintas especies según este ubicado dicho ecosistema, sin embargo, los ecosistemas pueden contemplar variedades de recursos naturales que pueden ser aprovechadas por el hombre para su desarrollo económico social, desequilibrando el ciclo ecológico que cumple dicho ecosistema” (p.104).

2.2.2. Contaminación de ecosistemas

Solís y López (2003) Denominan: “Contaminación de ecosistemas a la presencia de cualquier agente físico, químico o biológico, tales que sean o puedan ser, perjudiciales para la vida vegetal o animal, originando la degradación de los principales factores ambientales como son la calidad del aire, la calidad de suelo y la calidad del agua que impidan el uso normal de las propiedades, asimismo la contaminación de ecosistemas es también la incorporación a los cuerpos receptores de sustancias sólidas, líquidas o gaseosas, o mezclas de ellas, siempre que alteren desfavorablemente las condiciones naturales del mismo” (p.56).

2.2.3. Ecosistema acuático:

Se define como ecosistema acuático al resultado de la interacción entre el agua, la atmosfera, la tierra y los organismos vivos que dependen mucho del clima para muchas formas de vida, a partir de la vida acuática es que se da el mantenimiento de todo tipo de vida en nuestro planeta, no ocurre algún proceso metabólico sin la acción directa o indirecta del agua según Pérez y Ramírez (2008) incluye: “Los procesos de biocenosis, los ecosistemas acuáticos son una gran incógnita para los humanos ya que muchos cuerpos de agua de gran tamaño no son conocidos en su totalidad la preservación de las especies acuáticas es de gran importancia” (p.15).

2.2.4. Contaminación de los ecosistemas acuáticos

Los ecosistemas acuáticos tienden a ser más susceptibles a la contaminación presente debido a su constante movimiento y relación con el medio exterior, Pinilla (1998, p.13), define la contaminación del agua como “la acción y el efecto de reducir materias o introducir condiciones en el agua de modo directo o indirecto, alterando perjudicialmente su calidad en relación con los usos posteriores o con su función ecológica”, interviniendo así los indicadores biológicos para los estudios y prevenciones de pérdida de biota en masa.

2.2.5. Biodiversidad acuática

La biodiversidad existente en el agua da lugar a la presencia de vida acuática como lo define Granado (2000) sostiene: “Desde el funcionamiento de los ríos como ecosistemas que se someten a cambios debido a factores estacionales relacionados con el clima del área biogeográfica donde se encuentran normalmente la biota utiliza las zonas de inundación en relación a su tiempo duración y tasa de ascenso y descenso a nivel del rio, estos cambios de factores constantes establecen y fortalecen la biodiversidad así también estableciendo algunas especies para determinado lugar ampliando la biota acuática y reestableciendo

mediante la adaptación a cualquier otra especie que es introducida por el movimiento de las aguas” (p.238).

2.2.6. Eliminación de biodiversidad acuática

La pérdida de biodiversidad o de seres vivos que durante siglos se han mantenido en equilibrio ecológico se da por la contaminación del cuerpo de agua, según Ponce (2001) comenta: “La diversidad de los seres vivos es un factor determinante del ciclo total de la materia, del clima y de los recursos renovables. Cuando las fuentes de agua están contaminadas por cualquier elemento debe pasar por un proceso de tratamiento para cualquier actividad en la que se pueda emplear este recurso, también para la vida de las especies acuáticas ya que las especies acuáticas necesitan un ecosistema en buen estado” (p.121).

2.2.7. Microorganismos acuáticos:

Los microorganismos presentes en el agua son indispensables para la vida en el agua y un desarrollo equilibrado, Marín (2003) hace su referencia a la mayoría de los seres vivos microscópicos o de muy pequeño tamaño cuyo ambiente es el medio hídrico, la microbiología de las aguas se ocupa de las relaciones que mantienen los microorganismos con su medio ambiente y con los demás organismos presentes, aquellos microorganismos más numerosos que encontramos son las bacterias, hongos, protozoos, algas y virus” (p.74).

2.2.8. Bacterias en el agua:

Las bacterias que se encuentran en el agua pueden agruparse en tres clases Roldan & Ramírez (2008) afirma que: “Las bacterias naturales del suelo, bacterias intestinales y las bacterias naturales en el agua, son microorganismos unicelulares numerosos en la naturaleza y se les encuentra en todos los sitios, actualmente se conocen aproximadamente 1600 especies de las cuales la mayoría son saprofitas por lo cual llevan a cabo importantes

funciones en la eliminación de residuos vegetales, animales, industriales y contaminantes del ambiente, las bacterias de tema de estudio son las bacterias de ambiente acuático” (p.373).

2.2.9. Bacterias nitrificantes:

El grupo de bacterias a utilizar en la aplicación de este estudio son las bacterias nitrificantes que Stanier (1992) afirma: “En su libro algunos datos circunstanciales que indican la oxidación del amoníaco a ion nitrato en ambientes naturales siendo este un proceso microbiano sin embargo numerosos intentos para aislar el agente causal valiéndose de medios de cultivo convencionales fracasaron rotundamente” (p.411).

2.2.10. Clasificación de bacterias nitrificantes

Estas bacterias nitrificantes en su proceso de des nitrificación cuenta con la participación de 2 tipos de clasificación Ingraham (1998) mencionó: “Y fué el primero que aisló algunos de los microorganismos entre estos las nitrosomonas que intervienen específicamente en el proceso de oxidación de amoníaco a ion nitrito y las nitrobacter que están presentes en la oxidación del ion nitrito a ion nitrato como una de las etapas de producción de energía, como características principales de esta bacteria son cocos grandes” (p.716).

2.2.11. Bacteria nitrosomona:

Las bacterias nitrosomonas son aquellas bacterias que intervienen en la oxidación del ion amonio a ion nitrito Domene y Rodriguez (2010) sostienen que: “Las bacterias nitrosomonas prefieren un pH de 6 a 9 y una temperatura entre 20 a 30 °C, la bacteria tiene membranas de generación de energía que forman tubos largos y delgados dentro de la célula, los electrones hacen uso de la oxidación del amoníaco para producir energía , así mismo se han descrito a las bacterias capaces de realizar la transformación de compuestos

nitrogenados, de la misma manera resaltan que las bacterias nitrosomonas cuentan con membrana interna agrupadas en vesículas aplastadas periféricas y forma alargada como se puede observar en la figura 1. (p.21).

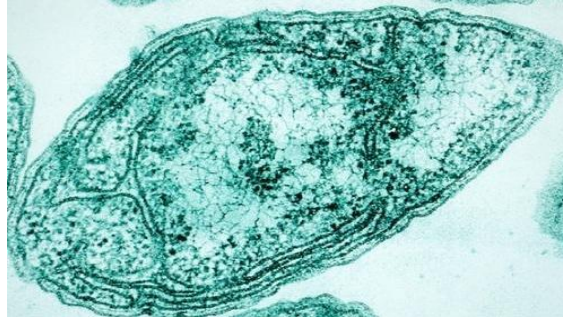


Figura 1: *Bacteria nitrosomona*

2.2.12. Bacterias nitrobacter:

(Perez & Giménez (1997) afirman: “Los nitrobacter son aquellas bacterias que intervienen en la oxidación de ion nitrito a ion nitrato perteneciente al grupo nitro la cual es la especie más estudiada, la reacción que cumple esta bacteria es catalizadora por un ion nitrito reduciendo así el ion nitrato anaeróbicamente sus características principales son bacilos cortos con una motilidad positiva y negativa que habitan en aguas dulces y saladas” (p.274), ver figura 2.

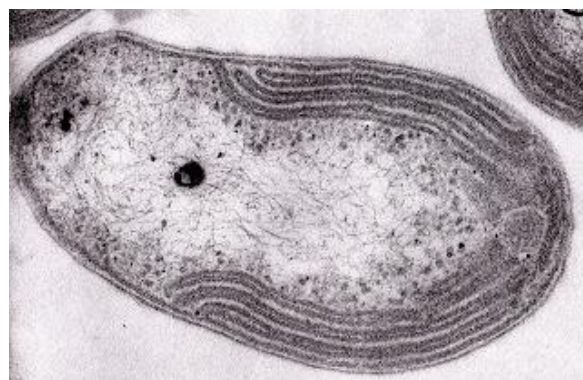


Figura 2: *Bacteria nitrobacter*

2.2.13. Ciclo del nitrógeno:

El ciclo del nitrógeno comprende desde la introducción de nitrógeno en el agua o la producción de esta en forma de amoníaco (NH_3), Sanford (1994) indican que: “El ciclo del nitrógeno se desarrolla en cualquier cuerpo de agua. Durante este ciclo, los productos de desecho de los organismos acuáticos, que son tóxicos para la vida acuática, se convierten en ion nitrato inocuo que luego son aprovechados por las plantas” P.14). ver figura 3.

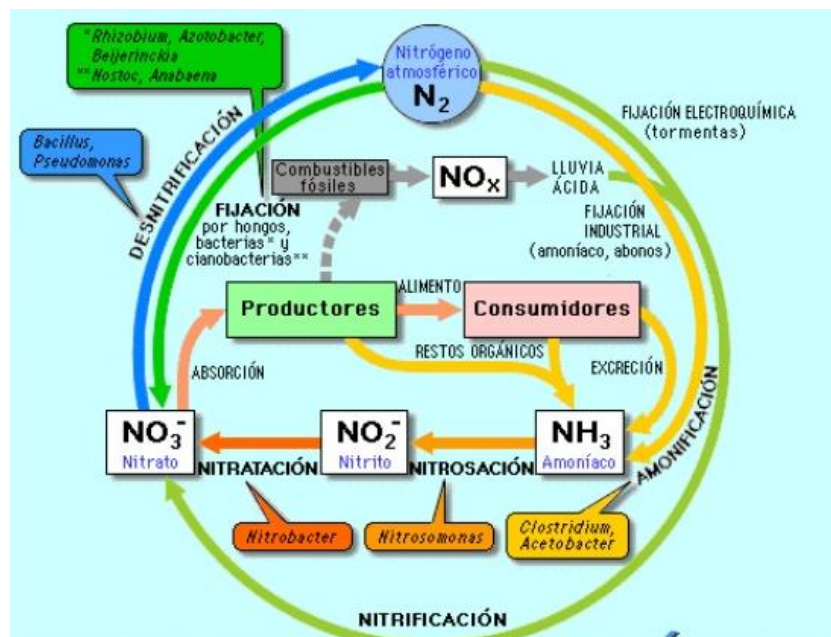


Figura 3: Ciclo del nitrógeno en el agua

2.2.14. Amoníaco (NH_3):

El amoníaco presente en el agua es un ion amonio, el contaminante nitrogenado que se encuentra con mayor frecuencia en el agua ya que además de ser un producto natural es un producto industrial clave, según Jiménez (2001) menciona: “El amoníaco NH_3 se presentan en forma natural en aguas superficiales y residuales, en acuíferos en algunas potabilizadoras se añade este contaminante para la formación de cloraminas y poder realizar desinfección tiene un papel importante, sin embargo su presencia en un cuerpo de agua que contenga vida en desarrollo es mortal ya que es altamente tóxico” (p.68).

Campbell y Reece (2007) indican que: “El amoniaco es muy soluble pero solo se tolera en concentraciones muy bajas, los animales que excretan desechos nitrogenados en forma de amoniaco deben acceder a grandes cantidades de agua por tanto la excreción de amoniaco es más común en las especies acuáticas, las moléculas de ion amonio pasan con facilidad a través de las membranas y se pierden rápidamente por la difusión en el agua que los rodea, en muchos invertebrados la liberación de amoniaco la liberación de amoniaco se produce a través de la membrana corporal en los peces la mayor parte de amoniaco se pierde en iones de amonio” (p.927).

2.2.15. Ion amonio (NH_4^+)

El ion amonio NH_4^+ es un indicador de impurificaciones del agua producidas por heces y productos en descomposición, Rosa y Rodríguez (1999) sostienen: “La significancia de la toxicología en un pequeño contenido de ion amonio que es igual a un estado no higiénico en el agua que se manifiesta en contenidos aumentados en bacterias fecales gérmenes patógenos etc. Sin embargo el ion amonio puede llegar al agua por diversos caminos cuyas causas desde el punto de vista de la higiene son menos peligrosas, confirmando la auto oxidación bacteriana del ion amonio a través del ion nitrito teniendo un lugar de forma relativamente rápida en las aguas superficiales y las aguas residuales tratadas conteniendo así nitrógeno en forma de ion nitrato por tanto las aguas superficiales que contengan NH_4^+ indica la llegada de agua residual, el ion amonio causa en los seres vivos acuáticos la irritación del sistema nervioso, en peces la destrucción de las branquias, se sabe que 0.2 mg/L de ion amonio traen como consecuencia aumento en la frecuencia respiratoria de los seres vivos acuáticos” (p.94).

2.2.16. Ion nitrito (NO_2^-):

Es de amplio interés según Castello (1993) menciona: “El ion nitrito NO_2^- es un compuesto tóxico para los peces ya que impiden su fijación del oxígeno por la hemoglobina, la hemocianina de los crustáceos se ve poco afectadas por la presencia de ion nitrito esta presencia de iones monovalentes como los cloruros o los bicarbonatos reducen en gran medida la toxicidad del ion nitrito porque el efecto tóxico de los mismos se ve atenuado en el agua, los niveles de ion nitrito superiores a 0.75 mg/L en el agua provocan estrés en los peces y una concentración mayor igual a 5 mg/L es letalmente tóxico” (p.309).

2.2.17. Ion nitrato (NO_3^-)

Andres (2016), menciona: “Al nitrato como anión e identifica su existencia en el agua incluso para el consumo humano es un indicador típico de contaminación el ion nitrato NO_3^- en el agua son consecuencia de una nitrificación del nitrógeno orgánico o proceden de la disolución de terrenos ricos en sales de nitratos que son atravesados en el agua, lo normal es que el ion nitrato procedan de contaminación orgánica del resto de abonos químicos, para determinar su capacidad de reducción se inocula el microorganismos en un caldo ion nitrato y luego de incubar se determina si hay ion nitrito al añadir ácido sulfanilico y naftilamina, los niveles de ion nitrato entre 0 y 40 mg/L son generalmente seguros para los peces, sin embargo, los valores superiores a 80 mg/L son tóxicos” (p. 93).

2.3. Marco situacional

El río Torococha es un cuerpo de agua que con el paso de tiempo y la expansión urbana en el distrito de Juliaca fue siendo contaminado por residuos sólidos y vertimiento de agua residual domestica sin tratamiento, Canaza y otros (1996) afirman que: “El río Torococha se encontraba lleno de vida con especies de peces, anfibios, invertebrados y variedades de algas, actualmente al río se le conoce como río muerto debido a la contaminación presente, la cantidad de contaminantes identificados en el río son causantes de la eliminación de la

biota, sin embargo en un seguimiento realizado se identificó organismos de menor orden y algas que habitan en el río entre estas tenemos pulgas de agua, insectos, musgo, lentejas de agua y valisnerias” (p.23).

Los trabajos elaborados en diagnóstico situacional del río Torococha indican su amplia contaminación en cuanto a la cantidad de materia orgánica en descomposición presente en el río, Canaza (1996) sostiene: “En su auditoría de medio ambiente explica el motivo de la contaminación del río, definen como el primer eslabón de la cadena a los habitantes de la zona y la despreocupación de los mismos por un tratamiento de los contaminantes, la mayoría de la población aledaña al río no cuenta con un saneamiento básico en sus viviendas recurriendo así a letrinas que desembocan directamente sin tratamiento en el río, se identificaron actividades como el uso de detergentes en el lavado de vestimentas que se introducen directamente al río, la presencia de auto lavados y cambio de aceites que desembocan en el río constantemente” (p.23).

Entendemos por crecimiento microbiano al aumento del número de microorganismos a lo largo del tiempo, por tanto nos referimos al crecimiento de un único microorganismo que denominaremos ciclo celular, Gordon (2001), denomina al ciclo celular el proceso de desarrollo de una bacteria aislada, a lo largo del ciclo tiene la replicación del material genético la síntesis de componentes celulares, la elongación de la bacteria para alcanzar un tamaño doble del inicial y su división por bipartición da lugar a dos células hijas, la duración de este ciclo celular coincide con el tiempo de generación y depende en general de los mismos factores, en el río actualmente existe un vacío o una desactivación de microorganismos beneficiosos para el río debido a la alta contaminación estos microorganismos no pueden cumplir su papel de restauración o completar un ciclo en este caso el ciclo del nitrógeno, la ausencia de estas bacterias provocó un desequilibrio natural

en la depuración del río acumulando grandes cantidades de ion amonio, ion nitrito y el ion nitrato que en cantidades altas son letalmente tóxicos para todas las especies acuáticas” (p.34).

En la declaración de impacto ambiental elaborada por el sector de medio ambiente de la empresa Ghandy Corporación de Ingenieros (2017) menciona los cambios de parámetros según las estaciones a través del recorrido del año, los meses con más temperatura son octubre, noviembre y diciembre con un promedio de temperatura máxima de 18 °C y una temperatura mínima de 5 °C, los meses más fríos son mayo, junio y julio con una temperatura máxima de 16 °C y una temperatura mínima de -5 °C, en cuanto a precipitación los meses de diciembre, enero, febrero y marzo tienen una probabilidad de más del 20 % de precipitación, en los meses de abril, mayo, junio, julio, agosto, setiembre, octubre y noviembre la probabilidad mínima de precipitación es de 1%.

2.4. Estándares de calidad del agua

Mediante Decreto Suprema D.S. N° 004-2017-MINAM, se establecieron los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua, con la finalidad de tener los niveles y/o concentraciones optimas y adecuadas para el agua en sus cuatro categorías, sin que estas signifiquen riesgo para las personas, fauna acuática o actividades que se realicen a base de este recurso. El D.S brinda los valores consolidados para los parámetros de ion amonio, ion nitrito, ion nitrato entre otros.

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ámbito de la investigación

El río Torococha está ubicado en la ciudad de Juliaca, Departamento de Puno- Perú, las cuencas del lugar Esquen y Chullunquiani como resultado de las aguas pluviales que discurre de las laderas acumula aguas que hace laguna lodosa de forma temporal que más adelante como desfogue de las aguas nace el río Torococha desembocando en el río Coata.

El desarrollo de la parte experimental de esta investigación se realizó en el Jr Patricio Quispe N° 361 distrito de Juliaca departamento de Puno bajo un seguimiento y control de los parámetros en los laboratorios de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la Universidad Peruana Unión Filial Juliaca.

3.2. Diseño y tipo de investigación

Diseño de investigación experimental, el proyecto de tesis consiste en adaptar los parámetros de temperatura y pH a valores promedios anuales registrados en el río Torococha, condiciones de agua direccionados al tratamiento de investigación.

Enfoque cuantitativo: las concentraciones a medir de ion amonio, ion nitrito e ion nitrato en el agua del río Torococha son en mg/L lo cual al tener un seguimiento semanal de los parámetros podemos cuantificar los resultados.

Línea de investigación: Biodiversidad y calidad ambiental 00408

3.3. Parámetros de la investigación

La investigación tiene como propósito el seguimiento de los parámetros del ion amonio, ion nitrito y el ion nitrato en el proceso de ejecución de 3 meses, los tratamientos ejecutados son sometidos a un control de temperatura y pH.

Tabla 1
Parámetros de estudio

Parámetro	Indicador	Unidad	Metodología
Ion amonio	Presencia de ion amonio en agua del río	mg/L	Indofenol modificado
Ion nitritos	Presencia de ion nitrito en agua del río	mg/L	Disociación modificado
Ion nitratos	Presencia de ion nitrato en agua del río	mg/L	Agente reductor
Nitrosomonas	Cultivo de bacterias	mg/ L	Cepas microbianas
Nitrobacter	Cultivo de bacterias	mg/ L	Cepas microbianas
Temperatura	Variación de temperatura	°C	Electrodo de cristal
pH	Potenciómetro de hidrogeno	Unidad de pH	Electrodo de cristal

3.4. Población

El río Torococha tiene como origen la comunidad de Esquen en los cerros de Chullunquiani, ingresa a la ciudad de Juliaca por la urbanización la Capilla, los Choferes, Bellavista a la altura del jr. Calixto Arestegui, este afluente recoge las aguas que bajan del cerro Santa Cruz, salida Arequipa y de las aguas de la prolongación Jaúregui, continua por la urb. Santa Maria, Santa Barbara y Laguna Temporal llegando al Jr. Nicolas Jarufe de ahí se recoge el afluente que proviene de la Av. Ferrocarril que tiene su origen en la Urb. Santa Adriana por un lado y por otro la Av. Jorge Chávez de la urb. Las Mercedes, llega hasta el centro comercial numero 3 pro el Jr. Lima, llegando al centro comercial numero 2 hasta el Jr. Nicolás Piérola hasta llegar al Jr. Túpac Amaru, llegando a la altura del Jr. Azángaro

donde recibe el canal que viene desde la Av. Circunvalación por el Jr. Raúl Porras, pasando por el Jr. Benigno Ballón de ahí llega a la altura del Jr. Pumacahua donde recoge las aguas servidas del Cayson de SEDA JULIACA así también recibe las aguas provenientes de la urb. La Rinconada y las aguas provenientes de la salida. Puno por el Jr. Cabana llegando hasta la Av. Circunvalación este.

El río Torococha tiene una longitud de 23.06 km con una cota en su origen de 3824.00 msnm y una cota en la parte baja de 3822.50 msnm la parte céntrica de la ciudad de Juliaca se encuentra canalizada de forma subterránea con asfalto desde el jr. Calixto Arestegui hasta el Jr. Pumacahua en la urb. San Isidro considerando una longitud de 3.05 km

3.5. Muestra

El punto de muestreo se consideró según el Protocolo de Técnicas de muestreo y Técnicas analíticas, donde impone que el punto de muestreo debe considerar el lugar inicial y el lugar final del área de estudio, así mismo el punto específico de muestreo a considerar fue el mismo para los 9 casos de estudio en variación de parámetros fisicoquímicos (temperatura y pH).

El punto de muestreo para la ejecución del proyecto, es en la salida Arequipa entre la Av Circunvalación con la Av César Vallejo, colindantes al Jr. Ayarauca y al Jr. Maita Cápac, se recolecto una muestra de 500 litros de agua del río Torococha

Los parámetros fisicoquímicos manipulados son la temperatura y el pH de acuerdo al patrón inicial que es el agua del río Torococha considerando 10 grados °C y un pH de 8.

La temperatura patrón es 10 °C en el cuerpo de agua de acuerdo a este resultado manipularemos 5 °C más y 5 °C menos considerando 5°C, 10°C y 15°C de temperatura como variable.

El pH patrón identificado es 8 pH en el cuerpo de agua de acuerdo a este resultado manipulamos 2 pH más y 2 pH menos considerando así 6pH, 8pH y 10pH como variable obteniendo así la siguiente tabla.

Tabla 2
Variación de temperatura y pH para los 9 casos de estudio.

Tratamiento	pH	Temperatura °C
1	6	5
2	8	5
3	10	5
4	6	10
5	8	10
6	10	10
7	6	15
8	8	15
9	10	15
0	N	N

Los 9 casos de estudios planteados según la variación de parámetros fisicoquímicos tienen el objetivo de evaluar la eficiencia de las bacterias a una variación posible del cuerpo de agua del río Torococha, sin embargo, se optó por el patrón donde no se le aplicaría ningún control de pH, temperatura y la introducción de bacterias a diferencia de los demás tratamientos.

3.6. Materiales y equipos

3.6.1. Materiales

Los materiales para los 9 tratamientos son urnas de vidrio que puedan contener 50 litros de agua muestreada, unas bombas de agua que ayuden con la recirculación del agua hacia las cepas de bacterias nitrosomonas y nitrobacter, los termostatos se calculan un watt por litro y para los tratamientos utilizamos termostatos de 50 watts para mantener la temperatura deseada.

Tabla 3
Materiales para los tratamientos

N°	Ítem	Cantidad	Especificación
1	Acuarios 50 x 30 x 40 cm	10	Los acuarios son diseñados para contener 50 litros de muestra del río Torococha
2	Bomba de agua capacidad 500 L/h	9	Las bombas de agua recirculan el agua de los acuario a las cepas de cultivo de bacterias nitrificantes logrando una retroalimentación constante
3	Termostatos 50 W.	9	Los termostatos ayudan a equilibrar la temperatura a un parámetro deseado por el motivo de estudio.
4	Cepas de bacterias nitrificantes 100 ml de bacterias	9	Las cepas de bacterias contienen materiales filtrantes entre estos manguera ruborizada, carbón activado y esponjas de retención
5	Material filtrante	9	100 gr de manguera ruborizada, 500 gr de carbón activado y 2 pares de esponjas
6	Conectores y manguera	9	La conexión se estableció entre la bomba del acuario y la cepa de bacterias ingresando por gravedad la retroalimentación

Los materiales a utilizar para el muestreo y el traslado del material de estudio consisten en el traslado de 500 litros de agua del punto de muestreo al lugar de ejecución ex situ, es necesaria la protección con implementos de seguridad para realizar el muestreo

Tabla 4
Materiales para el muestreo

N°	Ítem	Cantidad	Especificación
1	Recipiente de 150 L.	1	Se realizó 3 recorridos en cada uno se recolectó 150 litros de agua albergados en los recipientes
2	Transporte de las muestras	3	El transporte es por triplicado debido a la cantidad de muestra necesaria
3	Implementos de seguridad	3	Guantes, botas, barbijo y lentes de protección personal

Los materiales a utilizar para los análisis fisicoquímicos consisten en un seguimiento de una vez por semana, el análisis de temperatura y pH tiende a cambiar debido a las

reacciones en el agua de forma natural, para su estabilización es necesario la introducción de ácido clorhídrico e hidróxido de sodio hasta llegar al pH deseado.

Tabla 5
Materiales para análisis fisicoquímicos.

N°	Ítem	Cantidad	Especificación
1	pH metro	1	Los análisis de pH se realizaron una vez por semana verificando que no exista variación en el proceso de ejecución
2	Termómetro	9	Cada tratamiento contiene un termostato para verificar el parámetro de estudio aplicado
3	Ácido clorhídrico	1	500 ml de ácido para la estabilización de pH 6
4	Hidróxido de sodio	1	500 gr de hidróxido para la estabilización de pH 10

Los materiales a utilizar para los análisis de ion amonio, ion nitrito y el ion nitrato, con el fotómetro multi parámetro HANNA en los laboratorios de la Universidad Peruana Unión para el análisis inicial y el final y el kit HAGEN para el seguimiento semanal.

Tabla 6
Análisis de ion amonio, ion nitrito e ion nitrato

N°	Ítem	Cantidad	Especificación
1	Kit de análisis Hagen 10 parámetros	13	Kit HAGEN cuenta con análisis de Hierro, ion Nitrito, Calcio, ion Nitrato, pH, KH, GH, Fosfatos e ion Amonio
2	Fotómetro multi parámetro HANNA modelo HI 83214	2	Análisis inicial y final del proyecto para la validación de resultados con el kit HAGEN

3.6.2. Metodología

3.6.2.1. Análisis fisicoquímicos

En la recopilación de información y el análisis respectivo se utilizó los instrumentos de medición del laboratorio de microbiología y química de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Universidad Peruana Unión.

Los parámetros de influencia en las bacterias nitrificantes, como nuestra variable independiente, son la temperatura y el pH, según la recopilación de información se deduce que las bacterias nitrificantes son microorganismos activos, como todo ser vivo a mayor temperatura el metabolismo que realiza es acelerado, la temperatura influye en el desempeño de nitrificación y des nitrificación del ion amonio, ion nitrito e ion nitrato. A menor temperatura el proceso es lento según el marco situacional la ciudad de Juliaca presenta un promedio de temperatura de 10 C°.

El parámetro de pH es indispensable para el desarrollo de nitrificación y des nitrificación, según la recopilación de información en el marco teórico el agua no debe ser alcalina para que las bacterias nitrificantes puedan desarrollarse con normalidad con un rango de pH menor a 8.4 como máximo valor.

Temperatura: el análisis de temperatura se realizó mediante la metodología de lectura de termómetro analógico.

pH: el análisis de pH se realizó mediante la metodología de electrodo de Cristal utilizando el pH metro.

El procedimiento para el análisis de temperatura y pH es la introducción del electrodo de cristal en el agua directamente y dar lectura a los resultados obtenidos, este proceso se realizó en los 9 tratamientos.

El proceso de análisis físicos químicos se evaluó una vez por semana para tener un informe detallado de los cambios fisicoquímicos en el agua y cómo influyen a medida que varían en el desarrollo de nitrificación y des nitrificación de las bacterias nitrificantes.

3.6.2.2. Parámetros fisicoquímicos en los tratamientos.

La metodología para la adecuación de pH en los 9 tratamientos es la aplicación de un boofer en reducción de pH 6 utilizando ácido clorhídrico y un boofer en fijación de un pH 10 utilizando hidróxido de sodio, teniendo como pH 8 de muestra.

La metodología para la adecuación de la temperatura en sus 3 valores se realizó mediante la utilización de termostatos calibrados a la temperatura deseada, en nuestro caso de estudio 5 °C, 10 °C y 15 °C.

3.6.2.3. Adaptación fenotípica de las bacterias nitrificantes

Las bacterias nitrificantes del producto Aleman JBL contienen bacterias nitrosomonas y bacterias nitrobacter las cuales son trabajadas a una temperatura de 25 °C , sin embargo en la localidad de Juliaca se registran valores mínimos bajo 0 °C.

Para el proceso de adaptación se utilizó el método de adaptabilidad fisiológica o aclimatación que consiste en reproducir el microorganismo bajo los parámetros establecidos hasta alcanzar el parámetro de estudio.

Las bacterias nitrosomona y nitrobacter tuvieron un proceso de adaptabilidad de 6 meses, teniendo en cuenta su adaptabilidad de 25°C a 5°C variando en su curva de reproducción a un 50% estimado.

3.6.2.4. Cultivo de bacterias nitrificantes

La adaptación y la reproducción de bacterias nitrificantes naturalmente se dan debido a ciertos factores que influyen en su desarrollo como bien son la temperatura el oxígeno disuelto en el agua y el pH. Para ello el cultivo de las bacterias internamente debe considerar

estos parámetros apoyando así su fácil desarrollo y su óptima reproducción por cepas de cultivo.

La metodología de recapitulación es las placas Petri film método microbiano que consiste en una familia de placas listas para usarse a diseño de ahorrar tiempo, incremento de productividad, fiabilidad y eficiencia. Su diseño tiene una película rehidratante cubierta con nutrientes y agentes gelificantes, proporciona resultados en tres pasos inoculación incubación y recuento las placas Petri film están disponibles para la mayoría de las necesidades de pruebas microbiológicas incluyendo recuentos de aerobios recuento de coliformes recuento de E. Coli etc.

Básicamente este diseño de metodología implica el lugar adecuado o de residencia de la bacteria a reproducir, el diseño para nuestra aplicación consiste en un taper de polietileno que acumula un número de bacterias mayor a los de la placa Petri film, en cuanto a la alimentación, las bacterias nitrificantes necesitaron de materia orgánica para su alimentación ya que su principal función es la des nitrificación; el proceso se estimuló con una bomba de recirculación de agua alimentando constantemente a las bacterias sin exponer a la total contaminación se priorizará su reproducción y desarrollo para dicho objetivo, para observar los resultados de cambio experimental evaluamos los parámetro de ion amonio, ion nitrito e ion nitrato en el agua antes y después de su aplicación estimando así el desempeño bacteriano.

Mención de la metodología en la tesis de estudio comparativo en técnicas de recuento rápido en el mercado y placas Petri film 3m para el análisis según Alonso y Poveda, (2008) Bogotá facultad de ciencias.

3.6.2.5. Introducción de las bacterias nitrificantes

Para la introducción de las bacterias nitrificantes una vez realizados los cultivos en cada recipiente, pasaron a los 9 tratamientos en constante retro alimentación, el agua de muestra del río Torococha se fue alimentando de bacterias nitrificantes hasta la estabilización del agua en cuanto a los parámetros de ion amonio, ion nitrito y el ion nitrato.

3.6.2.6. Nitrificación por bacterias nitrificantes

Según el estudio de Claros (2012, p.41) El proceso de nitrificación y des nitrificación por bacterias nitrificantes es el siguiente:

Las especies microbianas involucradas en los procesos biológicos de depuración dependerán principalmente de las características del agua residual y del diseño y operación del proceso biológico. La mayoría de los microorganismos que se pueden encontrar en los fangos de un proceso de depuración pertenecientes al dominio Eubacteria, son los responsables del tratamiento biológico de las aguas en cuanto a la eliminación del nitrógeno.

El proceso de nitrificación involucra la oxidación constante del ion amonio a ion nitrito y posteriormente a ion nitrato y el proceso de des nitrificación donde participan organismos heterótrofos facultativos que llevan a cabo la reducción de ion nitrato a un compuesto nitrogenado gaseoso N_2 .

Los organismos amino oxidantes son responsables de la conversión del ion amonio a ion nitrito el primer paso para la reacción de nitrificación, el proceso de oxidación del ion amonio a ion nitrito se compone de dos reacciones catalizadas por dos enzimas diferentes, la enzima amonio mono oxigenasa AMO ubicada en la membrana bacteriana cataliza la transformación del ion amonio NH_4^+ a hidroxilamina NH_2OH mientras que la enzima hidroxilamina oxidoreductasa ubicada en la periplasma celular cataliza la conversión de la hidroxilamina a ion nitrito NO_2^- .

Los organismos nitroxidantes son los responsables de la conversión de ion nitrito a ion nitrato segundo paso de la reacción de nitrificación, esta reacción es catalizada por la enzima nitrito oxidoreductasa Nxr.

Los microorganismos des nitrificantes pueden utilizar compuestos nitrogenados como el ion nitrato NO_3^- como aceptores de electrones en su metabolismo respiratorio, el proceso de des nitrificación es generalmente considerado como un proceso anoxico aunque hay indicios de que este puede ocurrir en condiciones aerobias las des nitrificación a partir del ion nitrato integra 4 procesos de reducción secuenciales catalizados por diversas enzimas.

Tabla 7
Reacciones de los compuestos nitrogenados en sus procesos de nitrificación y des nitrificación

Proceso	Elementos	Reacción química
Nitrificación	Ion Amonio + bacterias nitrosomonas	$\text{NH}_4^+ + \text{O}_2 \rightarrow \text{NO}_2^- + 3\text{H}^+ + 2\text{e}^-$
Nitrificación	Ion Nitrito + bacterias nitrobacter	$\text{NO}_2^- + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{NO}_3^- + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^-$
Des nitrificación	Ion Nitrato + bacterias nitrosomonas y nitrobacter	$2\text{NO}_3^- + 10\text{e}^- + 12\text{H}^+ \rightarrow \text{N}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$

Fuente: *Diccionario de química*

URL: <https://books.google.com.pe/books?isbn=8489784728>

3.6.2.7. Análisis de ion amonio, ion nitrito e ion nitrato

Para el análisis de ion amonio, ion nitrito e ion nitrato se trabajó con el Kit de análisis Hagen que cuenta con análisis para 10 parámetros, el método de análisis es colorimétrico mediante las tablillas proporcionadas por el mismo kit que cuenta con análisis de ion nitrito, ion nitrato e ion amonio.

El análisis en las muestras de estudio sigue el siguiente proceso:

Se toma 5 ml de cada muestra en tubos de ensayo ya predeterminados por el kit y se introduce 2 gotas del reactivo 1 y 3 gotas del reactivo 2 para el análisis de ion amonio luego pasamos a comparar con la tablilla brindada por el kit anotando los resultados, el método utilizado para el análisis de ion amonio es por indofenol modificado, donde el ion amonio reacciona con el fenol e hipoclorito produciendo azul de indofenol.

Se toma 5 ml de cada muestra en tubos de ensayo ya predeterminados por el kit y se introduce 2 gotas del reactivo 1 y 3 gotas del reactivo 2 para el análisis de ion nitrito luego pasamos a comparar con la tablilla brindada por el kit anotando los resultados, mediante la metodología de disociación modificado donde el ion nitrito reacciona con el ácido 4-aminobencensulfónico.

Se toma 5 ml de cada muestra en tubos de ensayo ya predeterminados por el kit y se introduce 2 gotas del reactivo 1 y 3 gotas del reactivo 2 para el análisis de ion nitrato luego pasamos a comparar con la tablilla brindada por el kit anotando los resultados, la metodología empleada es por agente reductor donde se emplea para producir una coloración rojiza en presencia de ion nitrato.

3.6.2.8. Análisis estadístico

El método estadístico para la investigación es de diseño factorial en la comparación de los resultados para nuestros 9 tratamientos con variación en los parámetros de temperatura y pH.

El objetivo del análisis estadístico elaborado es la asimilación de resultados en su designación por el tratamiento más eficiente en cuanto a la influencia de ion amonio, ion nitrito e ion nitrato por medio de la aplicación de bacterias nitrosomonas y bacterias nitrobacter en su proceso de nitrificación y desnitrificación.

El resultado da a conocer el tratamiento óptimo en cuanto a la variación de temperatura y pH que influyen directamente sobre las bacterias nitrosomonas y bacterias nitrobacter dando a conclusión los valores pre determinados que intervinieron en la reducción de ion amonio, ion nitrito e ion nitrato.

Programas a utilizar: STATISTICA y Excel

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Análisis de los resultados

El tratamiento 1 tiene los parámetros de 5°C de temperatura y pH 6, la temperatura implementada es la mínima de los tratamientos y el menos favorable a diferencia del pH que es ácido, favorable para las bacterias nitrosomonas y nitrobacter.

El tratamiento 2 tiene los parámetros de 5°C de temperatura y pH 8, la temperatura implementada es la mínima de los tratamientos y el menos favorable y el valor de pH que es ligeramente alcalino, las condiciones no son favorables para las bacterias nitrosomonas y nitrobacter.

El tratamiento 3 tiene los parámetros de 5°C de temperatura y pH 10, la temperatura implementada es la mínima de los tratamientos y el menos favorable al igual que el pH que es alcalino, desfavorable para las bacterias nitrosomonas y nitrobacter.

El tratamiento 4 tiene los parámetros de 10 °C de temperatura y pH 6, la temperatura implementada es la intermedia de los tratamientos y el pH ácido es favorable para las bacterias nitrosomonas y nitrobacter.

El tratamiento 5 tiene los parámetros de 10°C de temperatura y pH 8, la temperatura implementada es intermedia de los tratamientos y el pH que es ligeramente alcalino para las bacterias nitrosomonas y nitrobacter.

El tratamiento 6 tiene los parámetros de 10°C de temperatura y pH 10, la temperatura implementada es la intermedia de los tratamientos y el pH que es alcalino, desfavorable para las bacterias nitrosomonas y nitrobacter.

El tratamiento 7 tiene los parámetros de 15°C de temperatura y pH 6, la temperatura implementada es la máxima de los tratamientos y el más favorable al igual del pH que es ácido, favorable para las bacterias nitrosomonas y nitrobacter.

El tratamiento 8 tiene los parámetros de 15°C de temperatura y pH 8, la temperatura implementada es la máxima de los tratamientos y el más favorable el pH es ligeramente alcalino para las bacterias nitrosomonas y nitrobacter.

El tratamiento 9 tiene los parámetros de 15°C de temperatura y pH 10, la temperatura implementada es la máxima de los tratamientos y el más favorable a diferencia del pH que es alcalino, desfavorable para las bacterias nitrosomonas y nitrobacter.

El patrón tiene los parámetros de N°C de temperatura y pH N, la temperatura tanto como el pH no fueron controlados, así mismo no se realizó la introducción de las bacterias nitrosomonas y nitrobacter.

4.1.1. Resultados del objetivo específico 1

4.1.1.1. Tratamiento 1 remoción del ion amonio

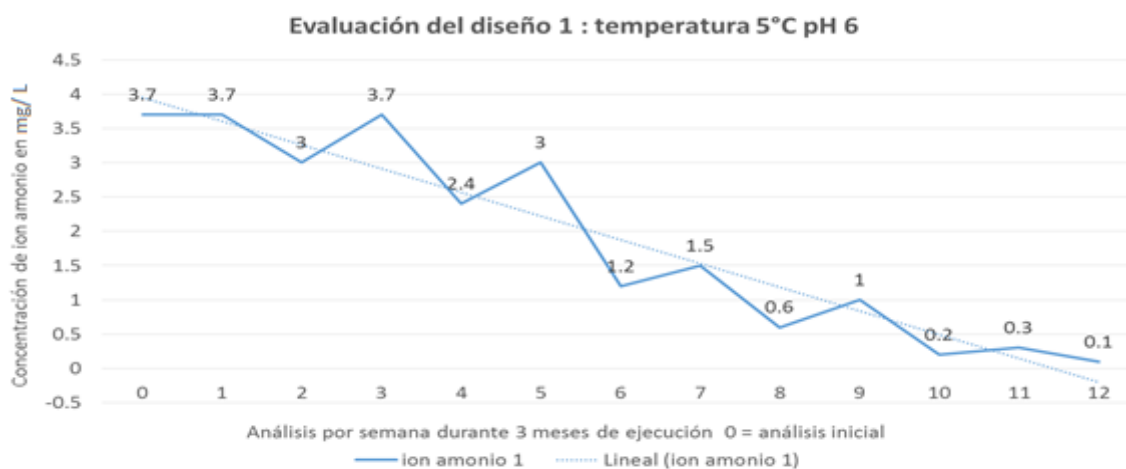


Figura 4 : *Análisis de ion amonio tratamiento 1*

El análisis inicial de ion amonio indica una cantidad de 3.7 mg/L que es altamente tóxico para los micro organismos y los organismos, sin embargo, al introducir las bacterias empieza a reducir su concentración por la nitrificación realizada por las bacterias nitrosomonas, obtenemos la mayor reducción a la quinta semana con una disminución de 1.8 mg/L demorando así la bacteria 5 semanas para su adaptación a una temperatura baja y un pH ácido, en este caso 5 °C y pH 6, disminuyendo hasta 0.1 mg/L de ion amonio que según nuestra normativa y revisión literaria es tóxico para los organismos acuáticos.

4.1.1.2. Tratamiento 2 remoción del ion amonio

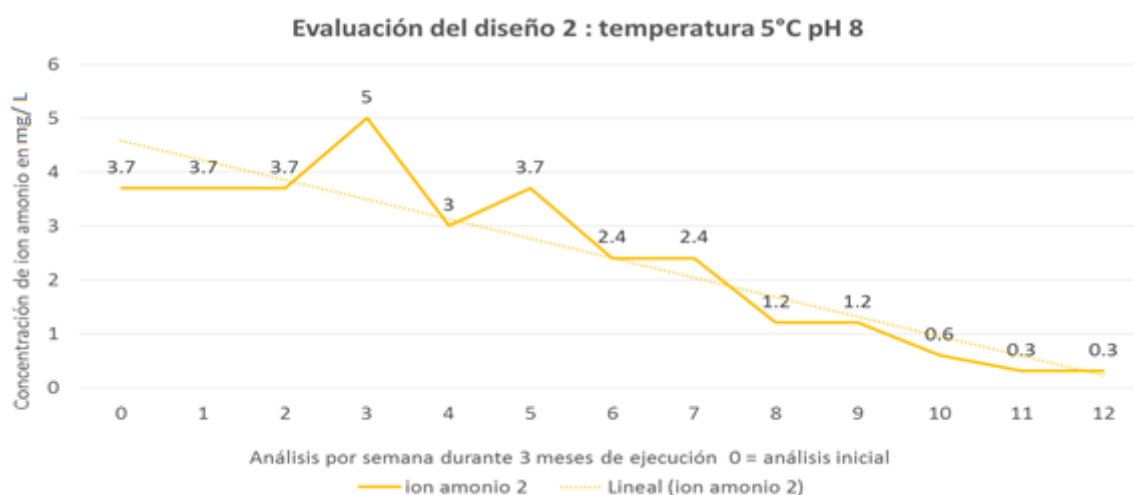


Figura 5: *Análisis de ion amonio tratamiento 2*

El análisis inicial de ion amonio indica una cantidad de 3.7 mg/L que es altamente tóxico para los microorganismos y los organismos, sin embargo, al introducir las bacterias empieza a reducir su concentración por la nitrificación realizada por las bacterias nitrosomonas, obtenemos la mayor reducción a la tercera semana con una disminución de 2 mg/L demorando así la bacteria 3 semanas para su adaptación a una temperatura baja y un pH ligeramente alcalino en este caso 5 °C y pH 8, disminuyendo hasta 0.3 mg/L de ion amonio que según nuestra normativa y revisión literaria es tóxico para los organismos acuáticos.

4.1.1.3. Tratamiento 3 remoción del ion amonio

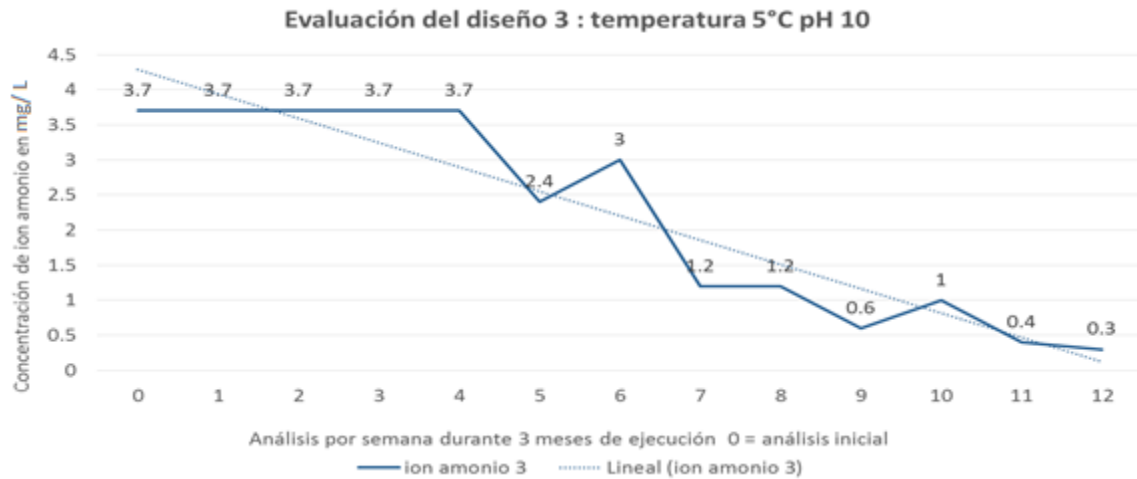


Figura 6: *Análisis de ion amonio tratamiento 3*

El análisis inicial de ion amonio indica una cantidad de 3.7 mg/L que es altamente tóxico para los microorganismos y los organismos, sin embargo, al introducir las bacterias empieza a reducir su concentración por la nitrificación realizada por las bacterias nitrosomonas, obtenemos la mayor reducción a la sexta semana con una disminución de 1.8 mg/L demorando así la bacteria 6 semanas para su adaptación a una temperatura baja y un pH alcalino en este caso 5 °C y pH 10, disminuyendo hasta 0.3 mg/L de ion amonio que según nuestra normativa y revisión literaria es tóxico para los organismos acuáticos.

4.1.1.4. Tratamiento 4 remoción del ion amonio

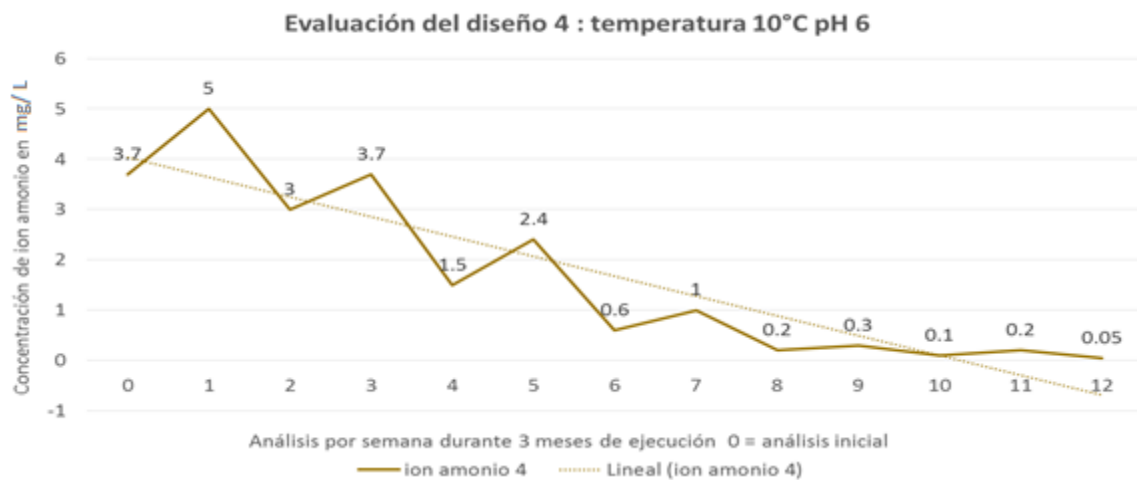


Figura 7: *Análisis de ion amonio tratamiento 4*

El análisis inicial de ion amonio indica una cantidad de 3.7 mg/L que es altamente tóxico para los microorganismos y los organismos, sin embargo, al introducir las bacterias empieza a reducir su concentración por la nitrificación realizada por las bacterias nitrosomonas, obtenemos la mayor reducción a la tercera semana con una disminución de 2.2 mg/L demorando así la bacteria 3 semanas para su adaptación a una temperatura intermedia y un pH ácido en este caso 10 °C y pH 6, disminuyendo hasta 0.05 mg/L de ion amonio que según nuestra normativa y revisión literaria es ligeramente tóxico para los organismos acuáticos.

4.1.1.5. Tratamiento 5 remoción del ion amonio



Figura 8: *Análisis de ion amonio tratamiento 5*

El análisis inicial de ion amonio indica una cantidad de 3.7 mg/L que es altamente tóxico para los microorganismos y los organismos, sin embargo, al introducir las bacterias empieza a reducir su concentración por la nitrificación realizada por las bacterias nitrosomonas, obtenemos la mayor reducción a la tercera semana con una disminución de 2.6 mg/L demorando así la bacteria 3 semanas para su adaptación a una temperatura intermedia y un pH ligeramente alcalino, en este caso 10 °C y pH 8, disminuyendo hasta 0.1 mg/L de ion amonio que según nuestra normativa y revisión literaria es tóxico para los organismos acuáticos.

4.1.1.6. Tratamiento 6 remoción del ion amonio

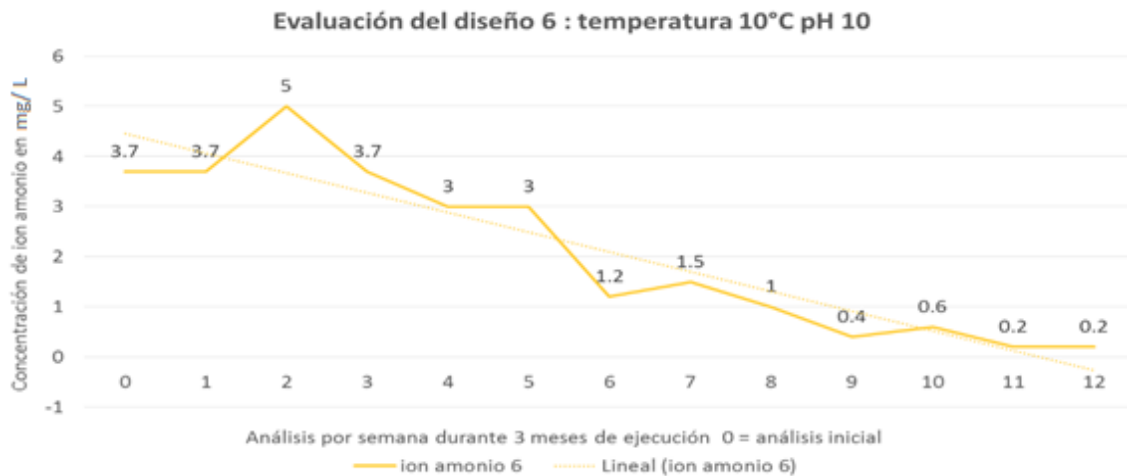


Figura 9: *Análisis de ion amonio tratamiento 6*

El análisis inicial de ion amonio indica una cantidad de 3.7 mg/L que es altamente tóxico para los microorganismos y los organismos, sin embargo, al introducir las bacterias empieza a reducir su concentración por la nitrificación realizada por las bacterias nitrosomonas, obtenemos la mayor reducción a la quinta semana con una disminución de 1.8 mg/L demorando así la bacteria 5 semanas para su adaptación a una temperatura media y un pH alcalino, en este caso 10 °C y pH 10, disminuyendo hasta 0.2 mg/L de ion amonio que según nuestra normativa y revisión literaria es tóxico para los organismos acuáticos.

4.1.1.7. Tratamiento 7 remoción del ion amonio

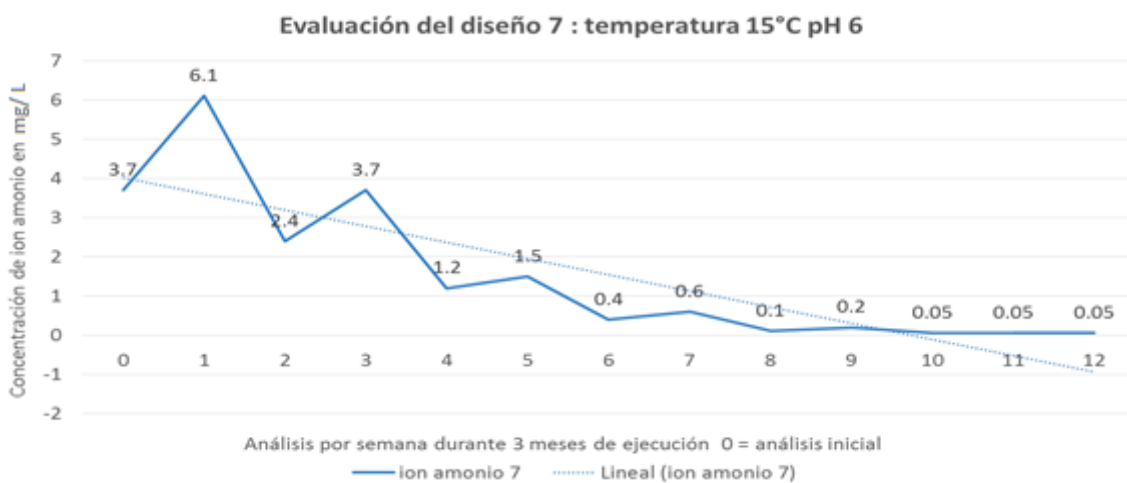


Figura 10: *Análisis de ion amonio tratamiento 7*

El análisis inicial de ion amonio indica una cantidad de 3.7 mg/L que es altamente tóxico para los microorganismos y los organismos, sin embargo, al introducir las bacterias empieza a reducir su concentración por la nitrificación realizada por las bacterias nitrosomonas, obtenemos la mayor reducción a la primera semana con una disminución de 3.7 mg/L demorando así la bacteria 1 semana para su adaptación a una temperatura alta y un pH ácido, en este caso 15 °C y pH 6, disminuyendo hasta 0.05 mg/L de ion amonio que según nuestra normativa y revisión literaria es ligeramente tóxico para los organismos acuáticos.

4.1.1.8. Tratamiento 8 remoción del ion amonio

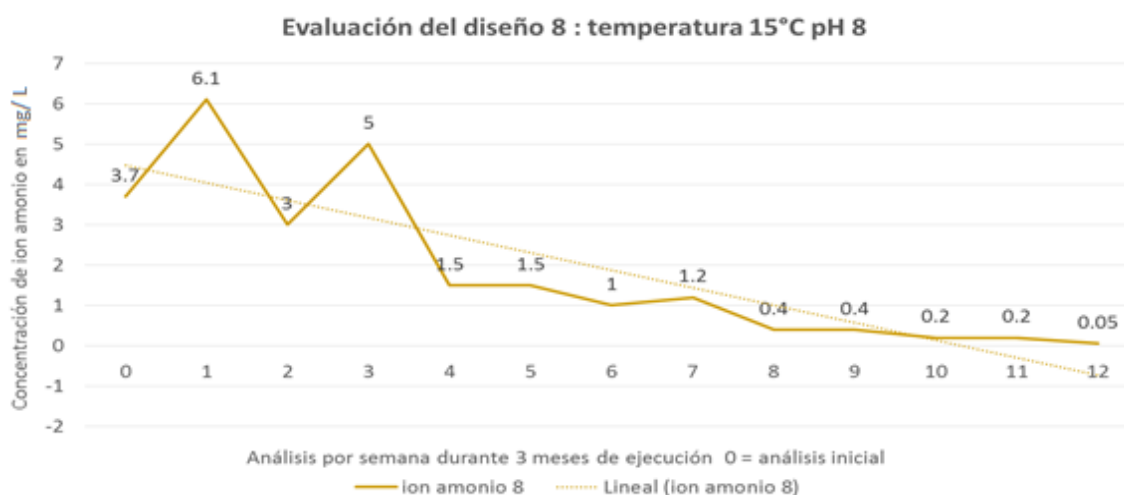


Figura 11: *Análisis de ion amonio tratamiento 8*

El análisis inicial de ion amonio indica una cantidad de 3.7 mg/L que es altamente tóxico para los microorganismos y los organismos, sin embargo, al introducir las bacterias empieza a reducir su concentración por la nitrificación realizada por las bacterias nitrosomonas, obtenemos la mayor reducción a la tercera semana con una disminución de 3.5 mg/L demorando así la bacteria 3 semanas para su adaptación a una temperatura alta y un pH ligeramente alcalino, en este caso 15 °C y pH 8, disminuyendo hasta 0.05 mg/L de ion amonio que según nuestra normativa y revisión literaria es ligeramente tóxico para los organismos acuáticos.

4.1.1.9. Tratamiento 9 remoción del ion amonio

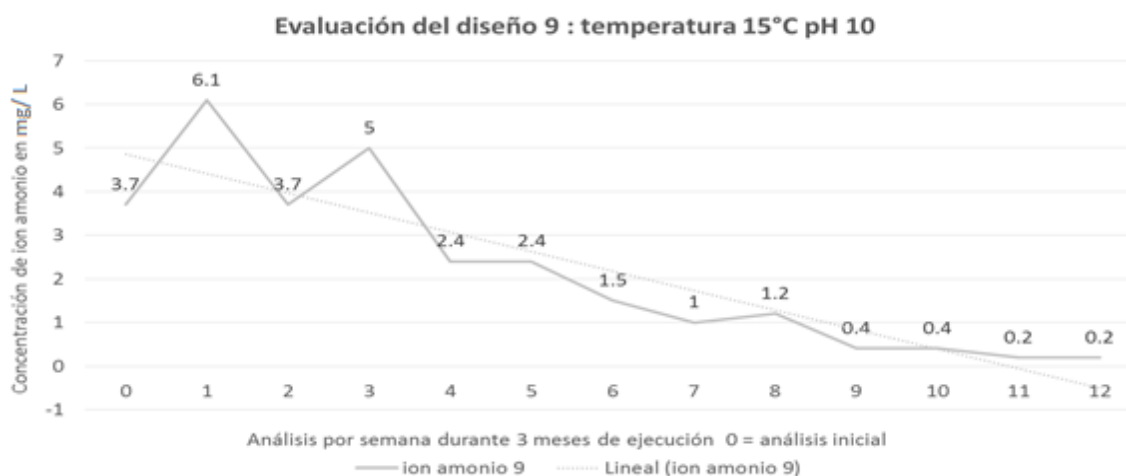


Figura 12: Análisis de ion amonio tratamiento 9

El análisis inicial de ion amonio indica una cantidad de 3.7 mg/L que es altamente tóxico para los microorganismos y los organismos, sin embargo, al introducir las bacterias empieza a reducir su concentración por la nitrificación realizada por las bacterias nitrosomonas, obtenemos la mayor reducción a la tercera semana con una disminución de 2.6 mg/L demorando así la bacteria 3 semanas para su adaptación a una temperatura alta y un pH alcalino, en este caso 15 °C y pH 10, disminuyendo hasta 0.2 mg/L de ion amonio que según nuestra normativa y revisión literaria es tóxico para los organismos acuáticos.

4.1.1.10. Patrón remoción del ion amonio

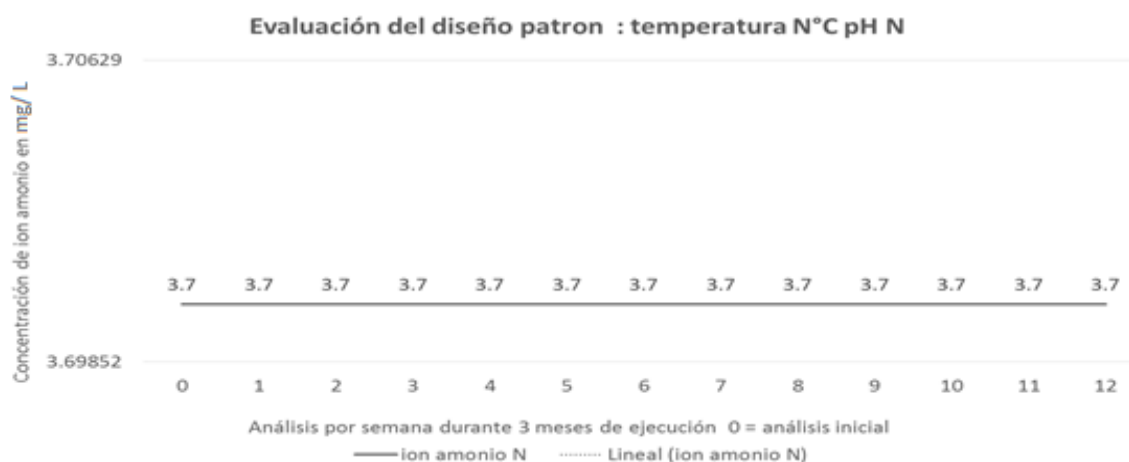


Figura 13: Análisis de ion amonio patrón.

El análisis inicial de ion amonio indica una cantidad de 3.7 mg/L que es altamente tóxico para los microorganismos y los organismos, sin embargo, no obtenemos una reducción del ion amonio en su más mínima concentración de 0.0 mg/L a una temperatura neutra y un pH neutro, en este caso N °C y pH N, manteniéndose en 3.7 mg/L de ion amonio que según nuestra normativa y revisión literaria es tóxico para los organismos acuáticos.

4.1.1.11. Remoción del ion amonio comparación de resultados

Para los análisis del ion amonio podemos observar que la mayoría de los tratamientos demoran en adaptar las bacterias introducidas en un periodo de tiempo, sin embargo, el tratamiento 7 que cuenta con una temperatura de 15 °C y un pH 6 que son parámetros beneficiosos para las bacterias las activan a la primera semana, de tal manera que el propósito de las bacterias se cumple mucho antes de terminar la ejecución del proyecto.

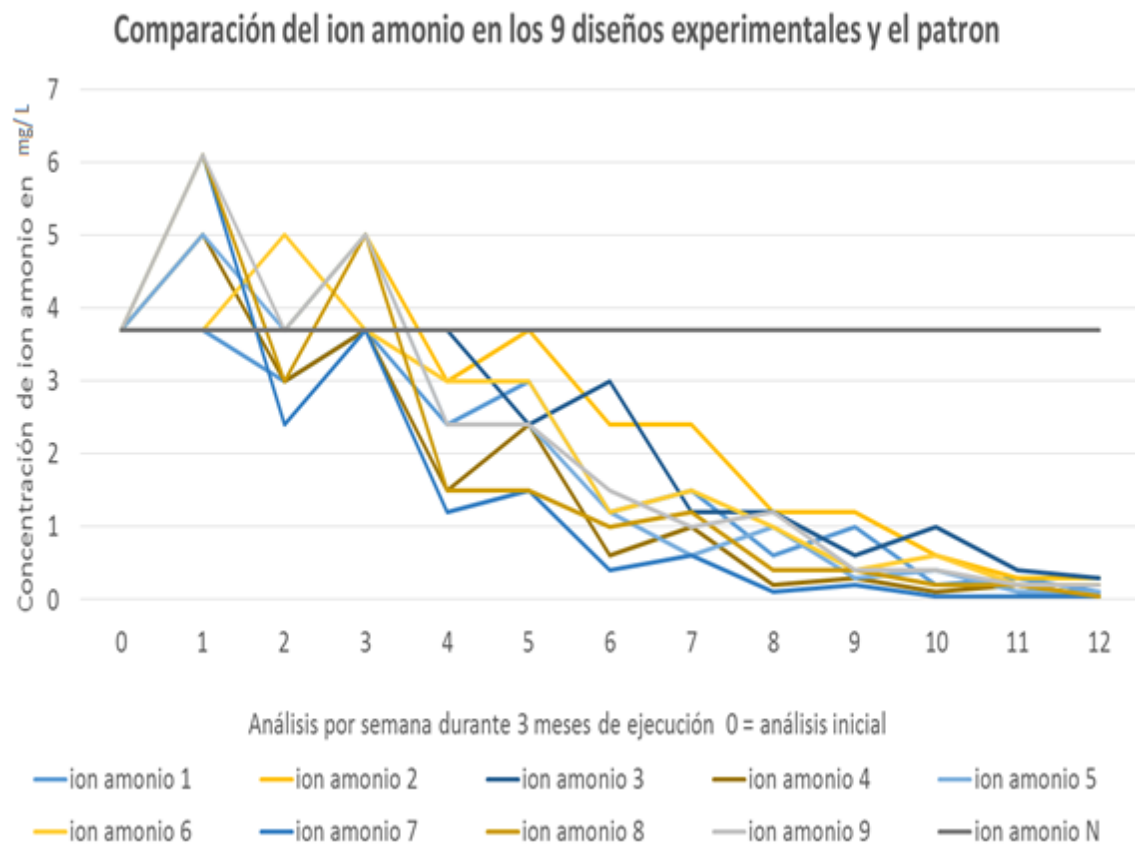


Figura 14: Análisis de ion amonio

4.1.2. Resultados del objetivo específico 2

4.1.2.1. Tratamiento 1 remoción del ion nitrato

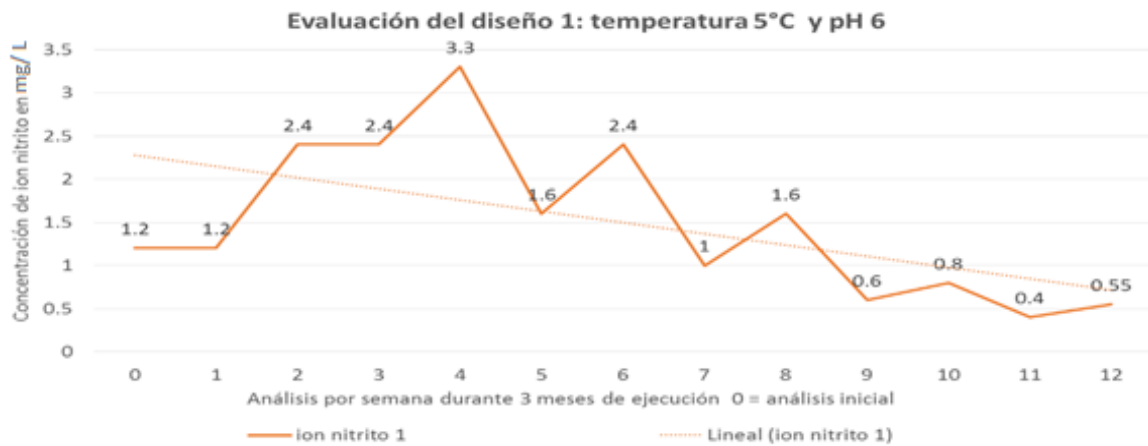


Figura 15: *Análisis de ion nitrato tratamiento 1*

El análisis inicial de ion nitrato indica una cantidad de 1.2 mg/L que es altamente tóxico para los microorganismos y los organismos, sin embargo, al introducir las bacterias empieza a reducir su concentración por nitrificación realizada por las bacterias nitrobacter, obtenemos la mayor reducción a la cuarta semana con una disminución de 1.7 mg/L demorando así la bacteria 4 semanas para su adaptación a una temperatura baja y un pH ácido, en este caso 5°C y pH 6, disminuyendo hasta 0.55 mg/L de ion nitrato que según nuestra normativa y revisión literaria es tóxico para los organismos acuáticos.

4.1.2.2. Tratamiento 2 remoción del ion nitrato

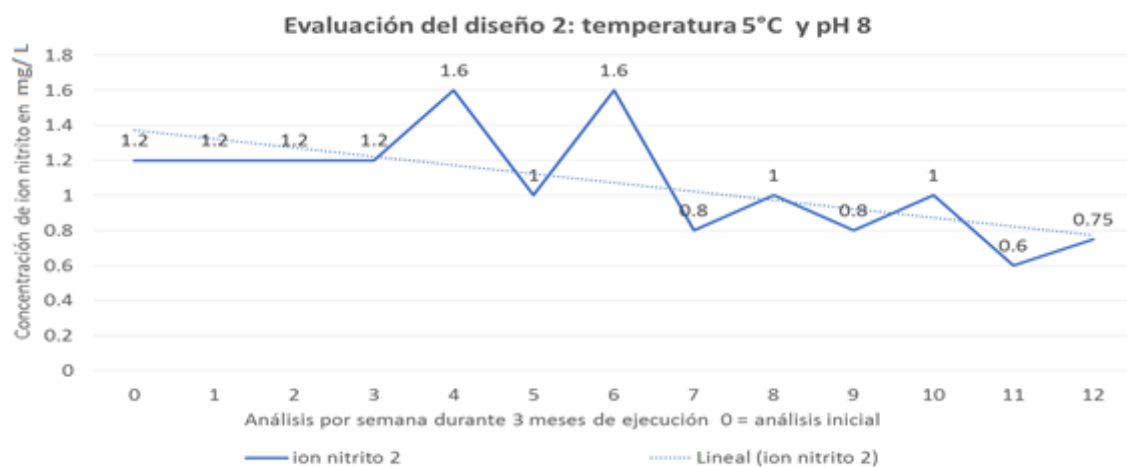


Figura 16: *Análisis de ion nitrato tratamiento 2*

El análisis inicial de ion nitrito indica una cantidad de 1.2 mg/L que es altamente tóxico para los microorganismos y los organismos, sin embargo, al introducir las bacterias empieza a reducir su concentración por nitrificación realizada por las bacterias nitrobacter teniendo la mayor reducción a la sexta semana con una disminución de 0.8 mg/L demorando así la bacteria 6 semanas para su adaptación a una temperatura baja y un pH ligeramente alcalino en este caso 5 °C y un pH 8 , disminuyendo hasta 0.75 mg/L de ion nitrito que según nuestra normativa y revisión literaria es tóxico para los organismos acuáticos, sin embargo ya causa problemas respiratorios en organismos grandes como peces.

4.1.2.3. Tratamiento 3 remoción del ion nitrito

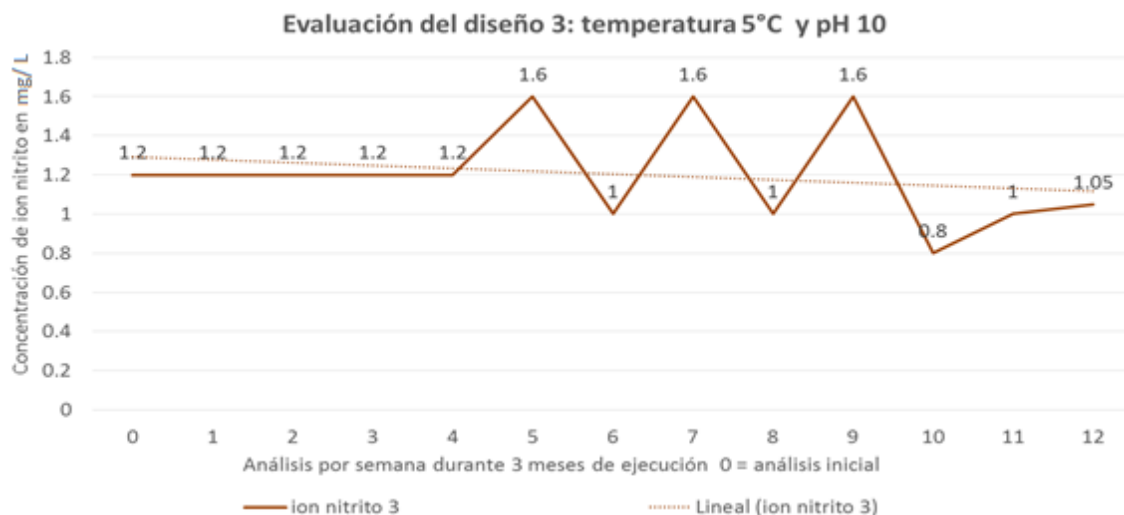


Figura 17: *Análisis de ion nitrito tratamiento 3*

El análisis inicial de ion nitrito indica una cantidad de 1.2 mg/L que es altamente tóxico para los microorganismos y los organismos, sin embargo, al introducir las bacterias empieza a reducir su concentración por nitrificación realizada por las bacterias nitrobacter, obtenemos la mayor reducción a la novena semana con una disminución de 0.8 mg/L demorando así la bacteria 9 semanas para su adaptación a una temperatura baja y un pH alcalino en este caso 5 °C y pH 10, disminuyendo hasta 1.05 mg/L de ion nitrito que según nuestra normativa y revisión literaria es tóxico para los organismos acuáticos.

4.1.2.4. Tratamiento 4 remoción del ion nitrato

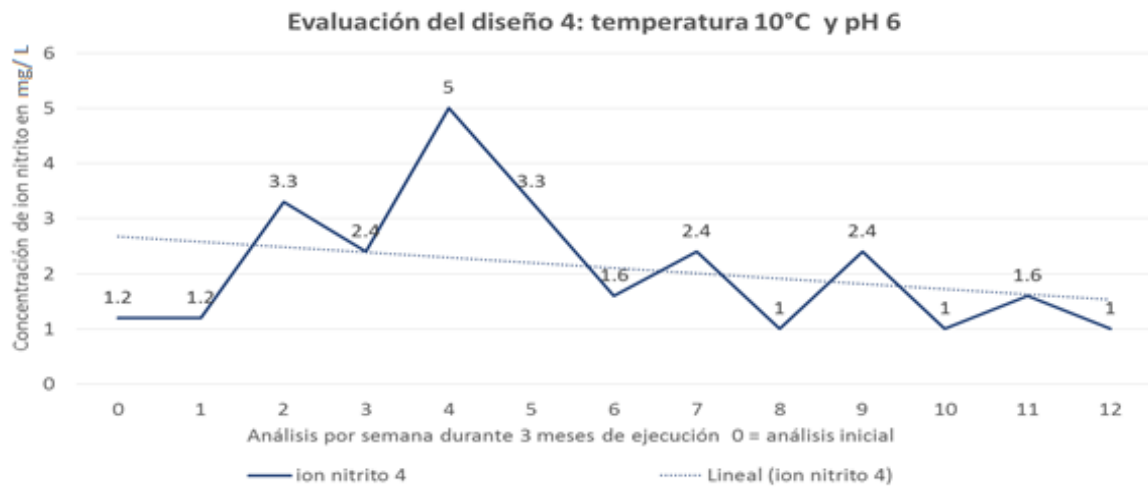


Figura 18: *Análisis de ion nitrato tratamiento 4*

El análisis inicial de ion nitrato indica una cantidad de 1.2 mg/L que es altamente tóxico para los microorganismos y los organismos, sin embargo, al introducir las bacterias empieza a reducir su concentración por nitrificación realizada por las bacterias nitrobacter, obtenemos la mayor reducción a la cuarta semana con una disminución de 1.7 mg/L demorando así la bacteria 4 semanas para su adaptación a una temperatura media y un pH ácido en este caso 10 °C y pH 6, disminuyendo hasta 1.0 mg/L de ion nitrato que según nuestra normativa y revisión literaria es tóxico para los organismos acuáticos.

4.1.2.5. Tratamiento 5 remoción del ion nitrato

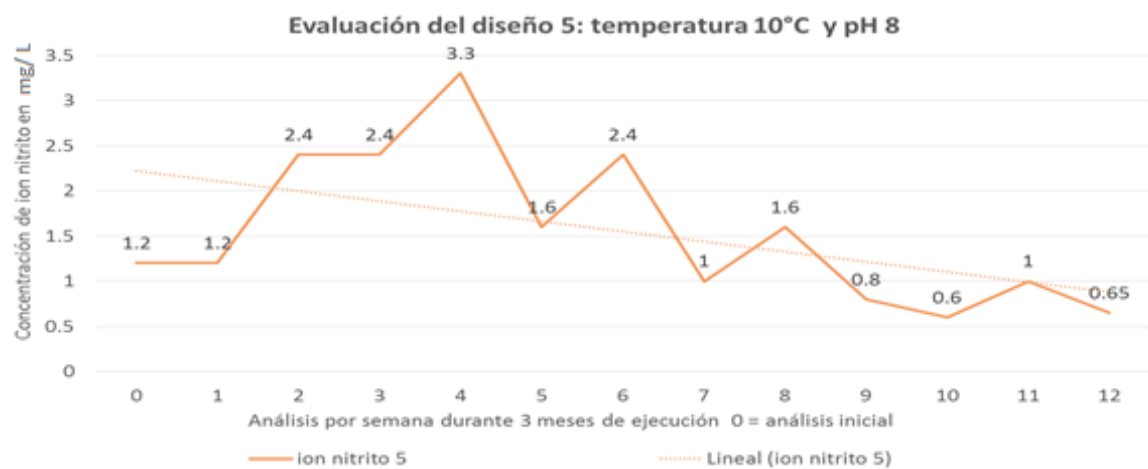


Figura 19: *Análisis de ion nitrato tratamiento 5*

El análisis inicial de ion nitrito indica una cantidad de 1.2 mg/L que es altamente tóxico para los microorganismos y los organismos, sin embargo, al introducir las bacterias empieza a reducir su concentración por nitrificación realizada por las bacterias nitrobacter, obtenemos la mayor reducción a la cuarta semana con una disminución de 1.7 mg/L demorando así la bacteria 4 semanas para su adaptación a una temperatura intermedia y un pH ligeramente alcalino en este caso 10 °C y pH 8, disminuyendo hasta 0.65 mg/L de ion nitrito que según nuestra normativa y revisión literaria es tóxico para los organismos acuáticos.

4.1.2.6. Tratamiento 6 remoción del ion nitrito

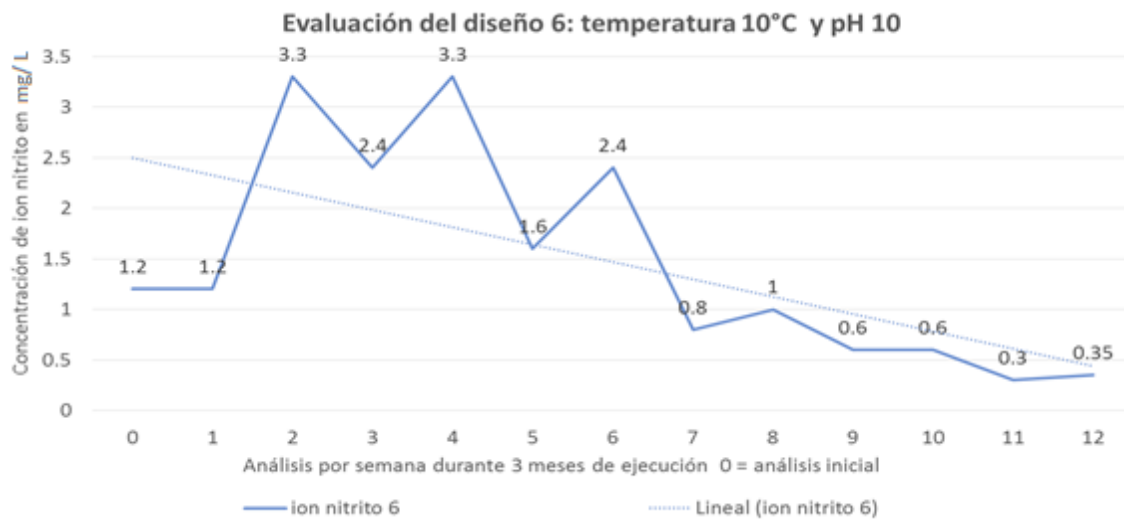


Figura 20: *Análisis de ion nitrito tratamiento 6*

El análisis inicial de ion nitrito indica una cantidad de 1.2 mg/L que es altamente tóxico para los microorganismos y los organismos, sin embargo, al introducir las bacterias empieza a reducir su concentración por nitrificación realizada por las bacterias nitrobacter, obtenemos la mayor reducción a la cuarta semana con una disminución de 1.7 mg/L demorando así la bacteria 4 semanas para su adaptación a una temperatura intermedia y un pH alcalino, en este caso 10 °C y pH 10, disminuyendo hasta 0.35 mg/L de ion nitrito que según nuestra normativa y revisión literaria es tóxico para los organismos acuáticos.

4.1.2.7. Tratamiento 7 remoción del ion nitrito

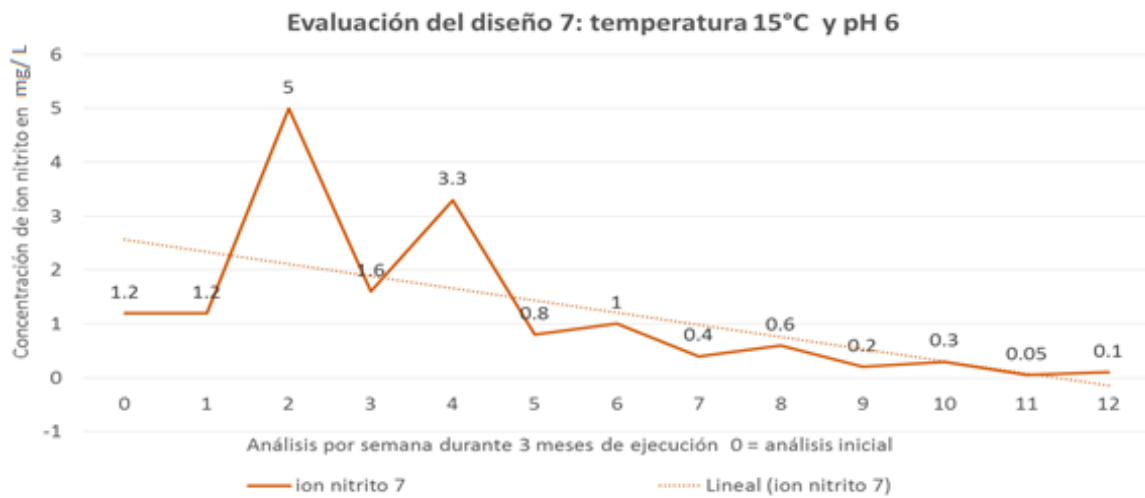


Figura 21: *Análisis de ion nitrito tratamiento 7*

El análisis inicial de ion nitrito indica una cantidad de 1.2 mg/L que es altamente tóxico para los micro organismos y los organismos, sin embargo, al introducir las bacterias empieza a reducir su concentración por nitrificación realizada por las bacterias nitrobacter, obtenemos la mayor reducción a la segunda semana con una disminución de 3.4 mg/L demorando así la bacteria 2 semanas para su adaptación a una temperatura alta y un pH ácido, en este caso 15 °C y pH 6, disminuyendo hasta 0.1 mg/L de ion nitrito que según nuestra normativa y revisión literaria no es ligeramente tóxico para los organismos acuáticos.

4.1.2.8. Tratamiento 8 remoción del ion nitrito

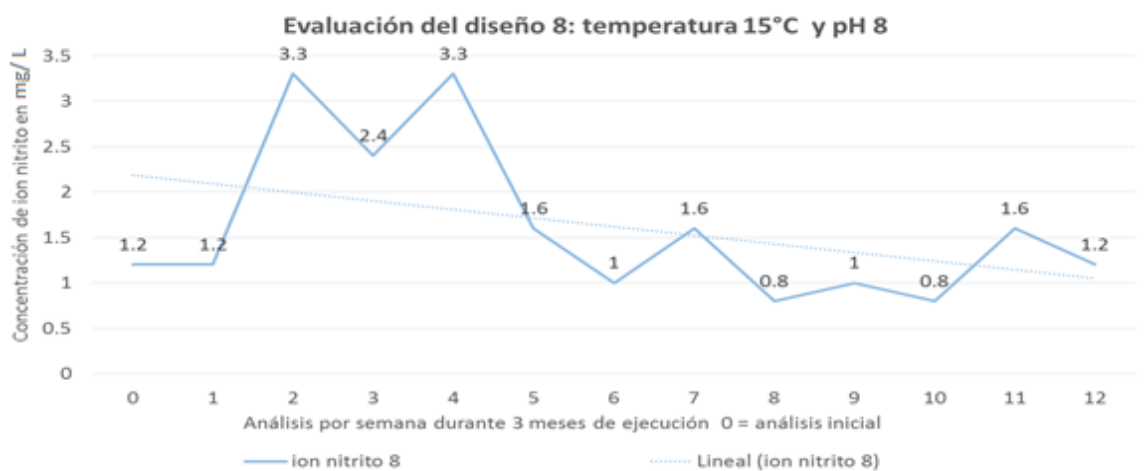


Figura 22: *Análisis de ion nitrito tratamiento 8*

El análisis inicial de ion nitrito indica una cantidad de 1.2 mg/L que es altamente tóxico para los micro organismos y los organismos, sin embargo, al introducir las bacterias empieza a reducir su concentración por nitrificación realizada por las bacterias nitrobacter, obtenemos la mayor reducción a la cuarta semana con una disminución de 1.7 mg/L demorando así la bacteria 4 semanas para su adaptación a una temperatura alta y un pH ligeramente alcalino, en este caso 15°C y pH 8, disminuyendo hasta 1.2 mg/L de ion nitrito que según nuestra normativa y revisión literaria es tóxico para los organismos acuáticos.

4.1.2.9. Tratamiento 9 remoción del ion nitrito

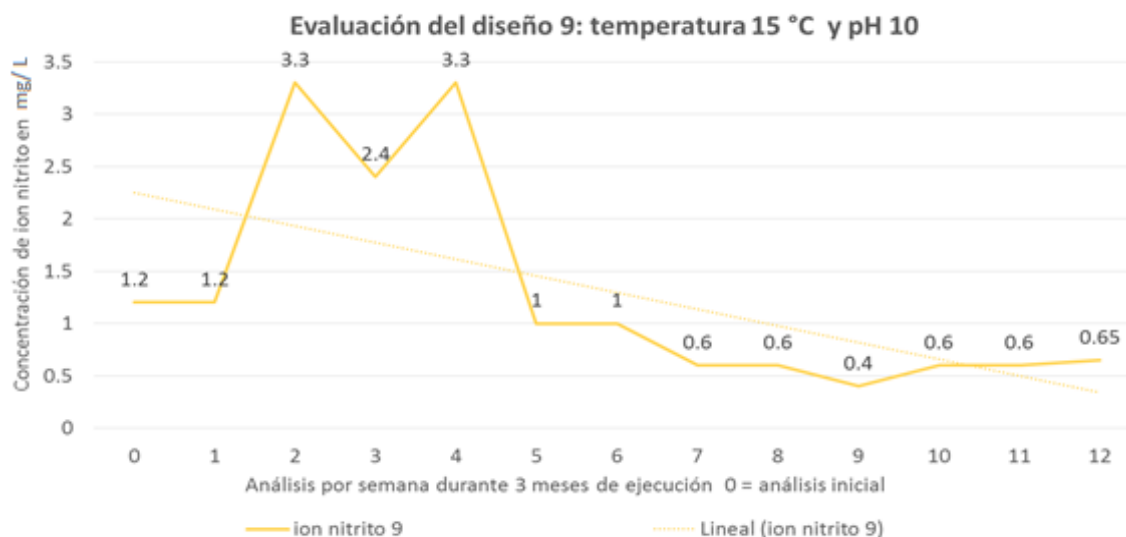


Figura 23: *Análisis de ion nitrito tratamiento 9*

El análisis inicial de ion nitrito indica una cantidad de 1.2 mg/L que es altamente tóxico para los micro organismos y los organismos, sin embargo, al introducir las bacterias empieza a reducir su concentración por nitrificación realizada por las bacterias nitrobacter, obtenemos la mayor reducción a la cuarta semana con una disminución de 2.3 mg/L demorando así la bacteria 4 semanas para su adaptación a una temperatura alta y un pH alcalino, en este caso 15°C y pH 10, disminuyendo hasta 0.65 mg/L de ion nitrito que según nuestra normativa y revisión literaria es tóxico para los organismos acuáticos.

4.1.2.10. Patrón remoción del ion nitrito

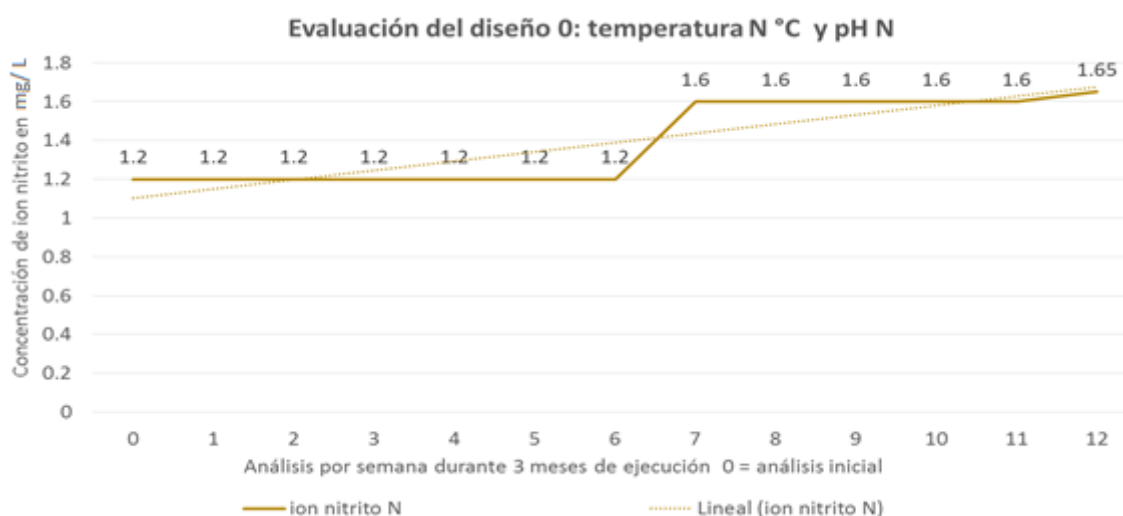


Figura 24: *Análisis de ion nitrito patrón.*

El análisis inicial de ion nitrito indica una cantidad de 1.2 mg/L que es altamente tóxico para los micro organismos y los organismos, sin embargo, obtenemos un aumento de la concentración en ion nitrito a la sexta semana con un aumento de 0.4 mg/L a una temperatura neutra y un pH neutro, en este caso N°C y pH N, aumentando hasta 1.65 mg/L de ion nitrito que según nuestra normativa y revisión literaria es tóxico para los organismos acuáticos.

4.1.2.11. Remoción del ion nitrito comparación de resultados

Para los análisis del ion nitrito podemos observar que la mayoría de los tratamientos demoran en adaptar las bacterias introducidas en un periodo de tiempo, sin embargo, el tratamiento 7 que cuenta con una temperatura de 15 °C y un pH 6 que son parámetros beneficiosos para las bacterias las activan a la segunda semana, de tal manera que el propósito de las bacterias se cumple mucho antes de terminar la ejecución del proyecto.

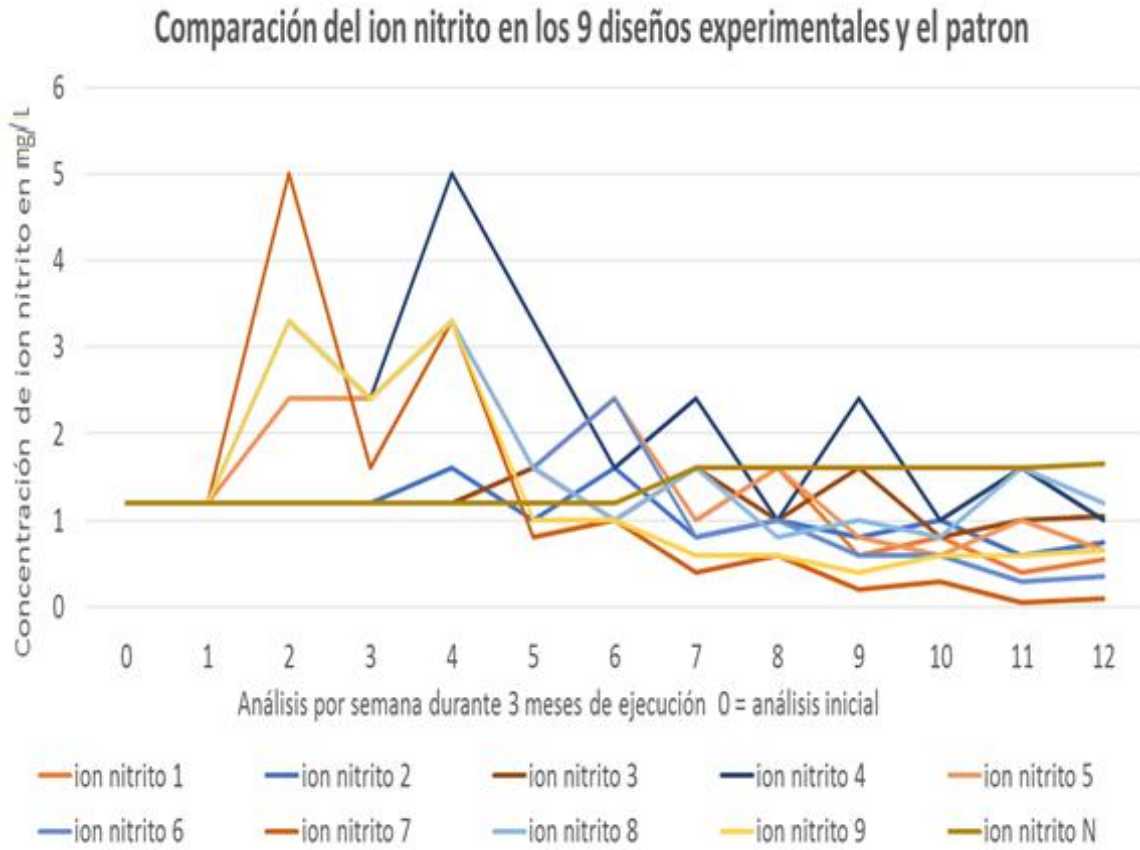


Figura 25: *Análisis de ion nitrito*

4.1.3. Resultados del objetivo específico 3

4.1.3.1. Tratamiento 1 remoción del ion nitrato



Figura 26: *Análisis de ion nitrato tratamiento 1*

El análisis inicial de ion nitrato indica una cantidad de 30 mg/L que no es tóxico para los micro organismos y los organismos, sin embargo, al introducir las bacterias empieza a influenciar en su concentración por desnitrificación realizada por las bacterias nitrosomonas y nitrobacter, obtenemos la mayor reducción a la séptima semana con una disminución de 30 mg/L demorando así la bacteria 7 semanas para su adaptación a una temperatura baja y un pH ácido, en este caso 5 °C y pH 6, influyendo hasta 48.73 mg/L de ion nitrato que según nuestra normativa y revisión literaria no es tóxico para los organismos acuáticos.

4.1.3.2. Tratamiento 2 remoción del ion nitrato

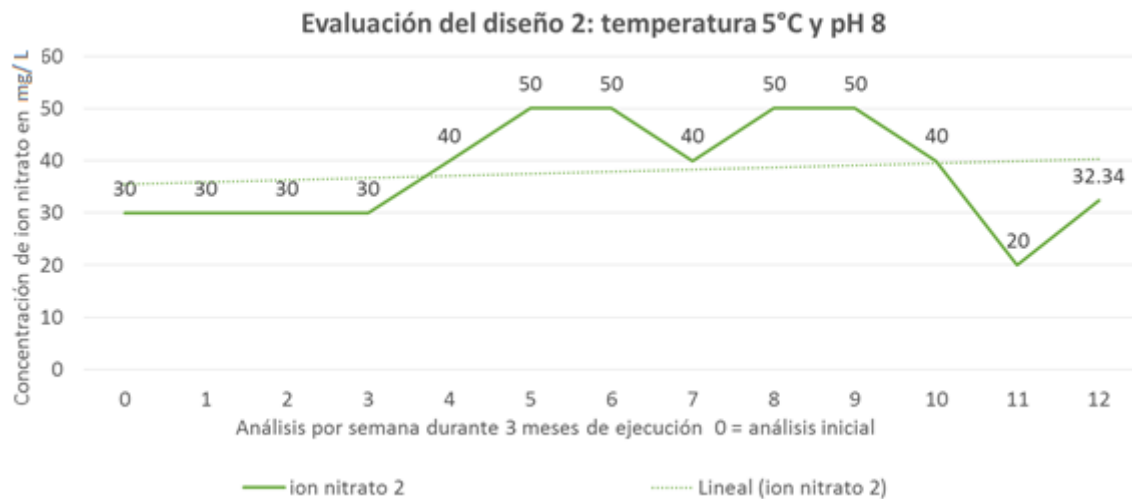


Figura 27: *Análisis de ion nitrato tratamiento 2*

El análisis inicial de ion nitrato indica una cantidad de 30 mg/L que no es tóxico para los micro organismos y los organismos, sin embargo, al introducir las bacterias empieza a influenciar en su concentración por desnitrificación realizada por las bacterias nitrosomonas y nitrobacter teniendo la mayor reducción a la décima semana con una disminución de 20 mg/L demorando así la bacteria 10 semanas para su adaptación a una temperatura baja y un pH ligeramente alcalino en este caso 5 °C y pH 8, influyendo hasta 32.34 mg/L de ion nitrato que según nuestra normativa y revisión literaria no es tóxico para los organismos acuáticos.

4.1.3.3. Tratamiento 3 remoción del ion nitrato

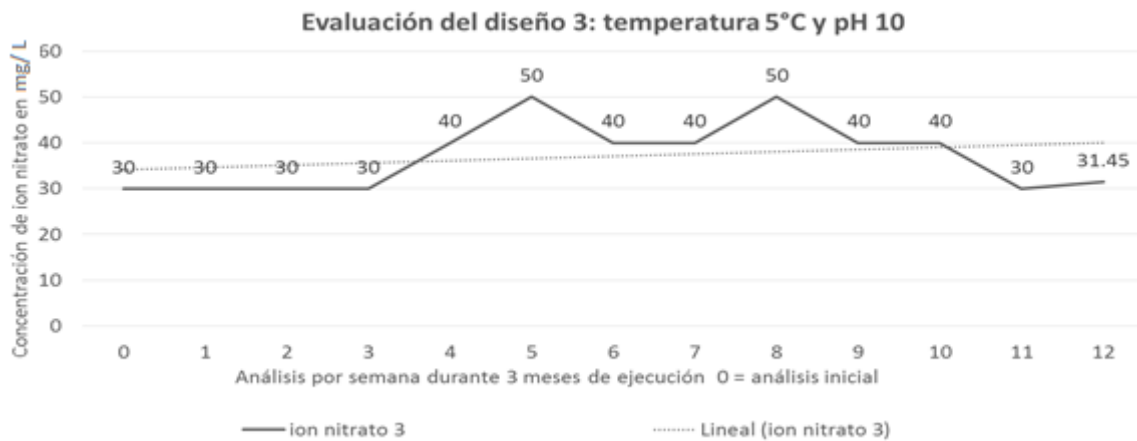


Figura 28: Análisis de ion nitrato tratamiento 3

El análisis inicial de ion nitrato indica una cantidad de 30 mg/L que no es tóxico para los microorganismos y los organismos, sin embargo, al introducir las bacterias empieza a influenciar en su concentración por des nitrificación realizada por las bacterias nitrosomonas y nitrobacter, obtenemos la mayor reducción a la quinta semana con una disminución de 10 mg/L demorando así la bacteria 5 semanas para su adaptación a una temperatura baja y un pH alcalino en este caso 5 °C y pH 10, influyendo hasta 31.45 mg/L de ion nitrato que según nuestra normativa y revisión literaria no es tóxico para los organismos acuáticos.

4.1.3.4. Tratamiento 4 remoción del ion nitrato

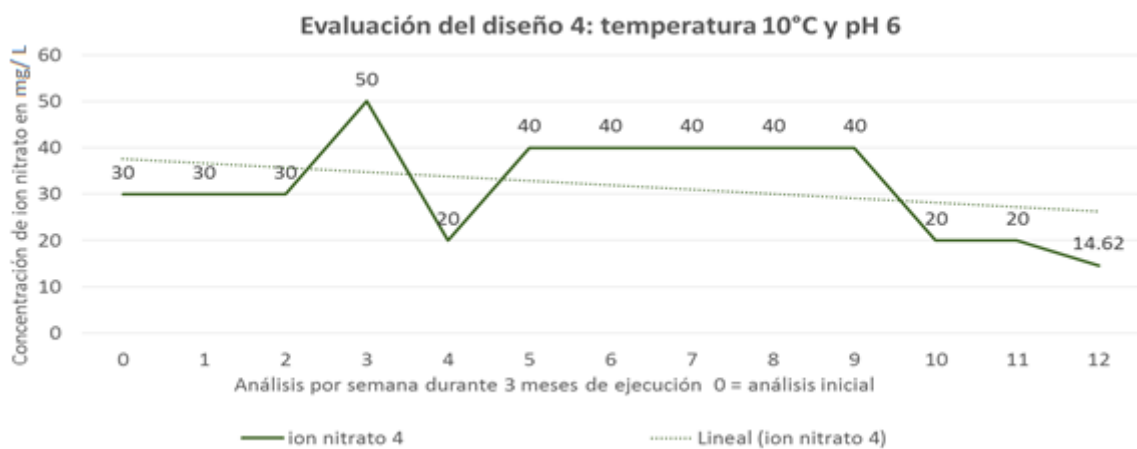


Figura 29: Análisis de ion nitrato tratamiento 4

El análisis inicial de ion nitrato indica una cantidad de 30 mg/L que no es tóxico para los micro organismos y los organismos, sin embargo, al introducir las bacterias empieza a influenciar en su concentración por desnitrificación realizada por las bacterias nitrosomonas y nitrobacter, obtenemos la mayor reducción a la tercera semana con una disminución de 30 mg/L demorando así la bacteria 7 semanas para su adaptación a una temperatura media y un pH ácido, en este caso 10 °C y pH 6, influyendo hasta 14.62 mg/L de ion nitrato que según nuestra normativa y revisión literaria no es tóxico para los organismos acuáticos.

4.1.3.5. Tratamiento 5 remoción del ion nitrato

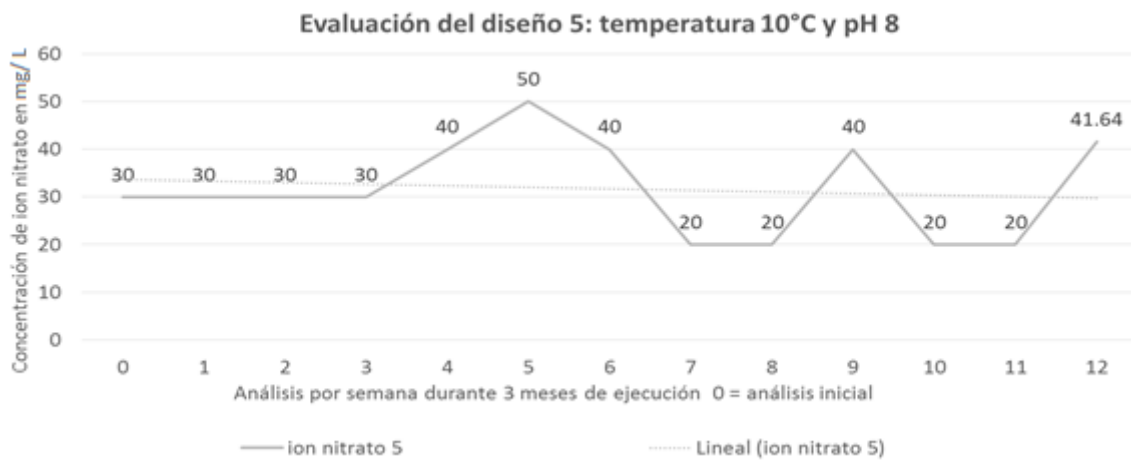


Figura 30: *Análisis de ion nitrato tratamiento 5*

El análisis inicial de ion nitrato indica una cantidad de 30 mg/L que no es tóxico para los microorganismos y los organismos, sin embargo, al introducir las bacterias empieza a influenciar en su concentración por des nitrificación realizada por las bacterias nitrosomonas y nitrobacter, obtenemos la mayor reducción a la sexta semana con una disminución de 20 mg/L demorando así la bacteria 6 semanas para su adaptación a una temperatura media y un pH ligeramente alcalino, en este caso 10°C y pH 8, influyendo hasta 41.64 mg/L de ion nitrato que según nuestra normativa y revisión literaria no es tóxico para los organismos acuáticos.

4.1.3.6. Tratamiento 6 remoción del ion nitrato

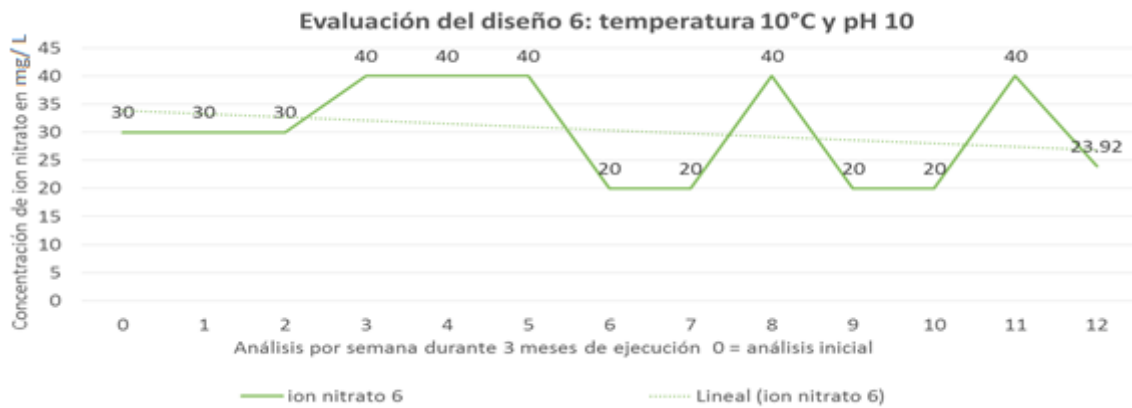


Figura 31: *Análisis de ion nitrato tratamiento 6*

El análisis inicial de ion nitrato indica una cantidad de 30 mg/L que no es tóxica para los microorganismos y los organismos, sin embargo, al introducir las bacterias empieza a influenciar en su concentración por desnitrificación realizada por las bacterias nitrosomonas y nitrobacter, obtenemos la mayor reducción a la quinta semana con una disminución de 20 mg/L demorando así la bacteria 5 semanas para su adaptación a una temperatura intermedia y un pH alcalino, en este caso 10 °C y pH 10, influyendo hasta 23.92 mg/L de ion nitrato que según nuestra normativa y revisión literaria no es tóxica para los organismos acuáticos.

4.1.3.7. Tratamiento 7 remoción del ion nitrato

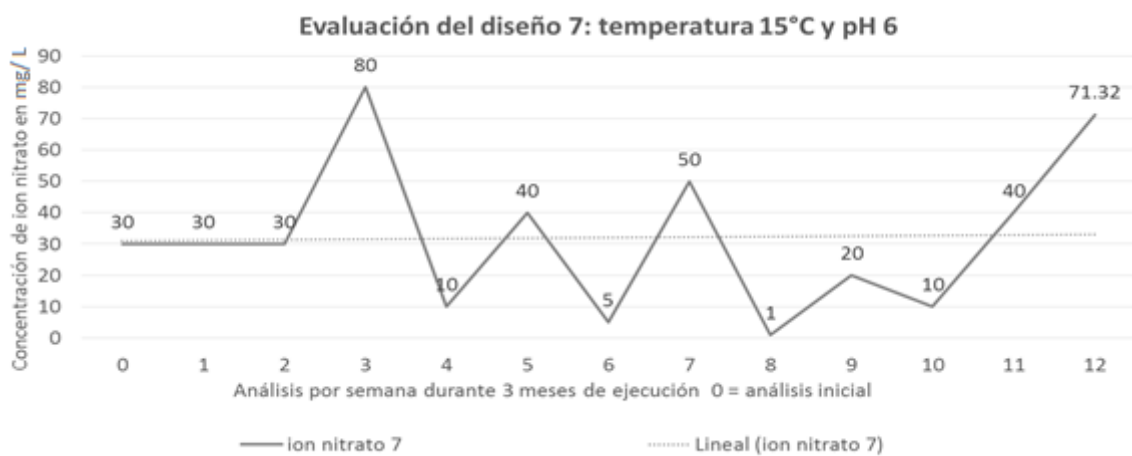


Figura 32: *Análisis de ion nitrato tratamiento 7*

El análisis inicial de ion nitrato indica una cantidad de 30 mg/L que no es tóxico para los microorganismos y los organismos, sin embargo, al introducir las bacterias empieza a influenciar en su concentración por des nitrificación realizada por las bacterias nitrosomonas y nitrobacter, obtenemos la mayor reducción a la tercera semana con una disminución de 70 mg/L demorando así la bacteria 3 semanas para su adaptación a una temperatura alta y un pH ácido, en este caso 15 °C y pH 6, influyendo hasta 71.32 mg/L de ion nitrato que según nuestra normativa y revisión literaria es ligeramente tóxico para los organismos acuáticos, sin embargo, se registra concentraciones estables en la cuarta, sexta, octava y decima semana, con tendencia a estabilizar la concentración de ion nitrato.

4.1.3.8. Tratamiento 8 remoción del ion nitrato

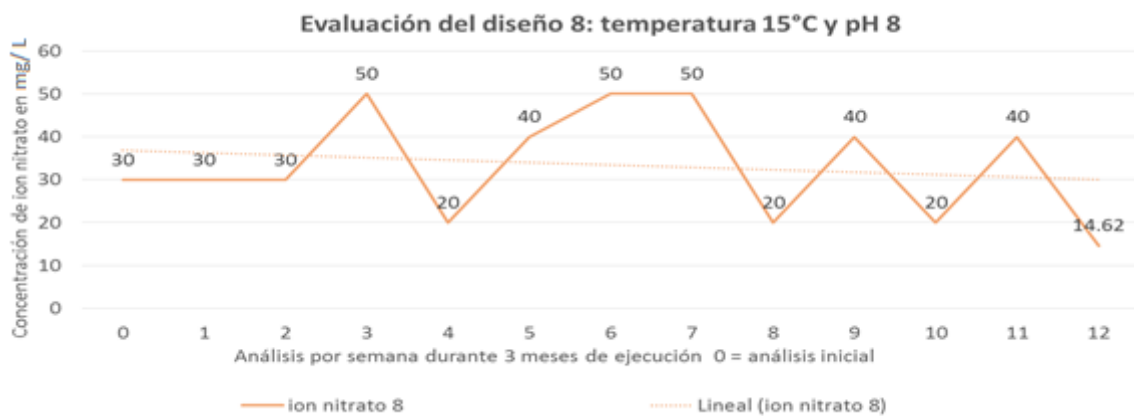


Figura 33: *Análisis de ion nitrato tratamiento 8*

El análisis inicial de ion nitrato indica una cantidad de 30 mg/L que no es tóxico para los microorganismos y los organismos, sin embargo, al introducir las bacterias empieza a influenciar en su concentración por des nitrificación realizada por las bacterias nitrosomonas y nitrobacter, obtenemos la mayor reducción a la tercera semana con una disminución de 30 mg/L demorando así la bacteria 3 semanas para su adaptación a una temperatura alta y un pH ligeramente alcalino, en este caso 15 °C y pH 8, influyendo hasta 14.62 mg/L de ion nitrato que según nuestra normativa y revisión literaria no es tóxico para los organismos acuáticos.

4.1.3.9. Tratamiento 9 remoción del ion nitrato

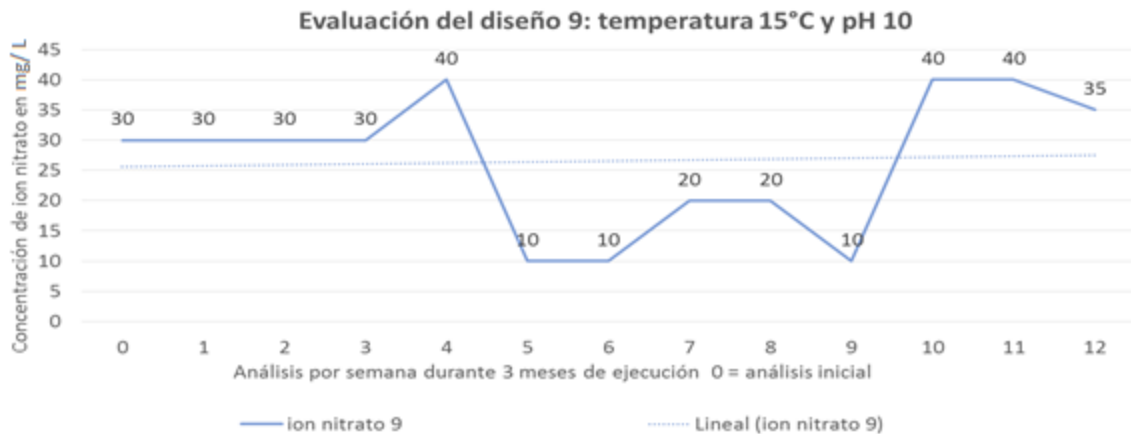


Figura 34: *Análisis de ion nitrato tratamiento 9*

El análisis inicial de ion nitrato indica una cantidad de 30 mg/L que no es tóxico para los microorganismos y los organismos, sin embargo, al introducir las bacterias empieza a influenciar en su concentración por des nitrificación realizada por las bacterias nitrosomonas y nitrobacter, obtenemos la mayor reducción a la cuarta semana con una disminución de 30 mg/L demorando así la bacteria 4 semanas para su adaptación a una temperatura alta y un pH alcalino, en este caso 15 °C y pH 10, influyendo hasta 35 mg/L de ion nitrato que según nuestra normativa y revisión literaria no es tóxico para los organismos acuáticos.

4.1.3.10. Patrón remoción del ion nitrato

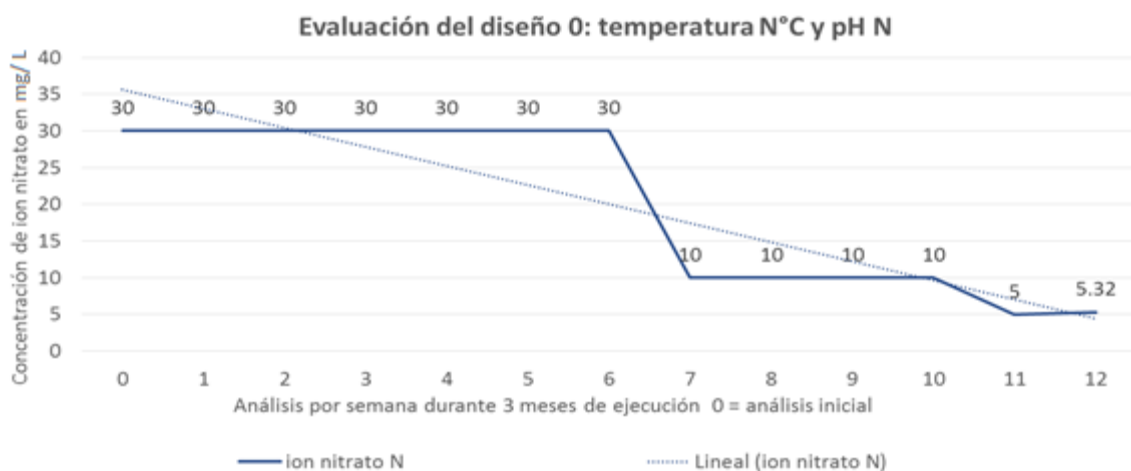


Figura 35: *Análisis de ion nitrato patrón*

El análisis inicial de ion nitrato indica una cantidad de 30 mg/l que no es tóxico para los microorganismos y los organismos, sin embargo, obtenemos la mayor reducción a la sexta semana con una disminución de 20 mg/L a una temperatura neutra y un pH neutro, en este caso N °C y pH N, influyendo hasta 5.32 mg/L de ion nitrato que según nuestra normativa y revisión literaria no es tóxico para los organismos acuáticos.

4.1.3.11. Remoción del ion nitrato comparación de resultados

Para los análisis del ion nitrato podemos observar que la mayoría de los tratamientos demoran en adaptar las bacterias introducidas en un periodo de tiempo, sin embargo, el tratamiento 7 que cuenta con una temperatura de 15 °C y un pH 6 que son parámetros beneficiosos para las bacterias las activan a la tercera semana, de tal manera que el propósito de las bacterias se cumple mucho antes de terminar la ejecución del proyecto.

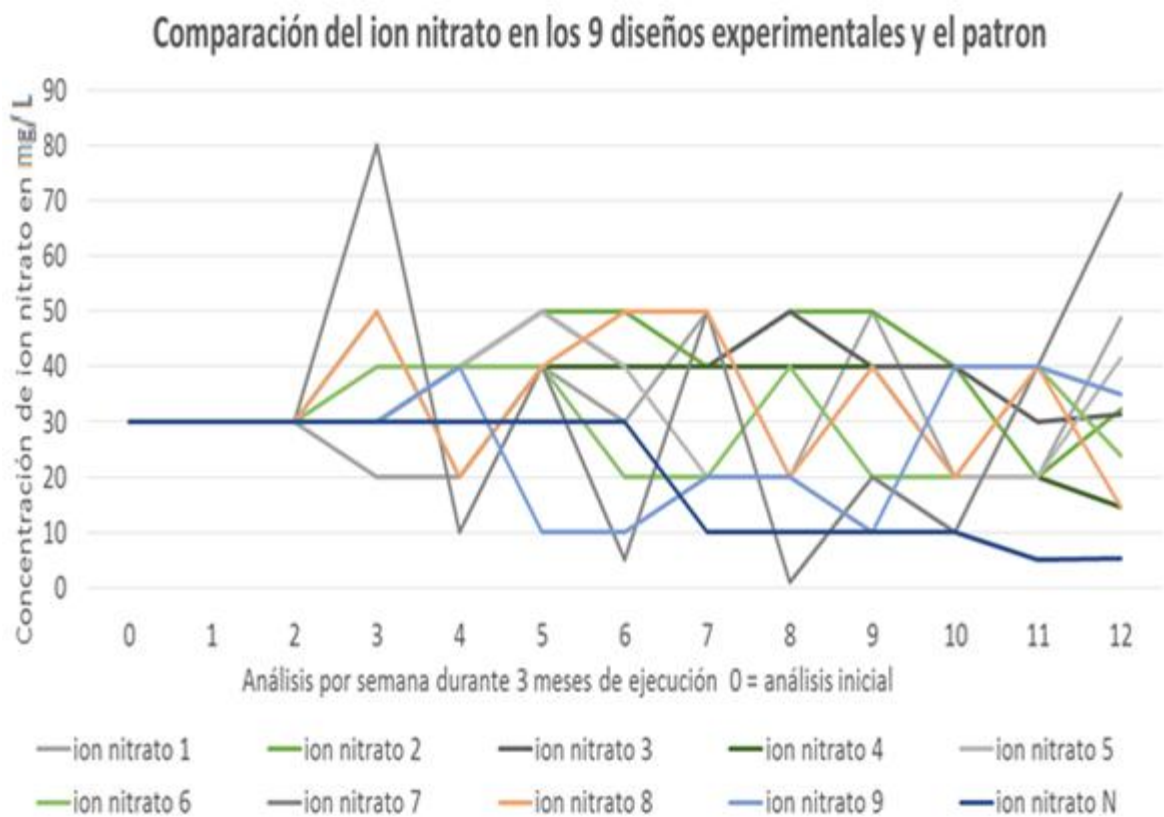


Figura 36: Análisis de ion nitrato

4.1.4. Resultados del ciclo del nitrógeno para cada tratamiento.

Con la finalidad de observar el comportamiento del nitrógeno en el agua (ion amonio, ion nitrito e ion nitrato) en relación al tiempo de ejecución llevamos los datos del ion nitrato a una décima parte para expresarlos en los siguientes gráficos

4.1.4.1. Comportamiento del ion amonio, ion nitrito e ion nitrato en el tratamiento 1

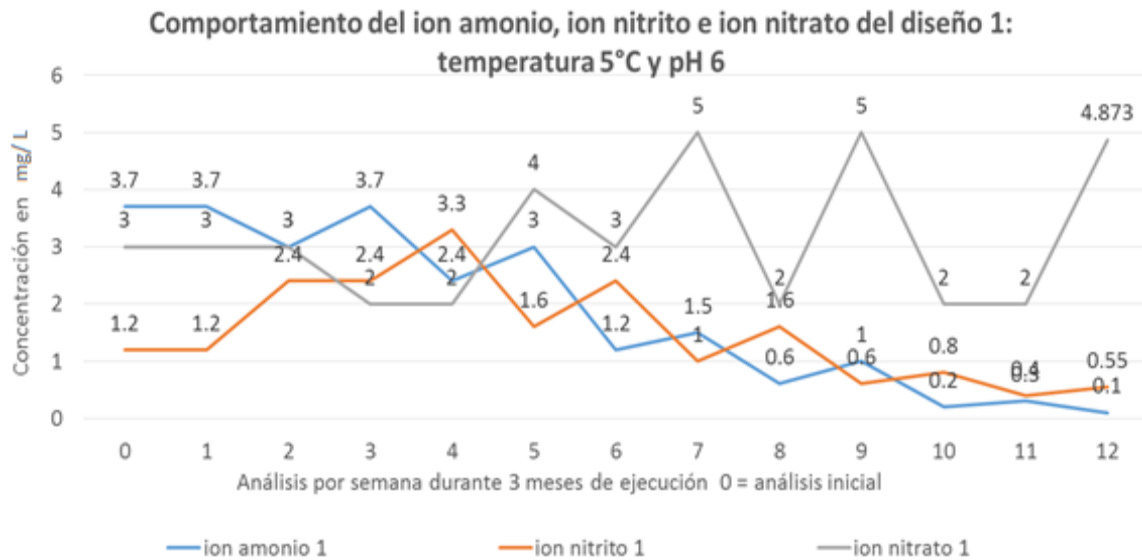


Figura 37: Comportamiento del ion amonio, ion nitrito e ion nitrato en el tratamiento 1

El análisis inicial de ion amonio, ion nitrito e ion nitrato indica concentraciones tóxicas en 3.7 mg/L y 1.2 mg/L de ion amonio e ion nitrito respectivamente, sin embargo, no para el ion nitrato con 30 mg/L, al introducir las bacterias nitrosomonas y nitrobacter la remoción de ion amonio e ion nitrito influyen en el comportamiento del ion nitrato por desnitrificación, a una temperatura baja y un pH ácido, en este caso 5 °C y pH 6, se logró remover el ion amonio hasta 0.1mg /L y el ion nitrito hasta 0.55 mg/L, lo cual logro influenciar el ion nitrato hasta 48.73 mg/L, según nuestra normativa y revisión literaria el ion amonio e ion nitrito son tóxicos para los organismos acuáticos a diferencia del ion nitrato que es aceptable.

4.1.4.2. Comportamiento del ion amonio, ion nitrito e ion nitrato en el tratamiento 2

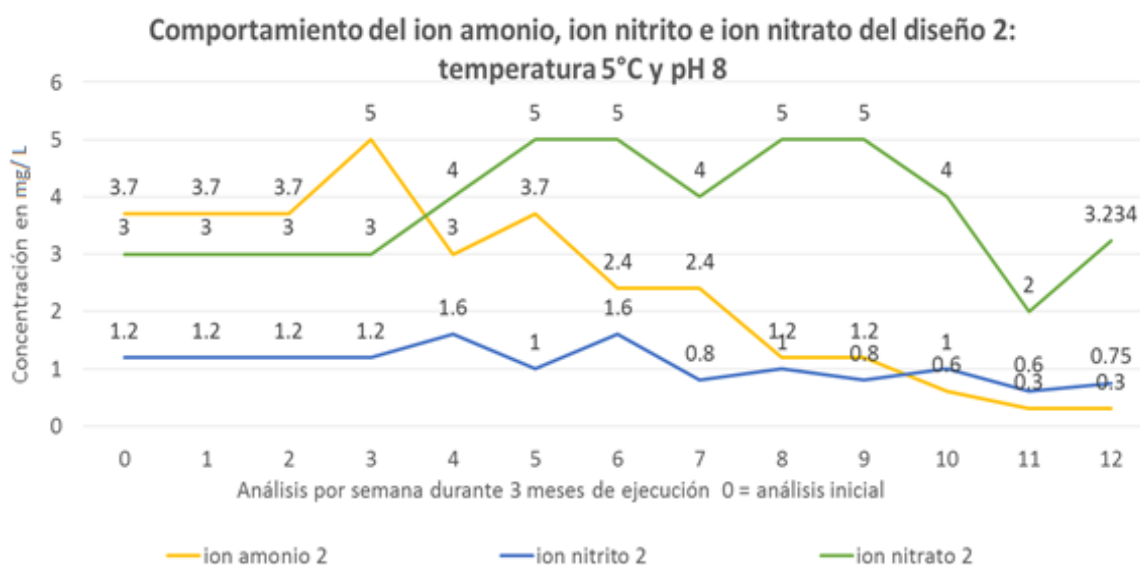


Figura 38: Comportamiento del ion amonio, ion nitrito e ion nitrato en el tratamiento 2

El análisis inicial de ion amonio, ion nitrito e ion nitrato indica concentraciones tóxicas en 3.7 mg/L y 1.2 mg/L de ion amonio e ion nitrito respectivamente, sin embargo, no para el ion nitrato con 30 mg/L, al introducir las bacterias nitrosomonas y nitrobacter la remoción de ion amonio e ion nitrito influyen en el comportamiento del ion nitrato por desnitrificación, a una temperatura baja y un pH ligeramente alcalino, en este caso 5 °C y pH 8, se logró remover el ion amonio hasta 0.30 mg /L y el ion nitrito hasta 0.75 mg/L, lo cual logro influenciar el ion nitrato hasta 32.34 mg/L que según nuestra normativa y revisión literaria el ion amonio e ion nitrito son tóxicos para los organismos acuáticos a diferencia del ion nitrato que es aceptable.

4.1.4.3. Comportamiento del ion amonio, ion nitrito e ion nitrato en el tratamiento 3

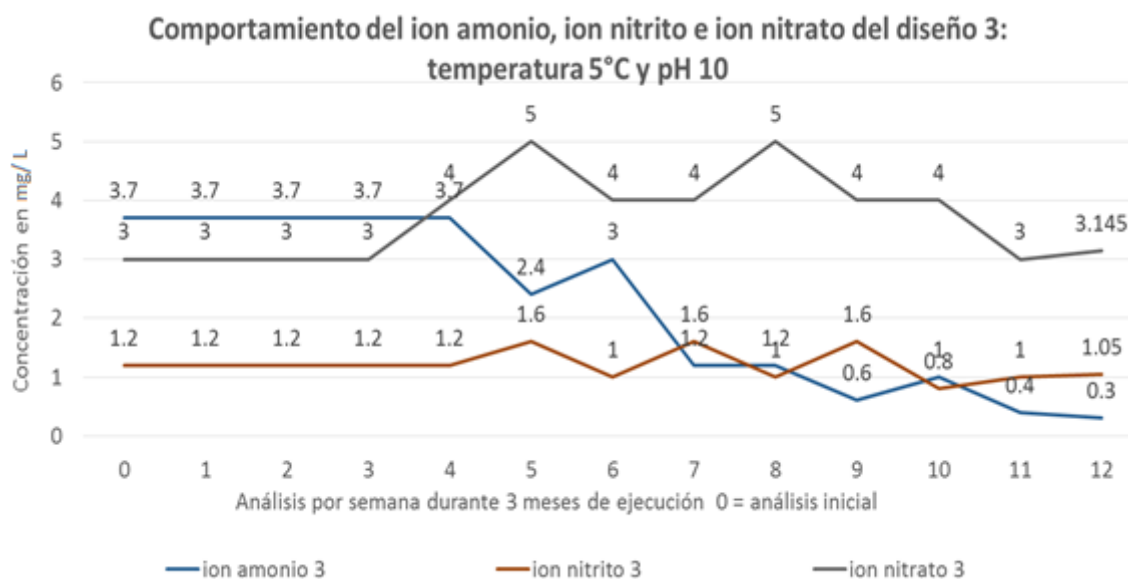


Figura 39: Comportamiento del ion amonio, ion nitrito e ion nitrato en el tratamiento 3

El análisis inicial de ion amonio, ion nitrito e ion nitrato indica concentraciones tóxicas en 3.7 mg/L y 1.2 mg/L de ion amonio e ion nitrito respectivamente, sin embargo, no para el ion nitrato con 30 mg/L, al introducir las bacterias nitrosomonas y nitrobacter la remoción de ion amonio e ion nitrito influyen en el comportamiento del ion nitrato por desnitrificación, a una temperatura baja y un pH alcalino, en este caso 5 °C y pH 10, se logró remover el ion amonio hasta 0.30 mg /L y el ion nitrito hasta 1.05 mg/L, lo cual logro influenciar el ion nitrato hasta 31.45 mg/L que según nuestra normativa y revisión literaria el ion amonio e ion nitrito son tóxicos para los organismos acuáticos a diferencia del ion nitrato que es aceptable.

4.1.4.4. Comportamiento del ion amonio, ion nitrito e ion nitrato en el tratamiento 4

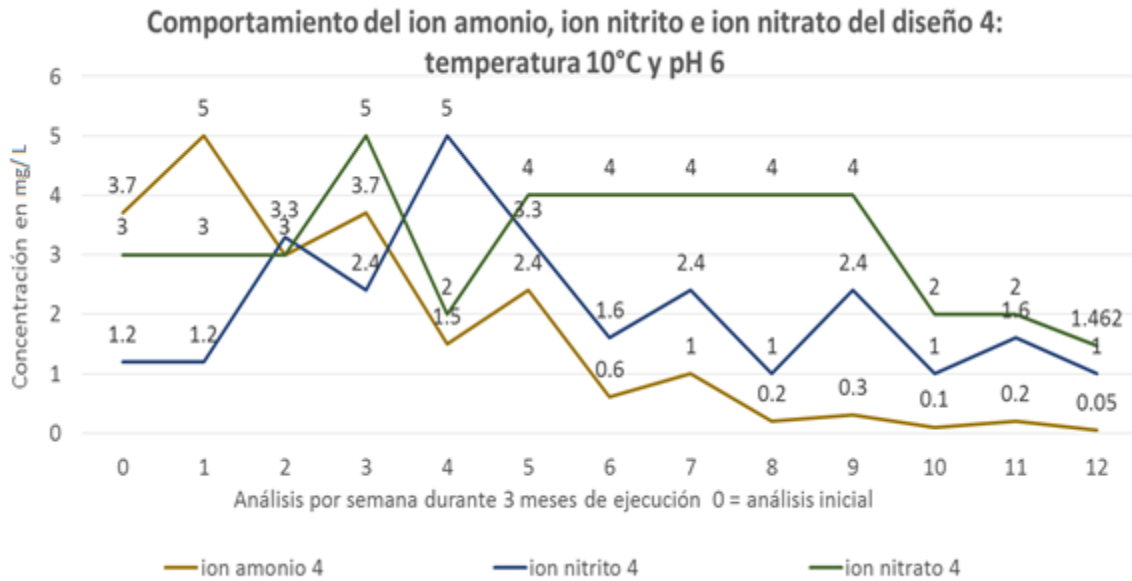


Figura 40: *Comportamiento del ion amonio, ion nitrito e ion nitrato en el tratamiento 4*

El análisis inicial de ion amonio, ion nitrito e ion nitrato indica concentraciones tóxicas en 3.7 mg/L y 1.2 mg/L de ion amonio e ion nitrito respectivamente, sin embargo, no para el ion nitrato con 30 mg/L, al introducir las bacterias nitrosomonas y nitrobacter la remoción de ion amonio e ion nitrito influyen en el comportamiento del ion nitrato por desnitrificación, a una temperatura media y un pH ácido, en este caso 10°C y pH 6, se logró remover el ion amonio hasta 0.05 mg /L y el ion nitrito hasta 1.00 mg/L, lo cual logro influenciar el ion nitrato hasta 14.62 mg/L que según nuestra normativa y revisión literaria el ion amonio es ligeramente tóxico, el ion nitrito es tóxico para los organismos acuáticos a diferencia del ion nitrato que es aceptable.

4.1.4.5. Comportamiento del ion amonio, ion nitrito e ion nitrato en el tratamiento 5

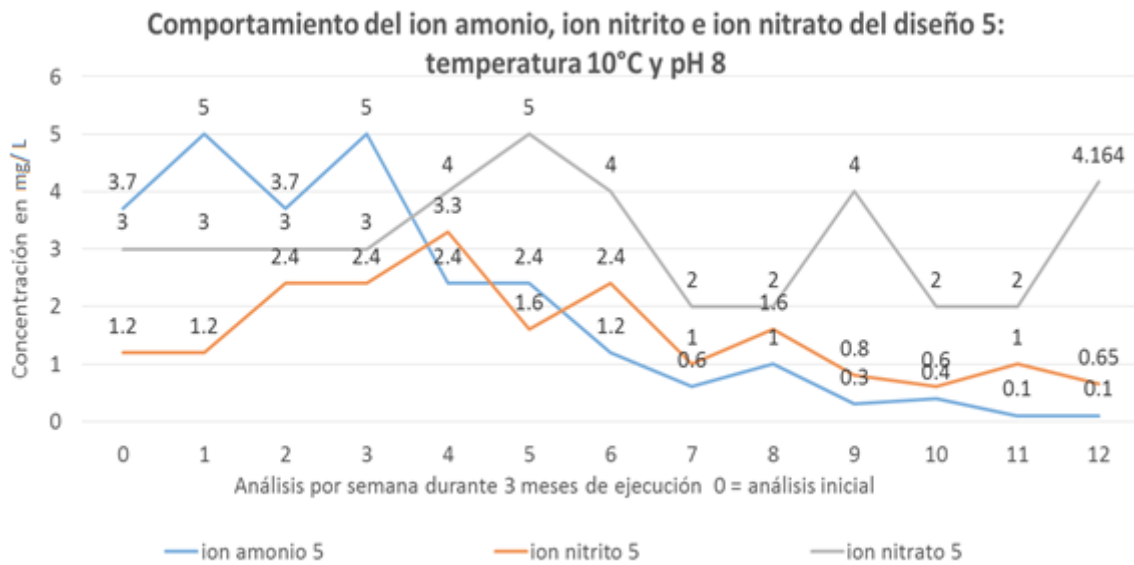


Figura 41: *Comportamiento del ion amonio, ion nitrito e ion nitrato en el tratamiento 5*

El análisis inicial de ion amonio, ion nitrito e ion nitrato indica concentraciones tóxicas en 3.7 mg/L y 1.2 mg/L de ion amonio e ion nitrito respectivamente, sin embargo, no para el ion nitrato con 30 mg/L, al introducir las bacterias nitrosomonas y nitrobacter la remoción de ion amonio e ion nitrito influyen en el comportamiento del ion nitrato por desnitrificación, a una temperatura media y un pH ligeramente alcalino, en este caso 10 °C y pH 8, se logró remover el ion amonio hasta 0.1 mg /L y el ion nitrito hasta 0.65 mg/L, lo cual logro influenciar el ion nitrato hasta 41.64 mg/L que según nuestra normativa y revisión literaria el ion amonio e ion nitrito son tóxicos para los organismos acuáticos a diferencia del ion nitrato que es aceptable.

4.1.4.6. Comportamiento del ion amonio, ion nitrito e ion nitrato en el tratamiento 6

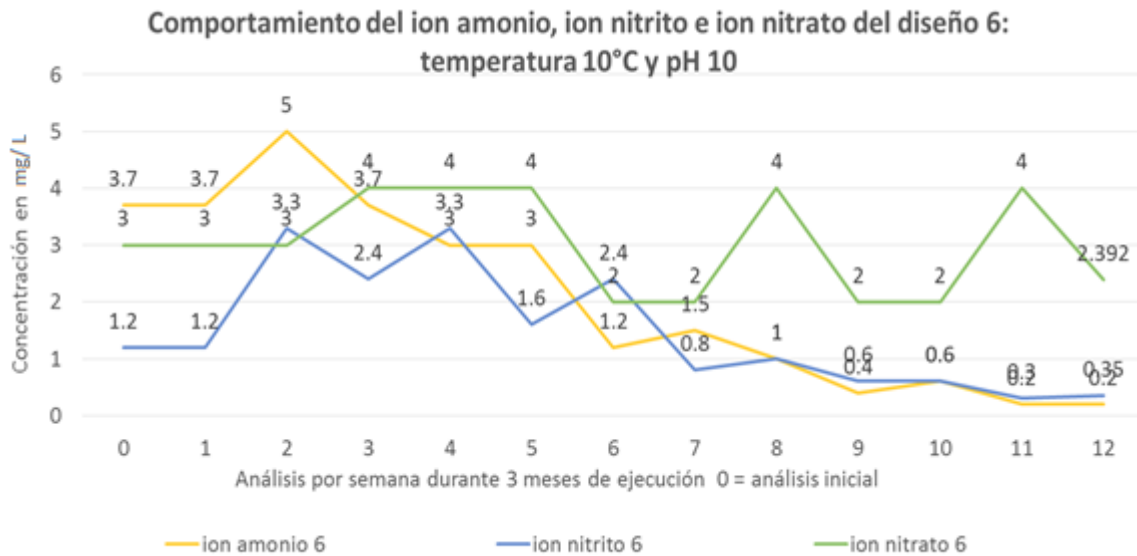


Figura 42: Comportamiento del ion amonio, ion nitrito e ion nitrato en el tratamiento 6

El análisis inicial de ion amonio, ion nitrito e ion nitrato indica concentraciones tóxicas en 3.7 mg/L y 1.2 mg/L de ion amonio e ion nitrito respectivamente, sin embargo, no para el ion nitrato con 30 mg/L, al introducir las bacterias nitrosomonas y nitrobacter la remoción de ion amonio e ion nitrito influyen en el comportamiento del ion nitrato por desnitrificación, a una temperatura media y un pH alcalino, en este caso 10 °C y pH 10, se logró remover el ion amonio hasta 0.2 mg /L y el ion nitrito hasta 0.35 mg/L, lo cual logro influenciar el ion nitrato hasta 23.92 mg/L que según nuestra normativa y revisión literaria el ion amonio e ion nitrito son tóxicos para los organismos acuáticos a diferencia del ion nitrato que es aceptable.

4.1.4.7. Comportamiento del ion amonio, ion nitrito e ion nitrato en el tratamiento 7

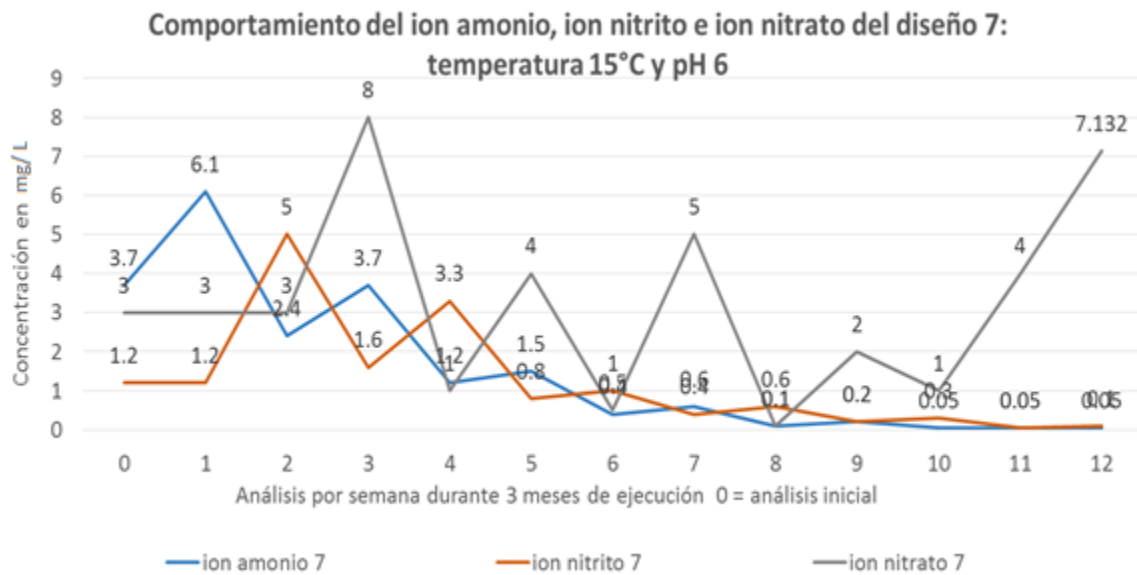


Figura 43: *Comportamiento del ion amonio, ion nitrito e ion nitrato en el tratamiento 7*

El análisis inicial de ion amonio, ion nitrito e ion nitrato indica concentraciones tóxicas en 3.7 mg/L y 1.2 mg/L de ion amonio e ion nitrito respectivamente, sin embargo, no para el ion nitrato con 30 mg/L, al introducir las bacterias nitrosomonas y nitrobacter la remoción de ion amonio e ion nitrito influyen en el comportamiento del ion nitrato por desnitrificación, a una temperatura alta y un pH ácido, en este caso 15 °C y pH 6, se logró remover el ion amonio hasta 0.05 mg/L y el ion nitrito hasta 0.1 mg/L, lo cual logro influenciar el ion nitrato hasta 71.32 mg/L que según nuestra normativa y revisión literaria el ion amonio, ion nitrito e ion nitrato son ligeramente tóxicos para los organismos acuáticos.

4.1.4.8. Comportamiento del ion amonio, ion nitrito e ion nitrato en el tratamiento 8

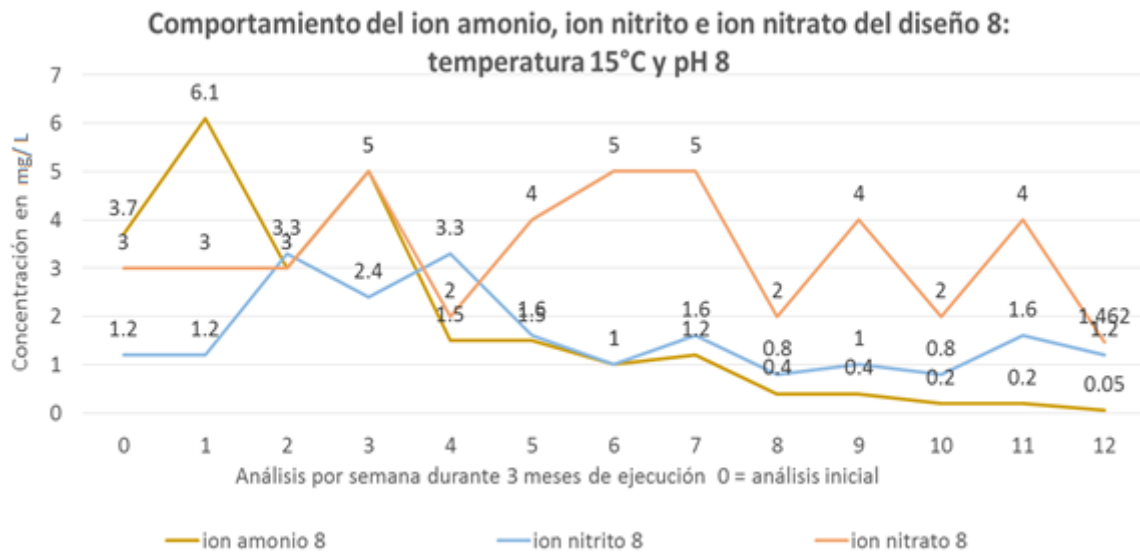


Figura 44: *Comportamiento del ion amonio, ion nitrito e ion nitrato en el tratamiento 8*

El análisis inicial de ion amonio, ion nitrito e ion nitrato indica concentraciones tóxicas en 3.7 mg/L y 1.2 mg/L de ion amonio e ion nitrito respectivamente, sin embargo, no para el ion nitrato con 30 mg/L, al introducir las bacterias nitrosomonas y nitrobacter la remoción de ion amonio e ion nitrito influyen en el comportamiento del ion nitrato por desnitrificación, a una temperatura alta y un pH ligeramente alcalino, en este caso 15 °C y pH 8, se logró remover el ion amonio hasta 0.05 mg /L y el ion nitrito hasta 1.2 mg/L, lo cual logro influenciar el ion nitrato hasta 14.62 mg/L que según nuestra normativa y revisión literaria el ion amonio es ligeramente tóxico, el ion nitrito es tóxico para los organismos acuáticos a diferencia del ion nitrato que es aceptable..

4.1.4.9. Comportamiento del ion amonio, ion nitrito e ion nitrato en el tratamiento 9

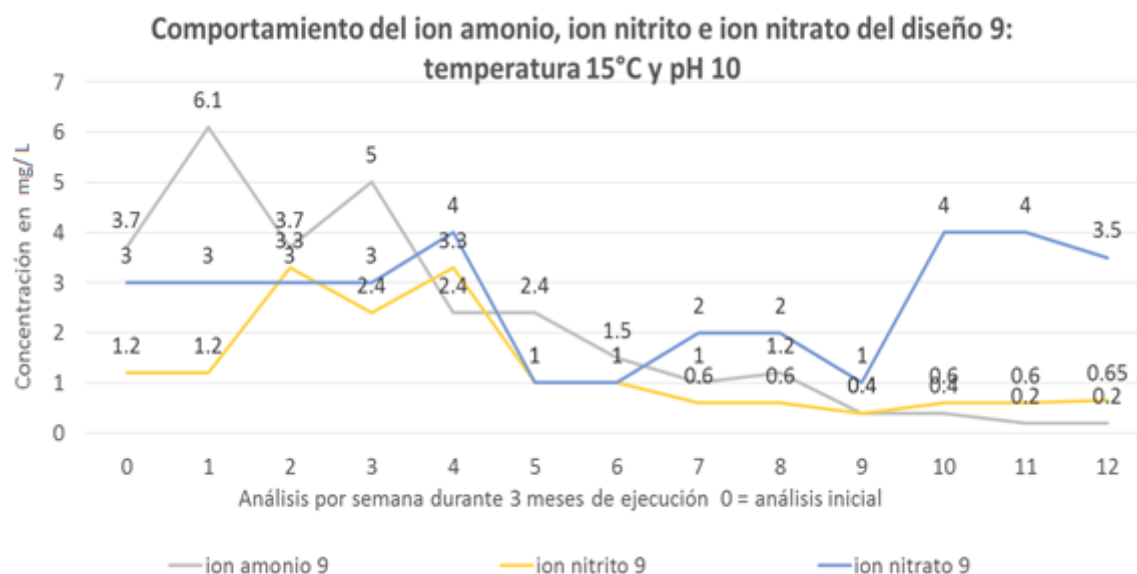


Figura 45: Comportamiento del ion amonio, ion nitrito e ion nitrato en el tratamiento 9

El análisis inicial de ion amonio, ion nitrito e ion nitrato indica concentraciones tóxicas en 3.7 mg/L y 1.2 mg/L de ion amonio e ion nitrito respectivamente, sin embargo, no para el ion nitrato con 30 mg/L, al introducir las bacterias nitrosomonas y nitrobacter la remoción de ion amonio e ion nitrito influyen en el comportamiento del ion nitrato por desnitrificación, a una temperatura alta y un pH alcalina, en este caso 15 °C y pH 10, se logró remover el ion amonio hasta 0.20 mg /L y el ion nitrito hasta 0.65 mg/L, lo cual logro influenciar el ion nitrato hasta 35 mg/L que según nuestra normativa y revisión literaria el ion amonio e ion nitrito son tóxicos para los organismos acuáticos a diferencia del ion nitrato que es aceptable.

4.1.4.10. Comportamiento del ion amonio, ion nitrito e ion nitrato en el patrón

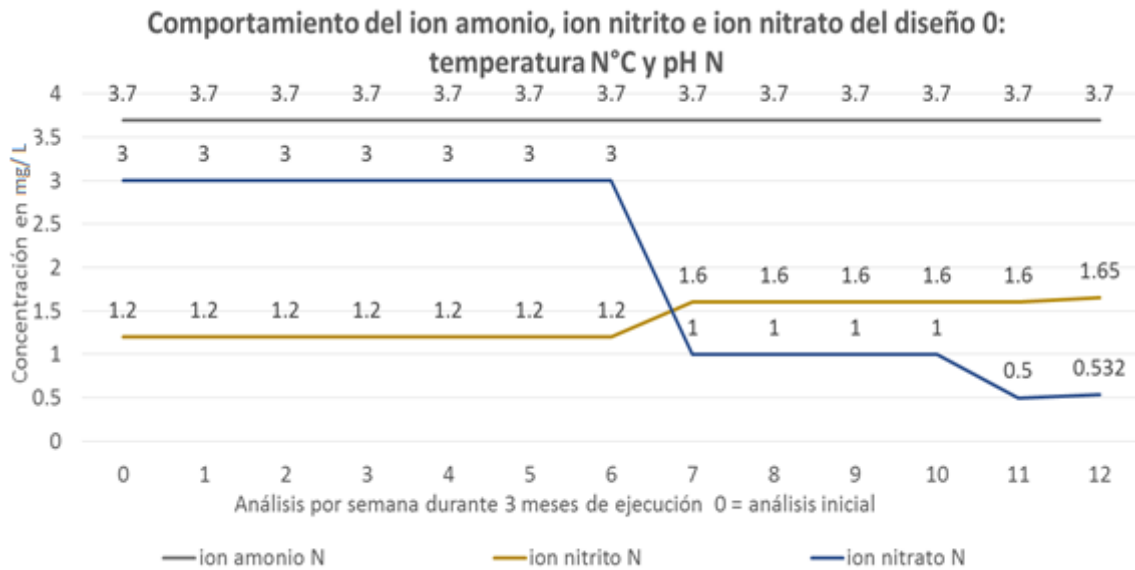


Figura 46: *Comportamiento del ion amonio, ion nitrito e ion nitrato en el patrón*

El análisis inicial de ion amonio, ion nitrito e ion nitrato indica concentraciones tóxicas en 3.7 mg/L y 1.2 mg/L de ion amonio e ion nitrito respectivamente, sin embargo, no para el ion nitrato con 30 mg/L, según nuestra normativa y revisión literaria, la disminución de ion nitrato se debe al consumo de oxígeno por las baterías anaerobias que reducen el ion nitrato y aumenta el ion nitrito así posteriormente aumentara el ion amonio en consecuencia.

4.2. Resultados estadísticos

En nuestros análisis iniciales y finales obtenidos en cada uno de nuestros tratamientos consideramos el siguiente cuadro de datos:

Tabla 8
Resultados y tipo de tratamiento empleado, inicial y final de la ejecución

tratamiento	pH	Valor estadístico	T °C	Valor estadístico	Ion amonio		Ion nitrito		Ion nitrato	
					Inicio mg/L	Final mg/L	Inicio mg/L	Final mg/L	Inicio mg/L	Final mg/L
1	6	-1	5	-1	3.7	0.1	1.2	0.55	30	48.73
2	8	0	10	-1	3.7	0.3	1.2	0.75	30	32.34
3	10	1	15	-1	3.7	0.3	1.2	1.05	30	31.45
4	6	-1	5	0	3.7	0.05	1.2	1.0	30	14.62
5	8	0	10	0	3.7	0.1	1.2	0.65	30	41.64
6	10	1	15	0	3.7	0.2	1.2	0.35	30	23.92
7	6	-1	5	1	3.7	0.05	1.2	0.1	30	71.32
8	8	0	10	1	3.7	0.05	1.2	1.2	30	14.62
9	10	1	15	1	3.7	0.2	1.2	0.65	30	35.0
0	N	N	N	N	3.7	3.7	1.2	1.65	30	5.32

4.2. Análisis estadístico

Prueba de hipótesis nula: considerando un error del 0.05 % en nuestro diseño factorial por retomar la hipótesis donde el grado de confiabilidad sobrepasa adoptamos esta hipótesis

Prueba de hipótesis del investigador: considerando un error del 0.05% en nuestro diseño factorial por descartar la hipótesis donde el grado de confiabilidad no sobre pasa es rechazada la hipótesis.

Tabla 9
Resultado de análisis p valor

Factor	SS	Df	MS	F	P
(1) Tem L+Q	0.035556	2	0.017778	16.00000	0.012346
(2) pH L+Q	0.028889	2	0.014444	13.00000	0.017778
Error	0.004444	4	0.001111		
Total SS	0.068889	8			

Fuente: Programa estadístico

Llegando a la conclusión de que los valores no sobre pasan el valor de 0.05 consideramos la hipótesis nula donde se acepta el criterio del investigador y la confiabilidad de la investigación.

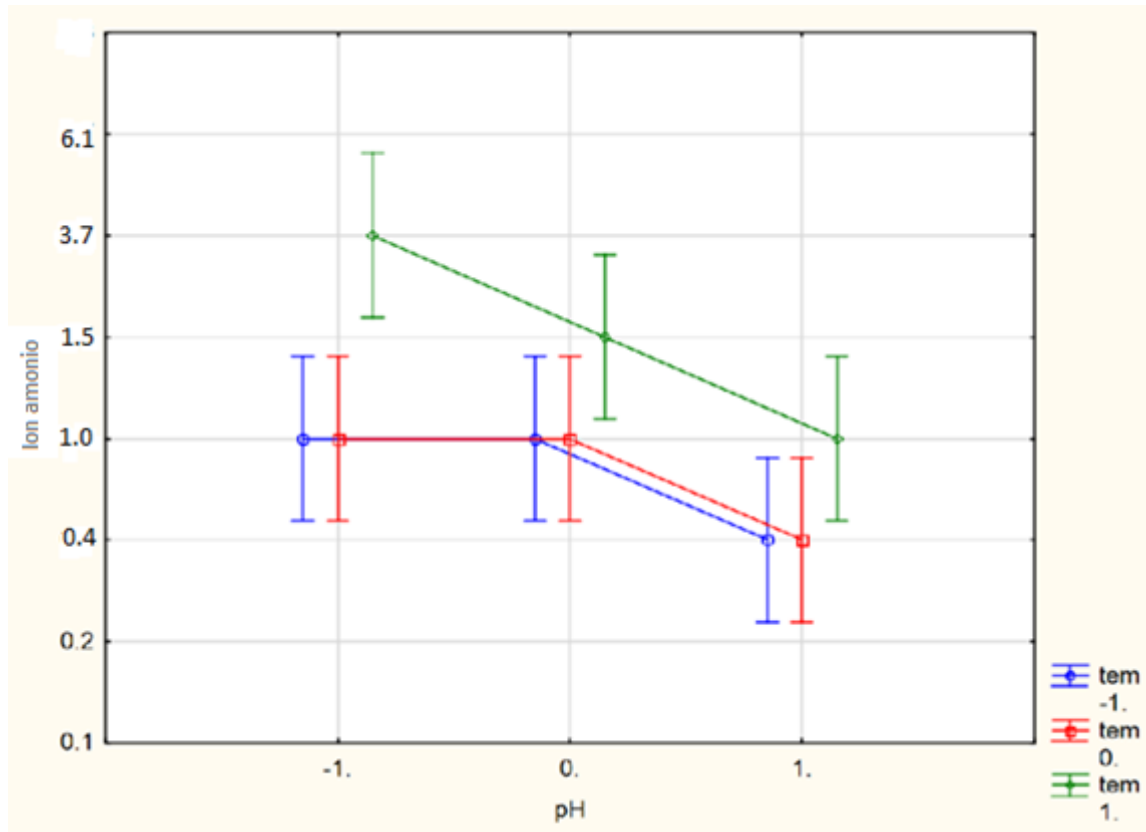


Figura 47: Resultados diseño factorial ion amonio y factores de temperatura y pH

Fuente: Programa estadístico.

La temperatura y el pH óptimos para la remoción de ion amonio son de 15°C y el pH de 6 un valor ácido, generando una disminución de ion amonio en un 100% a diferencia de los otros tratamientos podemos recalcar que la temperatura influyó más en la bacteria en cuanto a la remoción de ion amonio

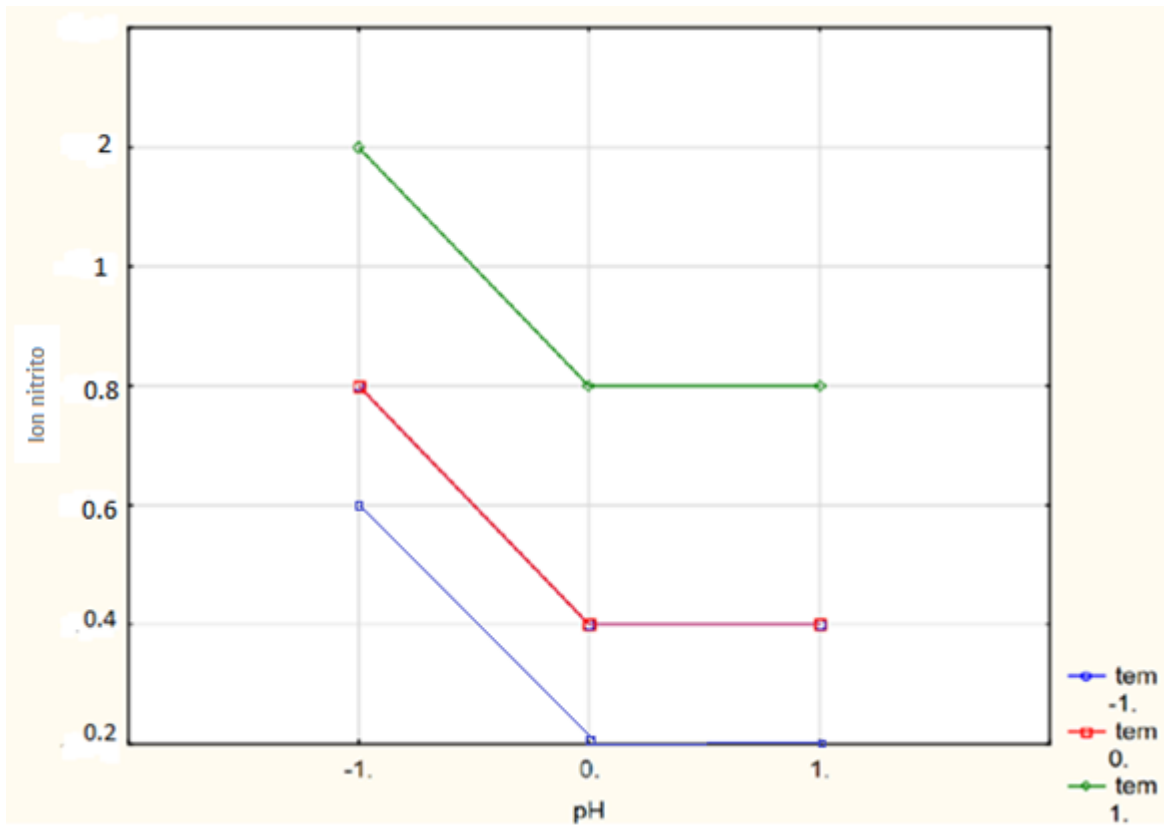


Figura 48: Resultados diseño factorial ion nitrito y factores de temperatura y pH

Fuente: Programa estadístico.

La temperatura y el pH óptimos para la estabilización de ion nitrito son de 15°C y el pH de 6 un valor ácido, generando una estabilización de ion nitrito en un 90% a diferencia de los otros tratamientos podemos recalcar que la temperatura influyó más en la bacteria en cuanto a la estabilización de ion nitrito

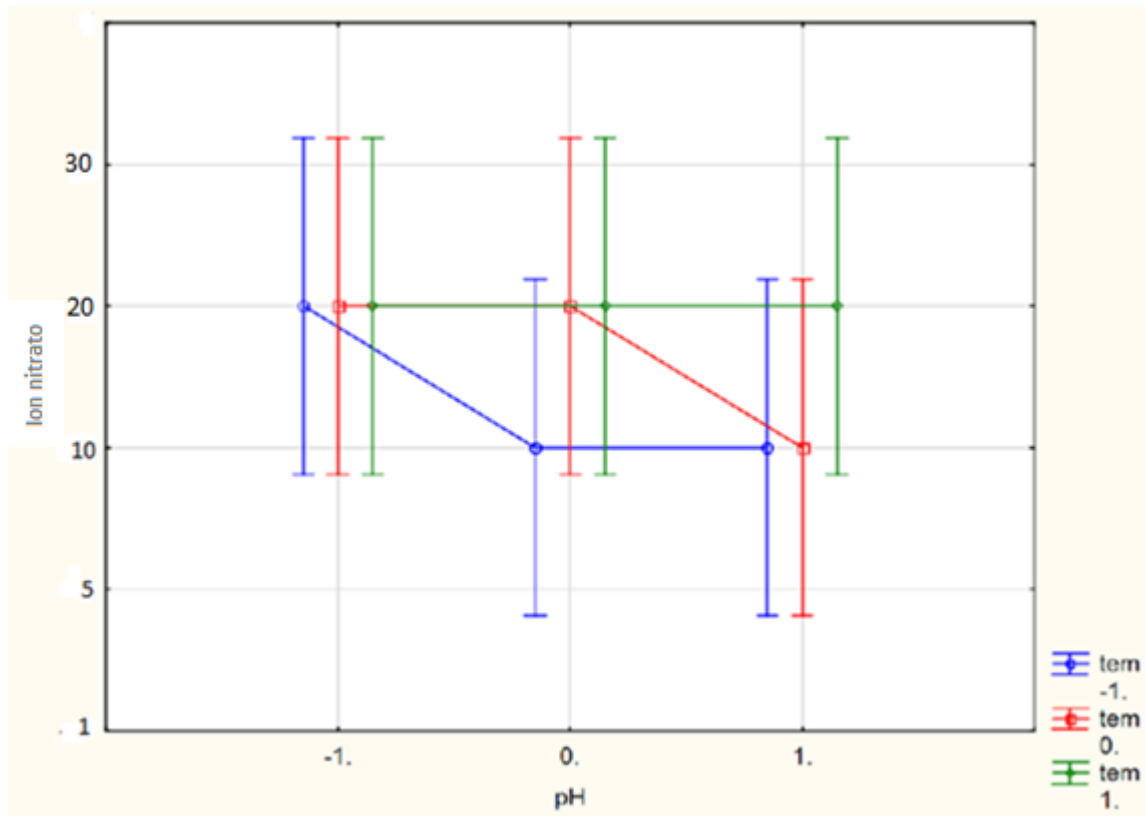


Figura 49: Resultados diseño factorial ion nitrato y factores de temperatura y pH

Fuente: Programa estadístico.

La temperatura y el pH óptimos para la estabilización de ion nitrato son de 15°C y el pH de 6 un valor ácido, generando una estabilización de ion nitrato en un 75% a diferencia de los otros tratamientos podemos recalcar que la temperatura influyó más en la bacteria en cuanto a la estabilización de ion nitrato.

4.3. Discusión

Dioses (2017) diseño un sistema de biorremediación continuo con sustrato biológico a diferencia de nuestro sustrato con material filtrante y esponjas como cepa de bacterias se obtuvo mejor resultado de remoción en la concentración de compuestos nitrogenados

Sotomayor (2016) diseñó un biofiltro para mejorar la producción de especies acuáticas utilizando un sistema de recirculación como herramienta importante para mejorar la calidad del agua de los compuestos nitrogenados logrando una remoción de 55.23% a

diferencia de nuestro tratamiento 7 removió el 100 % en cuanto al compuesto nitrogenado ion amonio

Claros (2012) trabajó su reducción de compuestos nitrogenados en 5 etapas por un periodo de 80 días, la primera etapa indica una reducción acelerada de ion amonio, la segunda etapa verifica el incremento de ion nitrito al considerar un pH de 7.8 con una reducción de ion amonio de 37%, la tercera etapa incrementa la temperatura bruscamente, los resultado del incremento de ion amonio y la compatibilidad de las bacterias se desequilibró llegando a una reducción de 20% de ion amonio, la cuarta etapa disminuyó el pH acidificando la muestra y se obtuvo una reducción de 50% y la quinta etapa mantuvo los parámetros y se alargó el plazo del cultivo obteniendo porcentajes por encima del 50% a diferencia de nuestros tratamientos consideramos distintos parámetros de principio a fin se concluye que a menor pH y mayor temperatura las bacterias nitrificantes son más eficientes

Correa (1996) describe: el tratamiento de agua residual alimentado por bombas de recirculación donde trabajó con proporciones de cepas, concluyo en una cepa amplia recomendada para el tiempo de retención del agua, mientras más es el tiempo de retención más es la eficiencia de las bacterias, sin embargo, en nuestros tratamientos se optó por un sistema de recirculación de 500 litros por hora lo que simula 10 veces la proporción de la muestra

Rodríguez (2011) considera: a las bacterias como removedores de componentes nitrogenados, sin embargo, aclara en sus diseños que el tiempo de maduración de las bacterias aumenta según su grado de estabilidad, su diseño de 8 meses considera la disminución de los compuestos de 17 % a un 98 % sin embargo en nuestro periodo de 3 meses establecido se considera 50 litros de muestra con un resultado de 100% de acuerdo a los parámetros

CAPÍTULO V

CONCLUSION Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusión

Las bacterias nitrificantes (nitrobacter y nitrosomonas) son eficientes en la reducción de las concentraciones de ion amonio, ion nitrito e ion nitrato en cuanto a su remoción y estabilización, el proceso de nitrificación transforma el ion amonio en ion nitrito y el ion nitrito en ion nitrato elevando la cantidad de ion nitrato que es aprovechable por organismos acuáticos como nutriente.

Las bacterias nitrificantes nitrosomonas influyen en la concentración de ion amonio directamente considerando el tratamiento 7 como el más eficiente debido a los parámetros controlados pH 6 y temperatura de 15 °C, las bacterias realizan el proceso de nitrificación en mayor intensidad cuando son expuestas a pH ligeramente ácido y a temperatura de 15 °C que acelera el metabolismo de las bacterias nitrosomonas.

Las bacterias nitrificantes nitrobacter interviene en la concentración de ion nitrito directamente considerando el tratamiento 7 como el más eficiente debido a los parámetros controlados pH 6 y temperatura de 15 °C, las bacterias nitrobacter son eficientes en el proceso de transformación de ion amonio a ion nitrito cuando son expuestas a un pH ligeramente ácido y a una temperatura de 15 °C que a diferencia de los demás tratamientos a esta temperatura se acelera su metabolismo de las bacterias nitrobacter

Las bacterias nitrificantes nitrobacter y nitrosomonas inciden en la concentración de ion nitrato indirectamente considerando el tratamiento 7 como el más eficiente debido a los parámetros controlados pH 6 y temperatura de 15 °C, el producto final de la nitrificación es el ion nitrato el cual es aprovechado por las bacterias como aceptor de electrones para su reproducción por el proceso de desnitrificación y es utilizado por otros organismos para su desarrollo como fuente de nutriente de nitrógeno.

5.2. Recomendaciones

La temporada de lluvias en la ciudad de Juliaca es recomendable para la ejecución in situ del proyecto debido a su identificación de bajo pH en esta temporada, con un pH 6 las bacterias nitrosomonas y nitrobacter tienen más eficiencia en su influencia del contaminante ion amonio, ion nitrito e ion nitrato obteniendo resultados en menor tiempo

En verano la temperatura ambiente en la ciudad de Juliaca llega a 18 a 20 °C promediando una variación de 5 grados para los cuerpos de agua, obteniendo así una temperatura de 15°C en la cual las bacterias nitrosomonas y nitrobacter son más eficientes en cuanto a la remoción de los contaminantes y a su acelerada reproducción en las cepas de cultivo.

A los ingresantes de la carrera de ingeniería ambiental recomiendo continuar con este tipo de investigación experimental como aporte a avance la ciencia.

REFERENCIAS

- Alonso L. & Poveda S. (2008) estudio comparativo en técnicas de recuento rápido en el mercado y placas Petri film 3M para el análisis Pontifica Universidad Javeriana Bogotá facultad de ciencias, recuperado de: URL: <http://www.javeriana.edu.co/-biblos/tesis/ciencias/tesis230.pdf>
- Andres D. (2016) ciencias aplicadas a la actividad profesional 4 ESO editex Madrid España Pág. 93, recuperado de: URL: https://books.google.com.pe/books?id=-yA7CwAAQBAJ&printsec=frontcover&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false
- Apaza F. (2014) SEDA Juliaca es el mayor problema de contaminación para la ciudad de Juliaca y para el río Torococha diario el correo Perú pág. 2, recuperado de: URL: <http://diariocorreo.pe/ciudad/seda-juliaca-es-la-mayor-contaminadora-del-r-22415/>
- Barrientos J (1986) Introducción a la estadística Inferencial Editorial Universidad estatal y a distancia Pág., 106, recuperado de: URL: <https://books.google.com.pe/books?id=-UmZecqsNgcMC&pg=PA99&dq=t+student&hl=es419&sa=X&ved=0ahUKEwiaz5Krf0MLUAhVCrD4KHcHEA0IQ6AEIJDA#v=onepage&q=t%20student&f=false>
- Campbell N. & Reece J. (2007) biología séptima edición editorial medica panamericana Madrid España ISBN 978-84-7903-998-1 Pág. 927 URL: <https://books.google.com.pe/books?id=QcU0yde9PtkC&pg=PA927&dq=AMONIA+CO+EN+EL+AGUA&hl=es419&sa=X&ved=0ahUKEwiz6KI5vfTAhVB5CYKHeQSA9UQ6AEINjAD#v=onepage&q=AMONIA+CO%20EN%20EL%20AGUA&f=false>

Canaza M., Enríquez A., Huarcaya L., Roque E. & Sanca Y. (s.f.) Auditoria de sistemas y medio ambiente, informe de auditoría de la contaminación del Rio Torococha Juliaca, Perú, recuperado de: URL:

Cárdenas G. & Sánchez I. (2013) Nitrógeno en aguas residuales orígenes efectos y mecanismos de remoción para preservar el ambiente y la salud pública, Colombia, recuperado de: URL: <http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sciarttext&pid=S012471072013000100007>

Castello F. (1993) Acuicultura marina fundamentos biológicos y tecnológicos de la producción ciencias experimentales, universidad de Barcelona España ISBN 84-475-0477-8 pág. 304, recuperado de: URL: <https://books.google.com.pe/books?id=hjwMNMgh1cQC&pg=PA309&dq=nitritos+en+el+agua&hl=es419&sa=X&ved=0ahUKEwjCuZLK7PftAhWEeCYKHf43DIoQ6AEIOjAF#v=onepage&q=nitritos%20en%20el%20agua&f=false>

Claros J. (2012) Estudio del proceso de nitrificación y des nitrificación vía nitrito para el tratamiento biológico de corrientes de agua residual con alta carga de nitrógeno amoniacal, Valencia, Universidad Politécnica de Valencia recuperado de: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/17653/tesisUPV3951.pdf?sequence=1>

Correa M. (1996) determinación de las constantes cinéticas de nitrificación en un agua residual mixta (domestica e industrial) Universidad Autónoma de Nuevo León Monterrey recuperado de: <http://eprints.uanl.mx/6588/1/1080072432.PDF>

Dioses D. (2017) Consorcios bacterianos nitrificantes inmovilizados en filtros de desechos agricolas, como biorremediadores para cultivos de litoenaeus vannamei, en agua dulce, Piura, Perú Universidad Nacional de Piura, recuperado de:

<http://repositorio.unp.edu.pe/bitstream/handle/UNP/1022/Bio-Dio-Ima-17.pdf?sequence=1>

Dirección General de Salud DIGESA (2011) política nacional de salud ambiental 2011-2020 resolución ministerial 258-2011 MINSA, Lima Perú 1era edición pág. 16, recuperado de: URL:

<http://www.digesa.minsa.gob.pe/publicaciones/descargas/POLITICA-DIGESA-MINSA.pdf>

Domene C. & Rodriguez M. (2010) nitrificación importancia medio ambiental

Microbiología definiciones y conceptos básicos, recuperado de: URL:

<http://www.ugr.es/~cjl/nitrificacion.pdf>

Escobar J. (2002) la contaminación de los ríos y sus efectos en las áreas costeras y el mar, recursos naturales e infraestructura Santiago de Chile Naciones Unidas ISBN: 16809025 pág.7, recuperado de: URL: <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/aidisar/lc11799e.pdf>

Flores I. (2013) Evaluación Ambiental y programas de remediación de la cuenca alta del Rio Rámis tesis Facultad de Ingeniería Lima Perú Pág. 22, recuperada de: URL: http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/1079/1/lobato_fa.pdf

Granado C. (2000) ecología de las comunidades el paradigma de los peces de agua dulce Universidad de Sevilla EGONDI artes gráficas España ISBN 84-472-0600-9 pág. 238, recuperado de: URL:

<https://books.google.com.pe/books?id=rLnNWgcn00sC&pg-PA238&dq=desarrollo+de+la+biota+acuatica&hl=es419&sa=X&ved=0ahUKEwj>

[q5LG6gPfTAhUJYyYKHZGcBIAQ6AEINTAE#v=onepage&q=desarrollo%20de%20la%20biota%20acuatica&f=false](http://www.losandes.com.pe/Sociedad/20141019/83480.html)

Gómez R. (2014) clausura del río Torococha, contaminación en Juliaca Diario los Andes, sociedad corporación altiplánica S.A.C. Juliaca – Perú, recuperado de: URL:

<http://www.losandes.com.pe/Sociedad/20141019/83480.html>

HACH Company (2000) Manual de análisis de agua segunda edición en español agua potable agua residual agua de mar agua de caldera agua ultra purificada EEUU, recuperado de: [URL: file:///C:/Users/JOHN%20EL%20UNICO/Downloads/Water-%20Analysis%20Manual-Spanish-Manual%20de%20Análisis%20de%20Agua.pdf](file:///C:/Users/JOHN%20EL%20UNICO/Downloads/Water-%20Analysis%20Manual-Spanish-Manual%20de%20Análisis%20de%20Agua.pdf)

Ingraham J. & Ingraham C (1998) Introducción a la microbiología Volumen 2 Editorial

Reverte S.A. España ISBN 84-291-1871-3 pág. 716, recuperado de: [URL:](https://books.google.com.pe/books?id=dUEZSXaz2UC&pg=PA716&dq=tipos+de+bacterias+nitrificantes&hl=es419&sa=X&ved=0ahUKEwjQ8YzMxcDUAhXGdz4KHbyDBXwQ6wEIIjAA#v=onepage&q=tipos%20de%20bacterias%20nitrificantes&f=false)

<https://books.google.com.pe/books?id=dUEZSXaz2UC&pg=PA716&dq=tipos+de+bacterias+nitrificantes&hl=es419&sa=X&ved=0ahUKEwjQ8YzMxcDUAhXGdz4KHbyDBXwQ6wEIIjAA#v=onepage&q=tipos%20de%20bacterias%20nitrificantes&f=false>

Jimenez B. (2001) la contaminación ambiental en Mexico causas efectos y tecnología

adecuada, editorial limusa Mexico ISBN 968-18-6042-x pág. 68, recuperado de:

URL:

https://books.google.com.pe/books?id=8MVxlyJGokIC&pg=PA67&dq=NITROGENO+AMONIACAL&hl=es419&sa=X&ved=0ahUKEwj21Pn34_fTAhVHbiYKHU94CQM6AEIJDA#v=onepage&q=NITROGENO%20AMONIACAL&f=false

Larios F., Gonzales C. & Morales Y. (2015) Las aguas residuales y sus consecuencias en el

Perú Universidad Sn Ignacio de Loyola Vol 2 ISBN 2311-7613 pág. 5, recuperado

de: URL: <http://www.usil.edu.pe/sites/default/files/revista-saber-y-hacer-v2n2.2-119set16-aguas-residuales.pdf>

Lobato A (2013) evaluación ambiental y programas de remediación de la cuenca del Río Rámis tesis Lima Perú Universidad Nacional de Ingeniería Pág. 19, recuperada de:
URL: http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/1079/1/lobato_fa.pdf

Marín R. (2003) Fisicoquímica y microbiología de los ambientes acuáticos tratamiento y control de calidad de aguas días santos S.A. Madrid España ISBN: 84-7978-590-X pág. 74, recuperado de: URL: <https://books.google.com.pe/books?id=k8bIixwJzYUC&pg=PA74&dq=MICROORGANISMOS+ACUATICOS&hl=es419&sa=X&ved=0ahUKEwi5hKLQhPftAhWIIJoKHdVCwgQ6AEINDAD#v=onepage&q=MICROORGANISMOS%20ACUATICOS&f=false>

Mollapaza T. (2017) Evaluacion de las vías de transformación de los compuestos nitrogenados en dos sistemas cerrados de cultivo de Paiche Arapaima Gigas Universidad Nacional Agraria la Molina Facultad de Pesqueria Lima Perú,
recuperado de URL: <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/3278>

Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación FAO (2013) Afrontar la escasez de agua un marco de la acción para la agricultura y la seguridad alimentaria Roma ISBN 978-92-5-307633-8 Pág. 18, recuperado de: URL: <http://www.fao.org/3/a-i3015s.pdf>

Organización de las Naciones Unidas para la Educación la Ciencia y la Cultura UNESCO (2016) informe de las naciones unidas para el desarrollo de los recursos hídricos en el mundo Agua y Empleo Paris Francia ISBN 978-92-3-300045-2 Pág. 29, recuperado de: URL: <http://unesdoc.unesco.org/images/0024/002441/244103s.pdf>

Ortega H., Hidalgo M., Trevejo G., Correa E., Cortijo A., Meza V. & Espinto J. (2012)

Lista anotada de los peces de aguas continentales del Perú estado actual del conocimiento distribución, usos y aspectos de conservación Dirección general de diversidad biológica Lima ISBN 978-612-46053-2-1 pág. 13, recuperado de: URL: http://museohn.unmsm.edu.pe/body/content/departamentos/ictiologia/Ortega_etal.2012Lista_Peces_Aguas_Cont.Peru.pdf

Pérez G. & Ramirez J. (2008) fundamentos de limnología neo tropical 2da edición

Universidad Católica de Oriente editorial Universidad de Antioquia Colombia

ISBN 978-958-714-144-3 pág. 15, recuperado de: URL

<https://books.google.com.pe/books?id=FA5-Jr7pXF1UC&printsec=frontcover&dq=ecosistema+acuatico&hl=es419&sa=X&sqi=2&pf=1&ved=0ahUKEwjf74wbTAhVKMSYKHQXMAe0Q6AEIMTAE#v=onepage&q&f=false>

Pérez R. & Giménez A. (1997) bioquímica de los microorganismos editorial Reverte S.A.

Barcelona Bogotá Buenos Aires Caracas México ISBN 84-291-7454-0 Pág. 274,

recuperado de: URL: [https://books.google.com.pe/books?id=eHK7e-](https://books.google.com.pe/books?id=eHK7e-HXBRk4C&pg=PA274&lpg=PA274&dq=nitrococcus+definicion&source=bl&ots=e1OfL67qKI&sig=IIQLS7KzhLA4A8DgHNqnmOAE1Y&hl=es419&sa=X&ved=0ahUKEwiW1rPpzPfTAhVHeCYKHQsmBsEQ6AEIJzAB#v=onepage&q=nitrococcus%20definicion&f=false)

[HXBRk4C&pg=PA274&lpg=PA274&dq=nitrococcus+definicion&source=bl&ots=e1OfL67qKI&sig=IIQLS7KzhLA4A8DgHNqnmOAE1Y&hl=es419&sa=X&ved=0ahUKEwiW1rPpzPfTAhVHeCYKHQsmBsEQ6AEIJzAB#v=onepage&q=nitrococcus%20definicion&f=false](https://books.google.com.pe/books?id=eHK7e-HXBRk4C&pg=PA274&lpg=PA274&dq=nitrococcus+definicion&source=bl&ots=e1OfL67qKI&sig=IIQLS7KzhLA4A8DgHNqnmOAE1Y&hl=es419&sa=X&ved=0ahUKEwiW1rPpzPfTAhVHeCYKHQsmBsEQ6AEIJzAB#v=onepage&q=nitrococcus%20definicion&f=false)

Pinilla G. (1998) Indicadores biológicos en ecosistemas acuáticos continentales en

Colombia centro de investigaciones científicas Universidad de Bogota Jorge Tadeo

Lozano pág. 13, recuperado de URL:

https://books.google.com.pe/books?id=tvvBgUT4YM4C-&printsec=frontcover&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false

Ponce J. (2001) Medio ambiente y el desarrollo sostenible selecta tecnologica, Universidad Pontificia Comillas, España ISBN 84-8468-033-9 pág. 121, recuperado de: URL:

<https://books.google.com.pe/books?id=wbig4qCRQZAC&pg=PA121&dq=perdida+de+biodiversidad+en+el+agua+por+contaminacion&hl=es419&sa=X&ved=0ahUKewje4Imqv8DUAhXCeD4KHZhedngQ6AEIRjAH#v=onepage&q=perdida%20de%20biodiversidad%20en%20el%20agua%20por%20contaminacion&f=false>

Rodríguez R. (2011) Eliminación biológica de nitrógeno de un efluente con alta carga orgánica y amoniacal, Universidad Politécnica de Catalunya recuperado de:

http://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/12863/Rodriguez_Urioz_Raquel.pdf

Roldan & Ramírez (2008) Fundamentos de limnología neotropical segunda edición

Universidad de Antioquia Colombia ISBN 978-958-714-144-3 pág. 373,

recuperado de: URL:

<https://books.google.com.pe/books?id=FA5Jr7pXF1UC&pg=PA373&dq=BACTERIAS+EN+EL+AGUA&hl=es419&sa=X&ved=0ahUKEwimsNbvwcDUAhXCZj4KHQwaDIgQ6AEIITAA#v=onepage&q=BACTERIAS%20EN%20EL%20AGUA&f=false>

Rosa C. & Rodriguez M. (1999) aportaciones al conocimiento del estado medio ambiental de hidrosistemas de interés internacional situados en castila la mancha, ciudad real

Universidad de Castilla ISBN 84-8427-058-0 pág. 64, recuperado de: URL:

<https://books.google.com.pe/books?id=o33AG2h39O4C&pg=PA94&dq=AMONI>

O+EN+EL+AGUA&hl=es419&sa=X&ved=0ahUKEwiHmbDq5_fTAhXH5yYKH
WFWCsgQ6AEIKjAB#v=onepage&q=AMONIO%20EN%20EL%20AGUA&f=fa
lse

Sanford G (1994) El libro completo de los peces de acuario, guía completa para identificar
escoger y mantener especies de agua dulce y marina primera edición española

Madrid ISBN 84-87756-44-1 pág. 14, recuperado de: URL:

[https://books.google.com.pe/books?id=p9DxwVlaAvwC&pg=PA14&dq=ciclo+del
+nitrogeno+en+el+agua&hl=es19&sa=X&ved=0ahUKEwiZ5r3gx8DUAhVJdD4K
HfL5BVIQ6AEIITAA#v=onepage&q=ciclo%20del%20nitrogeno%20en%20el%2
0agua&f=false](https://books.google.com.pe/books?id=p9DxwVlaAvwC&pg=PA14&dq=ciclo+del+nitrogeno+en+el+agua&hl=es19&sa=X&ved=0ahUKEwiZ5r3gx8DUAhVJdD4KHfL5BVIQ6AEIITAA#v=onepage&q=ciclo%20del%20nitrogeno%20en%20el%20agua&f=false)

Sanhez O., Herzig M., Peters E., Marquez R. & Zambrano L. (2007) Perspectivas sobre
conservación de ecosistemas acuáticos en México Instituto nacional de Ecología
pág. 51, recuperado de: URL:

<https://books.google.com.pe/books?id=uWlrkIxr3oC&->

[printsec=frontcover&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.pe/books?id=uWlrkIxr3oC&-printsec=frontcover&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false)

Solís L. & López G. (2003) principios básicos de la contaminación ambiental investigación
de la sociedad Universidad Autónoma de la Ciudad de México ISBN 9688358134
pag.56, recuperado de: URL:

<https://books.google.com.pe/books?id=pKP2BHi8FVsC&->

[printsec=frontcover&dq=contaminacion+de+ecosistemas+solis&hl=es419&sa=X&
ved=0ahUKEwjo0eSMlbrUAhXCAD4KHcp6C6sQ6AEIITAA#v=onepage&q&f=f
alse](https://books.google.com.pe/books?id=pKP2BHi8FVsC&-printsec=frontcover&dq=contaminacion+de+ecosistemas+solis&hl=es419&sa=X&ved=0ahUKEwjo0eSMlbrUAhXCAD4KHcp6C6sQ6AEIITAA#v=onepage&q&f=false)

Sotomayor C (2016) análisis de la dinámica del oxígeno y el amonio en un sistema de
recirculación con agua de mar, para el cultivo experimental en peces, Lima Peru

Universidad Nacional Agraria la Molina recuperado de:

<http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/1930/M12-S68-T.pdf?sequence=1>

Stanier R., Ingraham J., Wheelis M. & Painter P. (1992) Microbiología segunda edición Editorial Reverte S. A. España ISBN 84-291-1868-3 pág. 411, recuperado de:

URL:

https://books.google.com.pe/books?id=2u6Q2XCMDgC&pg=PA411&dq=BACTERIAS+NITRIFICANTE&hl=es419&sa=X&ved=0ahUKEwi_2_Tdw8DUAhVJdj4KHTU0CL8Q6AEILzAC#v=onepage&q=BACTERIAS%20NITRIFICANTE&f=false

Suarez J. (2007) Eliminación del nitrógeno de las aguas residuales. Proceso de nitrificación y des nitrificación Universidad de Coruña, tratamientos avanzados en Depuración pág. 2 – 11, recuperado de: URL:

[ftp://ceres.udc.es/Master en Ingenieria del Agua-/master%20antiguo antes%20del%202012/Segundo Curso/Tratamientos Avanzados del Agua/MATERIAL%20JOAQU%3C%8DN%2020102011/master_2010_ELIMINACION DE NITROGENO nov 2010.pdf](ftp://ceres.udc.es/Master%20en%20Ingenieria%20del%20Agua-/master%20antiguo%20antes%20del%202012/Segundo%20Curso/Tratamientos%20Avanzados%20del%20Agua/MATERIAL%20JOAQU%3C%8DN%2020102011/master_2010_ELIMINACION%20DE%20NITROGENO%20nov%202010.pdf)

Tragua C. (s.f.) protocolo de técnicas de muestreo y técnicas analíticas de contaminantes emergentes y prioritarios Universidad de Almería España ISBN 978-84-695-4039-8, recuperado de: URL: http://www.consolidertragua.com/documentos-/protocolo_muestreo_analisis.pdf

Valverde T., Meave J., Carabias J. & Cano Z. (2005) ecología y medio ambiente primera edición facultad de ciencias Universidad Nacional Autónoma de México ISBN 970-26-0536-9 Pág. 104, recuperado de: URL: <https://books.google.com.pe/books?id=->

[oHJqJzvVdQoC&pg=PT94&dq=ecosistema&hl=es419&sa=X&sqi=2&pf=1&ved=0ahUKEwjMob3T9_bTAhXD4yYKHR_BGQQ6AEIJAB#v=onepage&q=ecosistema&f=false](https://www.google.com/search?q=ecosistema&hl=es419&sa=X&sqi=2&pf=1&ved=0ahUKEwjMob3T9_bTAhXD4yYKHR_BGQQ6AEIJAB#v=onepage&q=ecosistema&f=false)

ANEXOS

Anexo 1: *Fichas técnicas de los materiales y productos a utilizar*

Ficha técnica Hagen nutrafin kit maestro para test 10 parámetro

MasterTest Kit, es un kit de pruebas completas e integrales

Incluye 10 parámetros prueba de fosfato, calcio, nitrato, nitrito, amoníaco, pH rango alto, pH rango bajo, dureza carbonatada, la dureza general, y de hierro.

También cuenta con 5 tubos de ensayo de vidrio con tapas, 2 pipetas, 1 cuchara y 4 libros de instrucciones, todo suministrado



en una práctica funda de transporte de plástico resistente para una mayor vida útil y la protección de los reactivos.

Mantener en un lugar fresco y seco

Detalles del producto

Dimensiones del producto: 11.4 x 33 x 35.6 cm; 1.77 Kg

Peso: 1.9 Kg

Número de modelo del producto: A7860

ASIN: B0002568FO

Producto en Amazon.com.mx

Opinión media de los clientes sobre el producto: 5.0 de un máximo de 5 estrellas

Modo de uso:

- 1) Tome con la pipeta una muestra del agua que quiere analizar y utilícela para llenar un tubo de ensayo limpio hasta la línea de 5 ml.

- 2) Añada las gotas de reactivo el en tubo de ensayo. Ponga el tapón. Mantenga con el dedo y agite bien para hacer la mezcla. Atención: Use siempre el tapón. Evite el contacto con la piel.
- 3) Espere los minutos a que aparezca el color definitivo e identifíquelo con el color más parecido en la tabla de colores. Para obtener el mejor resultado, sostenga el tubo de ensayo bien contra el papel y lea con una fuente de luz detrás de usted.
- 4) Después de usarlo, lave el tubo de ensayo con agua corriente para asegurarse de que esté limpio en el próximo uso. Contenido:

- 1 Botella de reactivo (15 ml.) para amoniaco, N°1 A-7856

- 1 Botella de reactivo (15 ml.) para amoniaco, N°2 A-7857

- 1 Botella de reactivo (10 ml.) para amoniaco, N°3 A-7858

- 1 Folleto sobre amoniaco.

- 1 Botella de reactivo (15 ml.) para calcio, N°1 A-7851

- 1 Botella de reactivo (6 ml.) para calcio, N°2 A-7852

- 1 Botella de reactivo (18 ml.) para calcio, N°3 A-7853

- 1 Folleto sobre calcio.

- 1 Botella de reactivo (17 ml.) para nitratos, N°1 A-7846

- 1 Botella de reactivo (10 ml.) para nitratos, N°2 A-7847

- 1 Botella de reactivo (10.5 ml.) para nitratos, N°3 A-7848

- 1 Folleto sobre nitratos.

- 1 Botella de reactivo (10 ml.) para fosfatos, N°1 A-7841

- 1 Botella de reactivo (10 ml.) para fosfatos, N°2 A-7852
- 1 Botella de reactivo (10 ml.) para fosfatos, N°3 A-7843
- 1 Folleto sobre fosfatos.
- 1 Botella de reactivo para dureza carbonatada (15 ml.) A-7831
- 1 Botella de reactivo para dureza general (10 ml.) A-7832
- 1 Folleto sobre dureza general/carbonatada.
- 1 Botella de reactivo para nitritos #1 (16 ml.) A-7826
- 1 Botella de reactivo para nitritos #2 (10 ml.) A-7827
- 1 Folleto sobre nitritos.
- 1 Botella de reactivo para pH (7,4-8,6) (15ml.) A-7813
- 1 Folleto sobre pH – espectro superior.
- 1 Botella de reactivo para pH(6,0-7,6) (18 ml.) A-7811
- 1 Folleto sobre sobre pH – espectro Inferior.
- 1 Botella de reactivo para hierro #1 (7,5 ml.) A-7836
- 1 Frasco de reactivo #2 (5 g.) A-7837
- 1 Folleto sobre hierro.
- 1 cuchara, 2 pipetas, 5 tubos de ensayo de vidrio, con tapa.

Precauciones:

Contiene ingredientes que pueden ser nocivos.

Lea las Advertencias de cada recipiente.

Utilice preferentemente dentro del año posterior a su apertura.

Algunas sustancias químicas pueden oxidar ciertas superficies

Mantener en un lugar fresco y seco.

Mantener fuera del alcance de los niños.

Se recomienda la supervisión por parte de los adultos.

En caso de entrar en contacto con los ojos, enjuáguelos inmediatamente con agua abundante y procure asistencia médica.

Lleve guantes adecuados.

En caso de indigestión, procure asistencia médica inmediatamente.

Para más información, consultar el manual adjunto

JBL Denitrol Bacterias Nitrificantes

Jbl Denitrol bacterias elimina nitritos de una forma biológica. Desintoxica el agua con una fórmula exclusiva utilizando bacterias de limpieza altamente activos y enzimas.

Previene la pérdida de peces con ocho cultivos bacterianos complementarios para la descomposición de las proteínas (bacterias heterótrofas), amonios y nitritos.

Consiste en añadir durante 10 días **JBL**

Denitrol al acuario a la dosis recomendada.

Los primeros peces pueden ser añadidos al acuario a las 48 horas después de la aplicación de JBL Denitrol.

Es frecuente la discusión de si se puede añadir peces a un acuario tan pronto como un día después de su puesta en marcha. Los microbiólogos han descubierto que las bacterias en un nuevo acuario se reproducen muy lentamente, si no se produce la contaminación del agua (nutrición para las bacterias). Si se añaden peces sin iniciador bacteriano como JBL Denitrol, al día siguiente, surgirán problemas de ion amonio / amoníaco.

Las bacterias se reproducen muy lentamente al principio y no pueden seguir el ritmo de la contaminación. Mediante el uso de JBL Denitrol (1 hora después de la adición de JBL Biotopol) se añaden grandes cantidades de bacterias que asegurarán suficientes bacterias para que ni ion amonio, ni amoniaco, ni ion nitritos sean un problema.

Formatos: 100 ml y 250 ml.



JBL Denitrol 100 ml

N.º de art.: 2306160

Código EAN: 4014162014429

Contenido: 100 ml para: 3000 l

Volumen embalaje: 0.230 l

Peso bruto: 124.000 g

Peso neto: 100 g

Factor de peso: 1000

Medidas (l/h/b): 30/125/60 mm

Anexo 2: Panel fotográfico



Fotografía 1: Cepa de cultivo



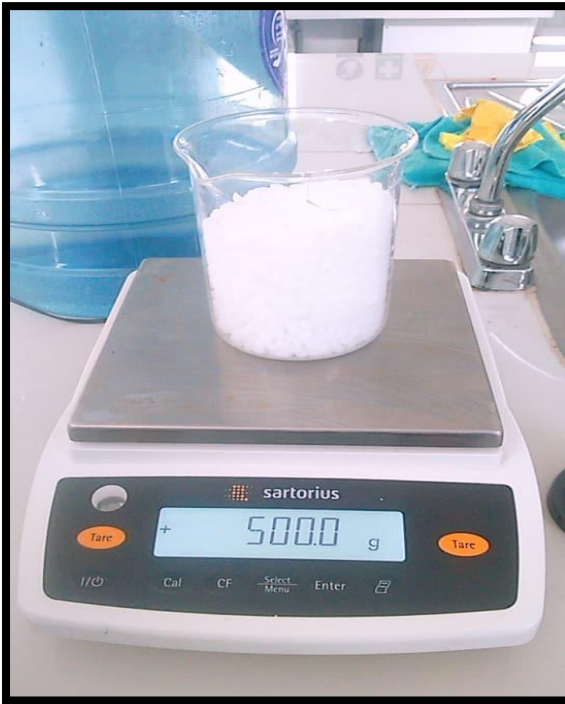
Fotografía 2: Bacterias nitrificantes



Fotografía 3: Maduración de las cepas



Fotografía 4: Bomba de agua 500 L/h



Fotografía 5: Hidróxido de sodio



Fotografía 6: Termómetros analógicos



Fotografía 7: Ácido clorhídrico



Fotografía 8: Preparación de los acuarios



Fotografía 9: Toma de muestra del río



Fotografía 10: Equipos de protección personal



Fotografía 11: Transporte de la muestra



Fotografía 12: Introducción de la muestra



Fotografía 13: Llenado de los acuarios.



Fotografía 14: Instalación de las cepas de Cultivo.



Fotografía 15: Inicio de introducción de bacterias



Fotografía 16: Adecuación pH 6



Fotografía 17: Adecuación pH 8



Fotografía 18: Adecuación pH 10



Fotografía 19: Seguimiento de los parámetros analizados



Fotografía 20: Supervisión del proyecto en ejecución



Fotografía 21: Resultados tratamiento 1



Fotografía 22: Resultados tratamiento 2



Fotografía 23: Resultados tratamiento 3



Fotografía 24: Resultados tratamiento 4



Fotografía 25: Resultados tratamiento 5



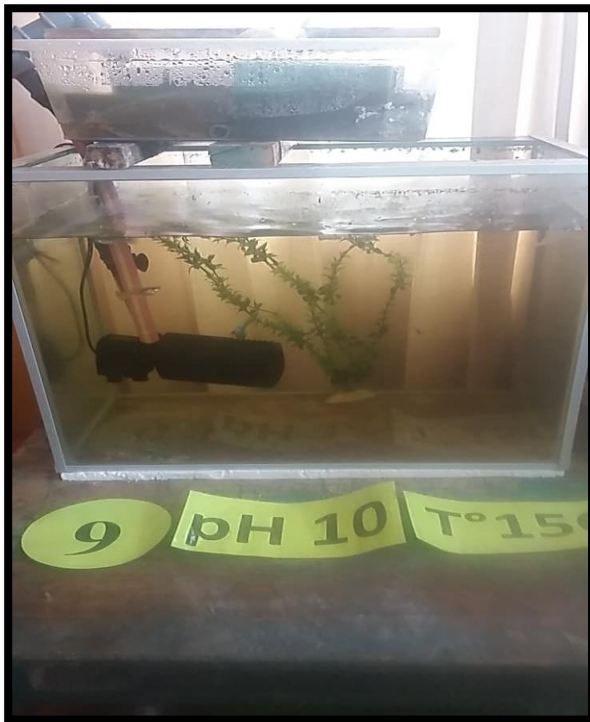
Fotografía 26: Resultados tratamiento 6



Fotografía 27: Resultados tratamiento 7



Fotografía 28: Resultados tratamiento 8



Fotografía 29: Resultados tratamiento 9



Fotografía 30: Resultados tratamiento 0



Fotografía 31: Reactor HANNA



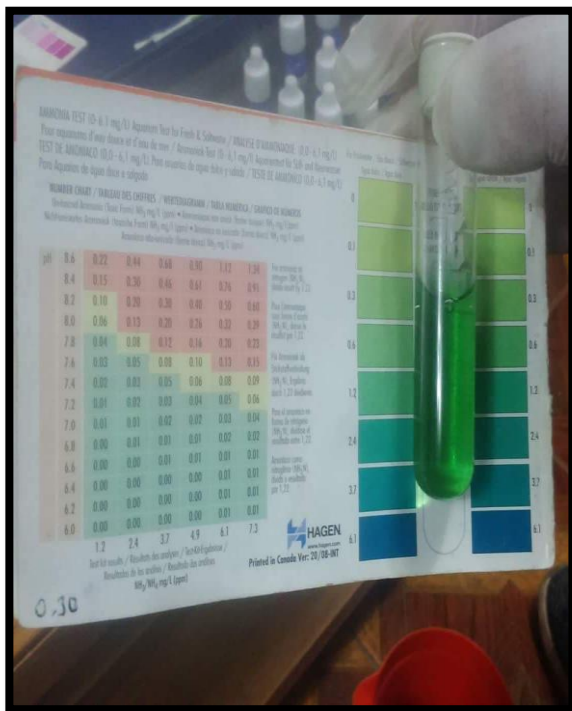
Fotografía 32: Fotómetro multi parámetro



Fotografía 33: Resultados en el fotómetro



Fotografía 34: Análisis en laboratorio UPEU



Fotografía 35: Análisis de ion amonio



Fotografía 36: Análisis de ion nitrito



Fotografía 37: Análisis de ion nitrato



Fotografía 38: Análisis de ion amonio UPeU



Fotografía 39: Análisis de pH



Fotografía 40: Análisis de ion nitrato



Fotografía 41: Comparación con la cartilla



Fotografía 42: Análisis de ion nitrito



Fotografía 43: Análisis de ion amonio



Fotografía 44: Goteo de reactivos



Fotografía 45: Análisis final UPeU



Fotografía 46: Kit maestro HAGEN