UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONIO GUILLERMO URRELO



Facultad de Ingeniería

Carrera Profesional de Ingeniería Ambiental y Prevención de Riesgos

ESTUDIO DE LA DINÁMICA DEL NITRÓGENO AMONIACAL EN CONTACTO CON DIFERENTES SISTEMAS ACONDICIONADOS EN LABORATORIO, CAJAMARCA-2018

Nora Milagros Mishel Barba Peregrino

Eliana Tarsis Cortez Vásquez

Asesor:

Mg. Ing. Fernando Camilo Joaquín Rodríguez

Cajamarca-Perú

Enero-2019

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONIO GUILLERMO URRELO



Facultad de Ingeniería

Carrera Profesional de Ingeniería Ambiental y Prevención de Riesgos

ESTUDIO DE LA DINÁMICA DEL NITRÓGENO AMONIACAL EN CONTACTO CON DIFERENTES SISTEMAS ACONDICIONADOS EN LABORATORIO, CAJAMARCA-2018

Tesis presentada en cumplimiento parcial de los requerimientos para optar el Título Profesional de Ingeniero Ambiental y Prevención de Riesgos

Bach. Nora Milagros Mishel Barba Peregrino

Bach. Eliana Tarsis Cortez Vásquez

Asesor: Mg. Ing. Fernando Camilo Joaquín Rodríguez

Cajamarca-Perú

Enero-2019

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONIO GUILLERMO URRELO FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y PREVENCIÓN DE RIESGOS

APROBACIÓN DE TESIS PARA OPTAR TÍTULO PROFESIONAL

ESTUDIO DE LA DINÁMICA DEL NITRÓGENO AMONIACAL EN CONTACTO CON DIFERENTES SISTEMAS ACONDICIONADOS EN LABORATORIO, CAJAMARCA-2018

Presidente:	
Secretario:	
X 7 1	
Vocal:	
Asesor:	

COPYRIGHT © 2019 BY

NORA MILAGROS MISHEL BARBA PEREGRINO

ELIANA TARSIS CORTEZ VÁSQUEZ

Todos los derechos reservados

A:

Mi padre Segundo Barba por su amor incondicional, porque fue mi guía y mi principal motivo para seguir adelante.

A mi hermano Emanuel Barba por darme los ánimos para continuar luchando por mis sueños.

Nora Milagros Mishel Barba Peregrino

Mi abuela y mi madre, por ser ejemplo, guía y soporte para mí, estando en cada momento de mi vida, especialmente en aquellos momentos difíciles, asimismo por su amor incondicional, el cual fue mi motor fundamental para llegar hasta donde estoy ahora.

A mi hermana, por su ánimo muy particular, recordándome con una sonrisa que todo es posible cuando se quiere.

Eliana Tarsis Cortez Vásquez

i

AGRADECIMIENTO:

- Agradecer en primer lugar a Dios por darnos la vida, salud, sabiduría y fuerza para poder lograr nuestros objetivos.
- A nuestros padres, por su cariño y apoyo día a día, recordándonos que siempre hay que luchar por lo que uno quiere.
- A nuestro asesor Mg. Ing. Fernando Camilo Joaquín Rodríguez, por su esfuerzo y dedicación, por sus conocimientos transmitidos, su paciencia y guía, que han contribuido fundamentalmente a nuestra formación profesional y personal; asimismo recalcar nuestra lealtad y admiración hacia su persona por la labor que ejerce y la gran persona que es.
- A nuestros amigos y docentes por su disponibilidad cuando los hemos necesitado.

RESUMEN

La presente investigación tuvo por finalidad evaluar la dinámica del nitrógeno

amoniacal en el agua a medida que éste va circulando por los diversos sistemas

naturales. Para lograr tal objetivo se planteó la realización de pruebas en laboratorio

las cuales consistían en acondicionar sistemas, variando el tipo de sustrato, que

estuvo en contacto con el agua, el pH y la velocidad de flujo, realizando mediciones

cada cierto tiempo de la concentración de nitrógeno amoniacal presente así como

de oxígeno disuelto y la temperatura; cabe recalcar que el agua utilizada en las

pruebas contenía nitrógeno amoniacal, permitiéndonos verificar los cambios en este

parámetro; dicha agua fue recolectada de la descarga de una piscigranja. Los datos

obtenidos en las pruebas de laboratorio fueron tratados estadísticamente mediante

el programa Excel y haciendo uso del software Minitab. Del estudio realizado se

concluye que la dinámica del nitrógeno amoniacal en contacto con diferentes

sistemas acondicionados en laboratorio está influenciada por los factores, como

son: el tipo de sustrato, pH, velocidad de flujo y tiempo. De acuerdo a los factores

analizados se determinó que en suelo calizo, a pH alto, con mayor agitación y en

un periodo de dos días, existe mayor influencia dinámica en la concentración de

nitrógeno amoniacal presente en el agua. Para el caso de la presencia de oxígeno

disuelto y una variación de temperatura entre 16.4°C hasta 21.1°C no se mostró

efecto en la dinámica del nitrógeno amoniacal.

Palabras claves: Nitrógeno amoniacal, dinámica, factores.

iii

ABSTRACT

The purpose of this research was to evaluate the dynamics of ammoniacal nitrogen

in water as it circulates through the different natural systems. To achieve this

objective, laboratory tests were carried out, which consisted of conditioned systems,

by varying the type of substrate, that was in contact with water, pH and flow

velocity, making measurements every some time of the concentration of

ammoniacal nitrogen as dissolved oxygen and temperature; it's worth say that the

water used in the tests contained ammonia nitrogen, allowing us to verify the

changes in this parameter; this water was collected from the discharge of a

piscigranja. The data obtained in the laboratory tests were statistically treated

through the excel program and using the Minitab software. From the study carried

out, it is concluded that the dynamics of ammonia nitrogen in contact with different

systems conditioned in the laboratory is influenced by factors such as type of

substrate, pH, flow rate and time. According to the analyzed factors, it was

determined that in a limestone soil, at a high pH, with greater agitation and at a

period of two days, there is a greater dynamic influence in the concentration of

ammoniacal nitrogen present in the waters. In the case of the presence of dissolved

oxygen and a temperature variation between 16.4°C to 21.1°C, no effect was shown

on the dynamics of the ammoniacal nitrogen.

Keywords: Ammoniacal nitrogen, dynamics, factors.

iv

CONTENIDO

DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTO:	ii
RESUMEN	iii
ABSTRACT	iv
CONTENIDO	v
LISTA DE TABLAS	viii
LISTA DE FIGURAS	ix
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	1
1. Planteamiento del problema	1
1.1.Descripción de la realidad problemática	1
1.2.Definición del problema	2
1.3.Objetivos de la investigación	2
1.3.1.General:	2
1.3.2.Específicos:	3
1.4. Justificación e importancia	3
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	5
2. Fundamentos teóricos de la investigación	5
2.1.Antecedentes teóricos	5
2.2.Marco histórico	8
2.3.Marco teórico	9
2.3.1.Ciclo del Nitrógeno	9
2.3.2.Amoniaco	18
2.3.3.Ion amonio	20
2.3.4.Nitrógeno Amoniacal	21
2.3.5.Cálculo del nitrógeno amoniacal total	23
2.3.6.Sustrato	25
2.3.7.Dinámica	26
2.3.8. Velocidad de Flujo	32
2.3.9.Parámetros fisicoquímicos	33
2.3.10.Potencial de Hidrógeno	34
2.3.11.Oxígeno disuelto	35
2.3.12.Temperatura	38
2.3.13.Límites del nitrógeno amoniacal	40
2.4.Definición de términos básicos	41
2.4.1.Nitrógeno amoniacal:	41
2.4.2.Dinámica de los contaminantes:	41
2.4.2 Sistemas naturales	42

	2.4.4.Acondicionamientos	42
	2.4.5.Equipo de "jar test"	43
	2.5.Hipótesis	43
	2.5.1.Operacionalización de las variables	43
C	APÍTULO III: MÉTODO DE INVESTIGACIÓN	46
	3.1.Tipo de investigación	46
	3.2.Diseño de investigación	46
	3.2.1.Diseño experimental puro o "verdaderos"	46
	3.3.Área de investigación	48
	3.4.Población	49
	3.5.Muestra	49
	3.6.Técnicas e instrumentos de recolección de datos	49
	3.6.1.Técnicas de investigación	49
	3.6.2.Procedimiento experimental	50
	3.6.3.Equipos, reactivos, materiales y otros	59
	3.7.Técnicas para el procesamiento y análisis de datos	60
	3.7.1.Tratamiento estadístico	60
	3.8.Interpretación de datos	60
C	APÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	61
	4.1.Especificaciones de factores y niveles	61
	4.2.Datos obtenidos en pre-pruebas y post-pruebas	62
	4.3.Datos de remoción de concentración de NH ₄ ⁺	63
	4.4. Análisis e interpretación de resultados respecto al sustrato	63
	4.4.1.Análisis estadístico respecto al sustrato	63
	4.4.2.Discusión de resultados respecto al sustrato	68
	4.5. Análisis e interpretación de resultados respecto al pH.	71
	4.5.1.Análisis estadístico respecto al pH	71
	4.5.2.Discusión de resultados respecto al pH.	76
	4.6. Análisis e interpretación de resultados respecto a la velocidad de flujo	77
	4.6.1. Análisis estadístico respecto a la Velocidad de flujo	77
	4.6.2.Discusión de resultados respecto a la velocidad de flujo.	81
	4.7. Análisis e interpretación de resultados respecto al tiempo	82
	4.7.1.Análisis estadístico respecto al tiempo	82
	4.7.2.Discusión de resultados respecto al tiempo	86
	4.8.Relación de NH ₄ ⁺ con respecto al oxígeno disuelto.	88
	4.8.1.Discusión de resultados respecto al Oxígeno Disuelto	89
	4.9.Relación de NH ₄ ⁺ con respecto a la temperatura.	90
	4.9.1.Discusión de resultados respecto a la Temperatura.	90
	4 10 Efectos principales – Contrastación de Hipótesis	91

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Rangos de concentración de oxígeno disuelto y consecuencias ecosistémicas frecuente	es 36
Tabla 2: Dependencia de la concentración de oxígeno disuelto respecto a la temperatura del agu	
Tabla 3: Límites del nitrógeno amoniacal	41
Tabla 4: Definición operacional de variables	44
Tabla 5: Coordenadas del punto de extracción de la muestra	48
Tabla 6: Matriz de diseño experimental	
Tabla 7: Factores y niveles	
Tabla 8: Datos obtenidos en pre y post pruebas	62
Tabla 9: Datos de remoción de concentración de NH ₄ ⁺	63
Tabla 10: Hipótesis estadística de ANOVA para factor sustrato	63
Tabla 11: Análisis de varianza para factor sustrato	64
Tabla 12: Comparaciones en parejas de Tukey para factor sustrato	64
Tabla 13: Pruebas simultáneas de Tukey para diferencias de meas para factor sustrato	65
Tabla 14: Hipótesis estadística de ANOVA para factor pH	71
Tabla 15: Análisis de varianza para factor pH	72
Tabla 16: Comparaciones en parejas de Tukey para factor pH	72
Tabla 17: Pruebas simultáneas de Tukey para diferencias de las medias para factor pH	73
Tabla 18: Hipótesis estadística de ANOVA para factor velocidad de flujo	77
Tabla 19: Análisis de varianza para factor velocidad de flujo	77
Tabla 20: Comparaciones en parejas de Tukey para factor velocidad de flujo	
Tabla 21: Pruebas simultáneas de Tukey para diferencias de las medias para factor velocidad de	e
flujo	78
Tabla 22: Hipótesis estadística de ANOVA para factor sustrato	
Tabla 23: Análisis de varianza para factor tiempo	
Tabla 24: Comparaciones en parejas de Tukey para factor tiempo	
Tabla 25: Pruebas simultáneas de Tukey para diferencias de las medias para factor sustrato	
Tabla 26: pH, concentración de nitrógeno en suelo calizo y suelo topsoil	. 102

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Molécula del Amoniaco	19
Figura 2: Formación de ion amonio a partir del amoniaco	20
Figura 3: Molécula del ion amonio	21
Figura 4: Rango de pH	35
Figura 5: Ubicación del punto de extracción de la muestra	48
Figura 6: Esquema general de set de pruebas	53
Figura 7: Procedimiento experimental	57
Figura 8: Gráfica de comparaciones en parejas de Tukey para factor sustrato	65
Figura 9: Gráfica de cajas de NH4 ⁺ para factor sustrato	67
Figura 10: Gráfica de intervalos para factor sustrato	68
Figura 11: Gráfica de comparaciones en parejas de Tukey para factor pH	73
Figura 12: Gráfica de cajas de NH4+ para factor pH	75
Figura 13: Gráfica de intervalos para factor pH	76
Figura 14: Gráfica de comparaciones en parejas de Tukey para factor velocidad de flujo	79
Figura 15: Gráfica de cajas de N-NH4 para factor velocidad de flujo	80
Figura 16: Gráficos de intervalos para factor velocidad de flujo	81
Figura 17: Gráfica de comparaciones en parejas de Tukey para factor tiempo	84
Figura 18: Gráfica de cajas N-NH4 para factor tiempo	85
Figura 19: Gráficas de intervalos para factor tiempo	86
Figura 20: Gráfica de la relación del NH4+ y el oxígeno disuelto	88
Figura 21: Gráfica de la relación del NH ₄ + y la temperatura	90
Figura 22: Gráfica de efectos principales	
Figura 23: Tesistas tomando muestras de agua del efluente de la piscigranja La Peña – El Chico	
	.102
Figura 24: Tesista pesando Cloruro de Amonio para acondicionar la muestra y subir la	
concentración de Nitrógeno Amoniacal.	.103
Figura 25: Tesista tomando la primera muestra acondicionada para verificar la concentración	
inicial de Nitrógeno Amoniacal.	. 103
Figura 26: Tesista adicionando Ácido Sulfúrico (para preservar) y rotulando la muestra para	
enviarla al laboratorio.	
Figura 27: Sustrato usado para acondicionar los sistemas naturales, (de izquierda a derecha) gra	
suelo calizo y topsoil.	
Figura 28: Tesista acondicionando el pH en uno de los sistemas naturales, para pH ácido con ác	
sulfúrico y para pH básico con hidróxido de Sodio	
días. Tendremos 4 set de pruebas (0, 25, 50 y 75 RPM).	
Figura 30: Tesistas midiendo el oxígeno disuelto, pH y temperatura de cada sistema natural	. 103
acondicionado. Además, la toma de muestras de cada una de ellas	106
Figura 31: Ejemplares de muestras tomadas listas para ser enviadas a analizar	
Figura 32: Tesista pesando los sustratos (suelo calizo y topsoil) para luego determinar el pH de	
cada uno.	
VWWW WILV:	/

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1. Planteamiento del problema

1.1. Descripción de la realidad problemática

El ser humano en las diversas actividades que realiza ha ido generando niveles de contaminación cada vez mayores en los sistemas naturales sin tener en consideración cómo los contaminantes actúan en el ambiente y cuánto pueden afectar a la calidad del medio, agravando los problemas ambientales cada día.

Samboni, Carvajal y Escobar (2007) mencionan que "el recurso hídrico ha sido fuertemente afectado por sustancias cada vez más agresivas y difíciles de tratar debido a su naturaleza química" (p.172).

Nutrientes como el nitrógeno y el fósforo generan importantes impactos sobre los cuerpos de agua ya que pueden incidir en la estabilidad de los ecosistemas acuáticos, la eutrofización y la incorporación de niveles tóxicos que pueden afectar a las comunidades biológicas y a la salud humana, inclusive en muy bajas concentraciones. (Cárdenas y Sánchez, 2013, p.73)

Los compuestos nitrogenados cobran relevancia, no solo porque el nitrógeno es un elemento principal en las funciones metabólicas de los seres vivos, sino por su cantidad en medios como el aire, suelo y agua dada la compleja química del nitrógeno, que puede tomar

diferentes estados de oxidación (desde -3 a +5), y por tanto formar parte de una gran variedad de compuestos, siendo los más comunes el NH₃, NH₄⁺, N₂, N₂O₃, N₂O₅ y HNO₃ (Cárdenas y Sánchez, 2013).

El nitrógeno amoniacal es uno de los compuestos nitrogenados más tóxicos, de este se conoce los orígenes de contribución (descargas de aguas residuales domésticas, la industria acuícola, agrícola, minera, etc.), sin embargo no se conoce los cambios que este sufre a medida que va circulando por diversos sistemas naturales o llamados también medios naturales.

El desconocimiento de la dinámica de un contaminante puede traer como resultado un tratamiento inadecuado hasta inútil.

1.2. Definición del problema

¿Existe dinámica del nitrógeno amoniacal en contacto con diferentes sistemas acondicionados en laboratorio, Cajamarca-2018?

1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1. General:

Evaluar la dinámica del nitrógeno amoniacal en contacto con diferentes sistemas acondicionados en laboratorio.

1.3.2. Específicos:

- Evaluar la dinámica del nitrógeno amoniacal con respecto al tipo de sustrato.
- Evaluar la dinámica del nitrógeno amoniacal con respecto al pH del sistema acondicionado.
- Evaluar la dinámica del nitrógeno amoniacal con respecto a la velocidad de flujo.
- Evaluar la dinámica del nitrógeno amoniacal con respecto al tiempo.
- Analizar el efecto del oxígeno disuelto y temperatura sobre la concentración del nitrógeno amoniacal.

1.4. Justificación e importancia

El propósito de la presente investigación es aportar conocimientos relacionados a la dinámica del nitrógeno amoniacal en contacto con diferentes sistemas naturales. Dicho aporte se considera que ayudará a realizar una evaluación pertinente de este parámetro en lo correspondiente a concentraciones en el medio acuático, ya sea en la misma descarga o río abajo.

Como es sabido, el parámetro de nitrógeno amoniacal, en la legislación peruana, solo se encuentra en los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua (ECA), pero conociendo su dinámica se

podría recomendar incluirlo también en los Límites Máximos Permisibles (LMP) por el hecho de ser uno de los contaminantes más tóxicos.

A la vez, esta investigación servirá como antecedente para buscar y desarrollar alternativas de solución en lo que respecta a la reducción de nitrógeno amoniacal en el agua, si lo amerita.

El conocer y tener control de los contaminantes del agua, ayudará a tener una adecuada calidad del recurso, por ende, se evitará una afectación al medio, a la salud pública y hasta conflictos sociales por supuesta contaminación.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2. Fundamentos teóricos de la investigación

2.1. Antecedentes teóricos

Se obtuvieron estudios anteriores similares los cuales servirá como base para la investigación, así como para una posterior comparación y discusión de resultados.

Peña y Quijano (2010) en su estudio titulado "Modelamiento de nitrógeno en la cuenca alta del río Siecha para establecer procesos de transformación de nitrógeno", realizaron un modelamiento del nitrógeno desarrollando análisis en campo y laboratorio de las matrices agua, suelo y sedimento durante 4 meses en 5 puntos estratégicos determinados según su representatividad dentro de la cuenca y la posibilidad de acceso a ellos. Mediante la construcción del modelo y la incorporación de los datos obtenidos en el análisis al software STELLA, se desarrolló la simulación del comportamiento del nutriente en un periodo de 4 meses, incluyendo las interacciones entre cada una de las especies de nitrógeno y sus concentraciones en el sistema. El modelo mostró gráficas y datos numéricos de los cuales se infiere que el nitrógeno amoniacal en el suelo está fuertemente condicionado por la precipitación y la temperatura (a medida que disminuye la temperatura y aumenta la precipitación, el nitrógeno amoniacal tiende a disminuir); para el caso del agua, a medida que el volumen de agua aumenta en una laguna, la concentración de amonio tiende a la estabilización debido a procesos de dilución, es decir, que las cantidades de amonio a medida que el tiempo pasa, se mantienen en la laguna con variaciones mínimas condicionadas por las diferentes interacciones en el medio y por último, para el caso de sedimentos, a medida que la concentración de oxígeno en el sedimento aumento, procesos oxidativos como la nitrificación se dan con mayor facilidad, reduciendo la cantidad de amonio presente en el sedimento. (p.17)

Restrepo, Toro y Aguirre (2006) en su estudio titulado "Aproximación a la dinámica del transporte del nitrógeno y del fósforo en la Ciénaga de Ayapel", presentan la simulación del transporte del nitrógeno amoniacal, nitratos, ortofosfatos y oxígeno disuelto en la ciénaga de Ayapel (Córdoba, Colombia), basado en cuatro muestreos realizados entre setiembre de 2004 y marzo de 2005, tanto para condiciones de lluvias como de estiaje. La simulación se realizó mediante el uso de los modelos ELCOM y CAEDYM, el primero simula las condiciones hidrodinámicas del cuerpo de agua y el segundo toma la información obtenida del ELCOM para simular la cadena trófica de la ciénaga de Ayapel. Como conclusión se tiene que las concentraciones iniciales de la ciénaga y las condiciones de frontera cambian de escenario a escenario. En el escenario de lluvias, las concentraciones de las especies simuladas son menores a las correspondientes en estiaje.

Las concentraciones reportadas en campo para el periodo de estiaje pueden llegar a ser 500% superiores a las del período de lluvias para el caso del nitrógeno amoniacal. Las concentraciones medias encontradas en campo, en mg/L, para el nitrógeno amoniacal, nitratos, ortofosfatos y oxígeno disuelto, en época de lluvias fueron: 0.05, 0.60, 0.11 y 7.60, respectivamente. Por otro lado, las variables nitrógeno amoniacal, nitratos, ortofosfatos y oxígeno disuelto, expresadas en mg/L, en época de estiaje, presentaron las siguientes concentraciones: 0.2, 0.60, 0.15 y 7.50, respectivamente. (p.1)

Vásquez, Rodríguez y Torres (2010) en el estudio "Comportamiento del nitrógeno en un sistema de lodos activados en la modalidad de estabilización por contacto en el tratamiento de aguas residuales domésticas", realizaron un análisis exploratorio de los procesos de transformación de nitrógeno en un sistema a escala de laboratorio, tratando un caudal de 161 L/día con un TRH de 0.84 horas en el Reactor de Contacto (RC) y 4.11 horas en el Reactor de Estabilización (RE). Los procesos de transformación del nitrógeno identificados en el sistema fueron principalmente de nitrificación para el caso de RC y RE, adicionalmente, se evidenció que el sedimentador secundario representa una unidad compleja que se puede dividir en dos zonas: una de clarificación (superficie del sedimentador) donde ocurre nitrificación debido a la presencia de oxígeno disuelto proveniente de RC y una zona de concentración de

lodo (fondo del sedimentador) donde pueden ocurrir procesos asociados a condiciones anaerobias y/o anóxicas (desnitrificación, oxidación anaerobia del N-NH₄⁺). (p.1)

2.2. Marco histórico

El amoniaco era conocido de los árabes: ellos sin duda le dieron la denominación con que todavía se lo conoce, tal vez a causa de su olor, en el que encontraban alguna semejanza con el de la goma que lleva el mismo nombre; otros quieren que se derive de un país del África llamado Ammonia, en donde existía el templo de Júpiter Ammon. A este cuerpo se le confundió por mucho tiempo con el carbono amónico, hasta el tiempo de Blak, en cuya época fue objeto de muchas investigaciones. Scheele demostró en el la existencia del nitrógeno; y Priestley por medio de la electricidad y repitiendo los experimentos de Scheele, encontró que estaba compuesto de hidrógeno y nitrógeno, cuyo descubrimiento fue confirmado por Berthollet en 1785. Los descubrimientos de Davy acerca de la composición de los álcalis, fijó nuevamente la atención de los químicos en el amoniaco, creyendo también encontrar en él el oxígeno, con cuyo objeto se han hecho muchos experimentos, pero todos infrucuosos. (Kappelino, 1843, p.270)

2.3. Marco teórico

2.3.1. Ciclo del Nitrógeno

Según el Centro de Información y Comunicación Ambiental de Norte América (s.f.):

El ciclo del nitrógeno al igual que los demás ciclos biogeoquímicos, tiene una trayectoria definida, pero quizá aún más complicada que los demás, dado que tiene que seguir una serie de procesos físicos, químicos y biológicos. Así, el nitrógeno es considerado como el elemento más abundante en la atmósfera. Sin embargo, dada su estabilidad, es muy difícil que reaccione con otros elementos y, por tanto, se tiene un bajo aprovechamiento, razón por la cual, su abundancia pasa a segundo término. A pesar de esto, gracias al proceso biológico de algunas bacterias y cianobacterias, el nitrógeno que se encuentra en la atmósfera puede ser asimilable, al "romper" la unión de sus enlaces por medios enzimáticos y así poder producir compuestos nitrogenados, que pueden ser aprovechados por la mayoría de los seres vivos, en especial las plantas, que forman relaciones simbióticas con este tipo de bacterias. Ese nitrógeno fijado se transforma en aminoácidos y proteínas vegetales, que son aprovechadas a su vez por los herbívoros, quienes los van almacenando para finalmente pasarlos al último eslabón de la cadena

alimenticia, es decir a los carnívoros. Cabe mencionar, que el nitrógeno regresa de nuevo al ciclo por medio de los desechos (tanto restos orgánicos, como productos finales del metabolismo), ya que gracias a que las bacterias fijadoras los "retoman", es que pueden finalmente ser asimilados por las plantas, cosa que de otra manera sería imposible. Sin embargo, hay pérdidas de nitrógeno por medio de otras bacterias que lo liberan a la atmósfera. De esta forma se logra un equilibrio en el ciclo del nitrógeno (p.1).

El Centro de Información y Comunicación Ambiental de Norte América (s.f.), menciona que este es quizá uno de los ciclos más complicados, ya que el nitrógeno se encuentra en varias formas, y se llevan a cabo en el, una serie de procesos químicos en los que el nitrógeno es tomado del aire y es modificado para finalmente ser devuelto a la atmósfera. Se coloca entre los principales elementos biogeoquímicos; sin embargo, es tan estable, que apenas se combina con otros elementos y, por tanto, es difícil que los organismos lo asimilen, ya que primero necesitan desdoblarlo y emplearlo en la síntesis de aminoácidos, proteínas, ácidos nucleicos (ADN y ARN) y otras moléculas fundamentales para su metabolismo. Por lo tanto, es fácil notar su importancia en la vida de cientos de organismos. (p.1)

El Centro de Información y Comunicación Ambiental de Norte América (s.f) menciona que "el nitrógeno (N₂) es el elemento que se encuentra en forma libre (estado gaseoso) y en mayor abundancia en la atmósfera, 78%" (p.1).

No obstante, la mayoría de los seres vivos no lo puede utilizar en forma directa, con lo cual dependen de los minerales presentes en el suelo para su utilización. En los organismos productores el nitrógeno ingresa en forma de nitratos, y en los consumidores en forma de grupos amino. (Giraldo, 2013, p. 4)

Existen algunas bacterias especiales que pueden utilizar directamente el nitrógeno atmosférico. Esas bacterias juegan un papel muy importante en el ciclo al hacer la fijación del nitrógeno. De esta forma convierten el nitrógeno en otras formas químicas como amonio y nitratos, para que puedan ser aprovechadas por las plantas (Giraldo, 2013, p. 5).

Según García (2011), el ciclo del nitrógeno consta de las siguientes fases:

a. Fijación y asimilación del nitrógeno

El primer paso en el ciclo es la fijación (reducción) del nitrógeno atmosférico (N₂) a formas distintas susceptibles de incorporarse a la composición del suelo o de los seres

vivos, como el ion amonio (NH₄⁺) o los iones nitrito (NO₂⁻) o nitrato (NO₃⁻) (aunque el amonio puede ser usado por la mayoría de los organismos vivos, las bacterias del suelo derivan la energía de la oxidación de dicho compuesto a nitrito y últimamente a nitrato); y también su conversión a sustancias atmosféricas químicamente activas, como el dióxido de nitrógeno (NO₂), que reaccionan fácilmente para originar alguna de las anteriores.

- Fijación abiótica. La fijación natural puede ocurrir por procesos químicos espontáneos, como la oxidación que se produce por la acción de los rayos, que forma óxidos de nitrógeno a partir del nitrógeno atmosférico.
- Fijación biológica de nitrógeno. Es un fenómeno fundamental que depende de la habilidad metabólica de unos pocos organismos, llamados diazótrofos en relación a esta habilidad, para tomar N₂ y reducirlo a nitrógeno orgánico:

$$N_2+8H^++8e^-+16ATP \rightarrow 2NH_3+H_2+16ADP+16P_I$$
 La fijación biológica la realizan tres grupos de microorganismos diazótrofos:

Bacterias gramnegativas de vida libre en el suelo,
 de géneros como Azotobacter, Klebsiella o el

fotosintetizador Rhodospirillum, una bacteria purpúrea.

- Pacterias simbióticas de algunas plantas, en las que viven de manera generalmente endo simbiótica en nódulos, principalmente localizados en las raíces. Hay multitud de especies encuadradas en el género Rhizobium, que guardan una relación muy específica con el hospedador, de manera que cada especie alberga la suya, aunque hay excepciones.
- Cianobacterias de vida libre o simbiótica. Las cianobacterias de vida libre son muy abundantes en el plancton marino y son los principales fijadores en el mar. Además, hay casos de simbiosis, como el de la cianobacteria Anabaena en cavidades subestomáticas de helechos acuáticos del género Azolla, o el de algunas especies de Nostoc que crecen dentro de antoceros y otras plantas.

La fijación biológica depende del complejo enzimático de las nitrógenas. (p.9)

b. Amonificación

La amonificación es la conversión a ion amonio del nitrógeno que en la materia viva aparece principalmente como grupos amino (-NH2) o imino (NH). Los animales, que no oxidan el nitrógeno, se deshacen del que tienen en exceso en forma de distintos compuestos. Los acuáticos producen directamente amoníaco (NH₃), que en disolución se convierte en ion amonio. Los terrestres producen urea, (NH₂)₂CO, que es muy soluble y se concentra fácilmente en la orina; o compuestos nitrogenados insolubles como la guanina y el ácido úrico, que son purinas, y ésta es la forma común en aves o en insectos y, en general, en animales que no disponen de un suministro garantizado de agua. El nitrógeno biológico que no llega ya como amonio al sustrato, la mayor parte en ecosistemas continentales es convertido a esa forma por la acción de microorganismos descomponedores. Ciclo: Algunas bacterias convierten amoniaco en nitrito y otras transforman este en nitrato. Una de estas bacterias (Rhizobium) se aloja en nódulos de las raíces de las leguminosas (alfalfa, alubia, etc.) y por eso esta clase de plantas son tan interesantes para hacer un abonado natural de los suelos. Donde existe un exceso de materia orgánica en el mantillo, en condiciones anaerobias, hay otras bacterias que producen desnitrificación, convirtiendo los compuestos de N en N2, lo que hace que se pierda de

nuevo nitrógeno del ecosistema a la atmósfera. (García, 2011, p.10)

c. Nitrificación

La nitrificación es la oxidación biológica del amonio al nitrato por microorganismos aerobios que usan el oxígeno molecular (O₂) como receptor de electrones, es decir, como oxidante. A estos organismos el proceso les sirve para obtener energía, al modo en que los heterótrofos la consiguen oxidando alimentos orgánicos a través de la respiración celular. El carbono lo consiguen del CO₂ atmosférico, así que son organismos autótrofos. El proceso fue descubierto por Sergéi Vinogradski y en realidad consiste en dos procesos distintos, separados y consecutivos, realizados por organismos diferentes:

- Nitritación. Partiendo de amonio se obtiene nitrito
 (NO₂-). Lo realizan bacterias de, entre otros, los géneros Nitrosomonas y Nitrosococcus.
- Nitratación. Partiendo de nitrito se produce nitrato (NO₃⁻). Lo realizan bacterias del género Nitrobacter. La combinación de amonificación y nitrificación devuelve a una forma asimilable por las plantas, el nitrógeno que ellas tomaron del suelo y pusieron en circulación por la cadena trófica. (García, 2011, p.10)

d. Desnitrificación

La desnitrificación es la reducción del ion nitrato (NO₃⁻), presente en el suelo o el agua, a nitrógeno molecular o diatómico (N₂) la sustancia más abundante en la composición del aire. Por su lugar en el ciclo del nitrógeno este proceso es el opuesto a la fijación del nitrógeno. Lo realizan ciertas bacterias heterótrofas, como Pseudomonas fluorescens, para obtener energía. El proceso es parte de un metabolismo degradativo de la clase llamada respiración anaerobia, en la que distintas sustancias, en este caso el nitrato, toman el papel de oxidante (aceptor de electrones) que en la respiración celular normal o aerobia corresponde al oxígeno (O2). El proceso se produce en condiciones anaerobias por bacterias que normalmente prefieren utilizar el oxígeno si está disponible. El proceso sigue unos pasos en los que el átomo de nitrógeno se encuentra sucesivamente bajo las siguientes formas:

$$NO_3^- \rightarrow NO_2^- \rightarrow NO_2 \rightarrow N_2O \rightarrow N_2$$

expresado como reacción redox:

$$2NO_3^- + 10e^- + 12H^+ \rightarrow N_2 + 6H_2O$$

Como se describe anteriormente, la desnitrificación es fundamental para que el nitrógeno vuelva a la atmósfera, la única manera de que no termine disuelto enteramente en los mares, dejando sin nutrientes a la vida continental; sin este proceso la fijación de nitrógeno, abiótica y biótica, habría terminado por provocar la eliminación del nitrógeno atmosférico. La desnitrificación es empleada, en los procesos técnicos de depuración controlada de aguas residuales, para eliminar el nitrato, cuya presencia favorece la eutrofización y reduce la potabilidad del agua, porque se reduce a nitrito por la flora intestinal, y éste es cancerígeno. (García, 2011, p.11)

e. Reducción desasimilatoria

Es la respiración anaerobia del nitrato y nitrito a la forma gaseosa N₂O y a la forma ion amonio. Se produce en estercoleros y turberas donde residen bacterias del género Citrobacter sp. Este género es típico de las coliformes enterofecales, por lo que también forma parte de la flora intestinal de mamíferos, ya que procesan parte de la lactosa que ingieren. En principio se estudió esta bacteria en las turberas debido a que son productoras de NO₂, un gas de efecto invernadero, en la actualidad se realizan estudios de las baterías enzimáticas relacionadas con el retorno de amonio al suelo y su inhibición en presencia de sulfatos. (p.11)

2.3.2. Amoniaco

Kent (s.f.) menciona que: "el amoniaco es un compuesto gaseoso, de típico olor desagradable, muy soluble en agua. Se produce en la naturaleza por la acción de las bacterias de la putrefacción sobre la materia orgánica del suelo" (p.1).

Kent (s.f.) dice que las propiedades físicas del amoniaco son:

- "Punto de fusión: -77.7 °C

- Punto de ebullición: -33.35 °C

Solubilidad: muy soluble en agua

- Densidad: 0.771 g/L (a 0 °C)

- Gas incoloro de olor picante" (p.1).

"El amoniaco presenta una estructura de Lewis en la que cada átomo H se une al N mediante un enlace covalente, quedando este último con un par de electrones sin compartir" (Kent, s.f. p.1).

Para explicar la geometría de la molécula hay que tener en cuenta la configuración electrónica del nitrógeno 1s², 2s²p³ y que presenta una hibridación sp³, de forma que quedan dos electrones sin compartir en uno de los orbitales híbridos y un electrón en cada uno de los tres orbitales restantes. Estos últimos van a formar enlaces tipo (sigma) con los átomos de

18

hidrógeno. El ángulo de los enlaces H-N-H será, por tanto, de aproximadamente 109.5 °C. (Kent, s. f., p.1)

"La molécula de amoniaco presenta átomos de hidrógeno unidos a un átomo de nitrógeno, que es muy pequeño y electronegativo, lo que facilita la formación de enlaces intermoleculares de hidrógeno" (Kent, s. f. p.1). (Ver figura 1)

Figura 1: Molécula del Amoniaco Fuente: Kent (s.f.)

Kent (s.f.) indica que:

Según la teoría de Brönsted-Lowry base es toda sustancia capaz de captar la especie H⁺, por ello el amoniaco se va a comportar como una base, captando protones y dando lugar a la formación del ion amonio.

$$NH_3 + H^+ \rightarrow NH_4^+$$

Al igual que cualquier base reacciona con los ácidos para formar sales (reacción de neutralización).

$$NH_3 + HCl \rightarrow NH_4Cl$$

Este carácter básico puede explicarse también mediante la teoría de Lewis, ya que el átomo de nitrógeno tiene un par de electrones sin compartir que pueden ser cedidos a otros compuestos, explicándose también de esta manera la formación del ion amonio.

En disolución acuosa, el amoniaco, libera iones OH-.

$$NH_3 + H_2O \to NH_4^+ + OH^-$$

El valor de la constante de equilibrio indica que se trata de una base débil. (p.1). Ver figura 2.

Figura 2: Formación de ion amonio a partir del amoniaco Fuente: Kent (s.f.)

2.3.3. Ion amonio

Kent (s.f.) menciona que:

El ion amonio, NH₄⁺, se forma por la combinación de una molécula de amoníaco con un protón cuando este le cede el par de electrones sin compartir, presentando hibridación sp³ y, por tanto, estructura tetraédrica. Dado que el amoniaco es una base débil, el ion amonio presenta la típica reacción de hidrólisis:

$$NH_4^+ + H_2O \rightarrow NH_4OH + H^+$$

por lo que las disoluciones de una sal amónica van a presentar siempre pH ácido. (p.3).

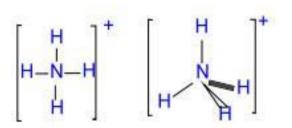


Figura 3: Molécula del ion amonio Fuente: Kent (s.f.)

2.3.4. Nitrógeno Amoniacal

La Dirección General de Salud Ambiental [DIGESA] (s.f.) menciona que "todo nitrógeno que existe como ion amonio o en el equilibrio se considera nitrógeno amoniacal".

$$NH_4^+ \rightleftharpoons NH_3 + H^+$$
 (p.31)

En una contaminación reciente la mayor parte de nitrógeno está presente en forma de nitrógeno orgánico (proteína) y amoniaco, a medida que pasa el tiempo, el nitrógeno orgánico se convierte gradualmente a nitrógeno amoniacal y más tarde si existen las condiciones aeróbicas, ocurre la oxidación del amoniaco a nitritos y nitratos. (DIGESA, s.f., p.31)

El amoniaco y el amonio son gases que se producen de forma natural por fermentaciones microbianas de productos

nitrogenados, por ejemplo, en la descomposición de proteínas o urea. El nitrógeno que proviene de la descomposición de vegetales, animales y excrementos pasa por una serie de transformaciones. En el caso de los vegetales y animales, el nitrógeno se encuentra en forma orgánica. Al llegar al agua, es rápidamente transformado en nitrógeno amoniacal, pasando después para a nitritos y finalmente a nitratos. Esas dos últimas transformaciones solamente ocurren en las aguas que contengan bastante oxígeno disuelto, pues son efectuadas por bacterias de naturaleza aerobia (llamadas nitrobacterias). De esa forma, cuando se encuentra mucho nitrógeno amoniacal en el agua, existe presencia de materiales orgánicos en descomposición y por lo tanto en un medio pobre en oxígeno. (DIGESA, s.f., p.31)

La descarga de nitrógeno amoniacal y su subsecuente oxidación puede reducir seriamente los niveles de OD en los ríos, estuarios, en especial donde se cuenta con el largo tiempo de permanencia que se necesita para el crecimiento de las bacterias nitrificantes de crecimiento lento. Estos organismos se reproducen en grandes proporciones El nitrógeno amoniacal se encuentra en solución acuosa, bien en forma de ion amonio o como amoniaco, en función del pH de la solución. (DIGESA, s.f., p.31)

2.3.5. Cálculo del nitrógeno amoniacal total

La Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación (2004), menciona que:

En un medio acuoso, la presencia del nitrógeno amoniacal está regulada por un equilibrio químico que determina la coexistencia de dos formas: una forma no ionizada, el amoníaco (NH₃), y una forma ionizada, el ion amonio (NH₄⁺). Las proporciones relativas de cada una de ellas están condicionadas por diversas variables, entre las que se destacan el pH, la temperatura y la fuerza iónica. La concentración de amoníaco aumenta con el incremento del pH y de la temperatura y decrece con el aumento de la fuerza iónica. El término amoníaco total corresponde a la suma de las concentraciones de las formas no ionizada e ionizada. (p.I.1)

Emerson et al. (citado por la Subsecretaría de Recursos Hídricos, 2004):

Establecieron la siguiente ecuación para el cálculo de la fracción no ionizada del amoníaco total (f) en función de la temperatura y del pH del agua:

$$f = 1/[10^{(pKa-pH)} + 1]$$

donde Ka es la constante que describe el equilibrio:

$$NH_4^+ + H_2O \leftrightarrow NH_3 + H_3O^+$$

siendo pKa calculable, para temperaturas comprendidas en el rango 273 °K < T < 323 °K, mediante la siguiente ecuación:

$$pKa = 0.09018 + 2729.92/T$$

La ecuación para el cálculo de f es válida para la mayoría de las aguas dulces. Para el agua marina o para aguas dulces de elevada dureza, que corresponden a una condición de fuerzas iónicas mayores, la expresión de cálculo de f responde a:

$$f = 1/[10^{(pKa-pH+0.221)} + 1]$$

Según las respectivas expresiones de cálculo, a 25 °C (pKa = 9.24) y pH=8, f = 5.38 %, para agua dulce, mientras que para agua de mar, f = 3.31 %. (p.I.1)

"A medida que aumentan la temperatura del agua y el pH, se incrementa la fracción no ionizada del amoníaco total". (Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación, 2004).

El amoniaco en disolución debe pasar a la fase gaseosa para poder ser emitido a la atmósfera. La emisión consiste en la trasferencia de NH₃ de la fase líquida a la fase gaseosa. Por tanto, la volatilización como amoniaco se produce cuando la concentración de amoniaco en la superficie es superior a la concentración de amoníaco en el aire. El cuál se difunde en ella dependiendo del gradiente de concentración existente. (Sánchez et al. 2016. p.12)

Klein, McNeely et al. (citado por la subsecretaría de recursos hídricos, 2004) menciona que "las concentraciones típicas de amoníaco total de las aguas naturales, en términos de nitrógeno, son menores que 0.1 mg/L. Concentraciones superiores podrían ser indicativas de contaminación debida a aportes antropogénicos y desechos animales" (p.I.1).

2.3.6. Sustrato

El sustrato es un factor ecológico que pone de manifiesto la gran variedad de superficies y materiales sólidos sobre y dentro de los cuales viven los animales y las plantas. La naturaleza del sustrato regula la distribución y el crecimiento de las diferentes especies y es, en parte, el resultado de las influencias biológicas y al mismo tiempo responsable de su existencia. (Lázaro, 2010, p.1)

2.3.6.1. Grava

En geología y en construcción se denomina grava a las rocas de tamaño comprendido entre 2 y 64 mm, aunque no existe homogeneidad de criterio para el límite superior. Pueden ser producidas por el hombre, en cuyo caso suele denominarse «piedra partida» o «chancada», y naturales, es considerado un agregado inerte. Además, suele suceder que el desgaste natural producido por el

movimiento en los lechos de ríos ha generado formas redondeadas, pasando a conocerse como canto rodado. (Universidad José Cecilio del Valle, 2012, p.1)

2.3.6.2. Suelo calizo

Estos suelos tienen gran cantidad de sales calcáreas. Suelen ser de color blanco, seco y árido. El tipo de roca que abunda en estos suelos es la caliza. Al ser tan dura no permite la agricultura, puesto que las plantas no pueden absorber bien los nutrientes. (Portillo, 2017, p.14)

2.3.6.3. Topsoil

Conocido como suelo superficial o suelo orgánico es en realidad la primera capa de suelo de la superficie. Esta capa de suelo superficial es normalmente de poca profundidad y varía desde unos pocos centímetros hasta casi un metro de profundidad en algunos lugares donde el suelo natural es muy rico. (Schwarz, 2013, p.1)

2.3.7. Dinámica

En la actualidad, el estudio de los procesos naturales se realiza desde la perspectiva particular de diversas áreas de la ingeniería y la física, como la mecánica, rama de la física que estudia el movimiento y el reposo de los cuerpos sometidos a fuerzas externas e internas. La mecánica, se divide en estática y dinámica. La estática estudia las fuerzas externas e internas que mantienen el equilibrio de los cuerpos, mientras que la dinámica estudia el movimiento acelerado de los cuerpos. Por su parte, el estudio del movimiento de los cuerpos se divide, a su vez, en cinemática y cinética. La cinemática analiza la geometría del movimiento de los cuerpos, en tanto que la cinética estudia las fuerzas que provocan el movimiento de los cuerpos. (Zacarías et al., 2015, p.2)

2.3.7.1. Procesos de la dinámica

Para la Universidad los Ángeles de Chimbote [UAC] (2009) los diversos procesos de la dinámica de contaminantes son los siguientes:

- a. "Transformación: es el caso de una sustancia que una vez arrojada, se combina químicamente y se transforma en otra sustancia, la cual es mucho más peligrosa que el contaminante original" (UAC, 2009, p.5).
- **b.** Acumulación: el proceso de acumulación está dado por los procesos de adsorción y absorción.
 (Gonzales, 2007).

- "Adsorción: es un proceso físico en donde las moléculas e iones son atrapados y/o retenidos en la superficie de un cuerpo o material" (Gonzales, 2007).
- "Absorción: es un proceso químico en donde las moléculas e iones pasan de un cuerpo o material a otro incorporándose al volumen del este último" (Gonzales, 2007).
- c. "Transporte: son aquellos procesos en los que hay una transferencia neta o transporte de materia, energía o momento lineal en cantidades grandes o macroscópicas" (García, 2016).
 - "Dispersión: un contaminante arrojado al medio tiende a dispersarse debido a ciertos fenómenos como la difusión y mezcla" (UAC, 2009, p.5).

La difusión se define como el proceso por el cual los gradientes de concentración de una solución disminuyen en forma espontánea hasta que se establece una distribución uniforme y homogénea" (Chang, 2008, p. 876).

Según Castellan (1987) describe que el coeficiente de difusión está dado por:

$$D_i^{\infty} = \mu_i^{\infty} kT$$

Donde:

 D_i^{∞} = Coeficiente de difusión

 μ_i^{∞} = Velocidad

k= Constante

T= Temperatura

Como se puede ver, la difusión es proporcional a la velocidad de flujo y a la temperatura (p. 830).

Los procesos de difusión se explican según las leyes de Fick.

- Primera ley de Fick:

Según Fick, la velocidad de transferencia de materia de un componente en una mezcla de dos componentes estará determinada por la velocidad de difusión del componente 1 y el comportamiento del componente 2. La velocidad molar de transferencia del componente 1 por unidad de área debida al movimiento molecular viene dada por (Chang, 2008, p. 877):

$$J_1 = -D_{12} \frac{dC_1}{dz}$$

siendo:

J₁: velocidad molar de difusión por unidad de área.

 D_{12} : difusividad del componente 1 en el componente 2.

C₁: concentración molar del componente 1.

Z: distancia en la dirección de la difusión.

De la misma manera, la velocidad de difusión en el componente 2 viene dada por:

$$J_1 = -D_{21} \frac{dC_2}{dz}$$

Si la presión total, y por tanto, la concentración molar total es constante, los términos dC₁/dz y dC₂/dz, tienen que ser iguales y de signo contrario, por lo que los componentes 1 y 2 se difunden en sentidos contrarios. En muchos casos, el componente 2 no permanecerá estacionario ni difundirá con una velocidad molar igual y de sentido contrario a la del componente 1, siendo el cálculo, en este caso, difícil. (Chang, 2008, p. 877).

- Segunda ley de Fick:

Chang (2008) menciona que la difusión en régimen permanente es un caso especial de uno de los más generales de la difusión transitoria, en la cual los flujos y la concentración varían con el tiempo. En condiciones de frontera se puede analizar que logra la estabilidad o equilibrio de los procesos de intercambio.

La difusión en régimen no permanente se aplica a muchos métodos experimentales en donde se determina el coeficiente de difusión, y en las teorías de transferencia de masa, así como en la teoría de penetración. La ecuación diferencial de difusión transitoria se obtiene combinando la expresión de la primera ley de Fick con la segunda.

Para un caso unidimensional, la segunda ley de Fick se obtiene igualando la acumulación del componente 1 en una porción de líquido de espesor dz en una dirección normal a la dirección de la

difusión, al correspondiente cambio en el flujo, dada por la expresión:

$$\frac{\partial c_1}{\partial t} + \frac{\partial N_1}{\partial Z} = 0$$

siendo la integral de $N_1(flujo total) =$ constante (Chang, 2008, p. 878).

Esta ecuación, en combinación con la relativa a la primera ley de Fick, expresada por la ecuación $J_1 = -D_{21} \frac{dC_2}{dz}$, nos da la segunda ley de Fick, que viene dada por:

$$\frac{\partial c_1}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z} \left[D_{12} \frac{\partial c_1}{\partial t} \right]$$

(Chang, 2008, p. 878).

Todos los procesos son medidos mediante la concentración.

2.3.8. Velocidad de Flujo

2.3.8.1. Flujo

"Estudio del movimiento de un fluido. En el estudio de dicho movimiento se involucra las leyes del movimiento de la Física, las propiedades del fluido y características del medio ambiente o conducto por el cual fluyen" (Universidad de Sonora, 2013, p.58).

2.3.8.2. Tipos de flujo

- "Se llama flujo laminar al tipo de movimiento de un fluido cuando éste es perfectamente ordenado, estratificado, suave, de manera que el fluido se mueve en láminas paralelas sin entremezclarse" (Torres, s.f., p.19).
- "Se llama **flujo turbulento** cuando se hace más irregular, caótico e impredecible, las partículas se mueven desordenadamente y las trayectorias de las partículas se encuentran formando pequeños remolinos aperiódicos" (Torres, s.f., p.19).

2.3.9. Parámetros fisicoquímicos

2.3.9.1. Parámetros físicos del agua:

"Son los que definen las características del agua que responden a los sentidos de la vista, del tacto, gusto y olfato como pueden ser los sólidos suspendidos, turbiedad, color, sabor, olor y temperatura" (León, s.f., p.1).

"No son índices absolutos de contaminación, sino indicadores relativos (...), los cambios pueden ser tan apreciables que un sólo parámetro llegue a dar una idea del grado de contaminación y de la extensión de la zona afectada" (Sánchez, 2016, p.28).

2.3.9.2. Parámetros químicos del agua:

"Los parámetros químicos están relacionados con la capacidad del agua para disolver diversas sustancias entre las que se puede mencionar a los sólidos disueltos totales, alcalinidad, dureza, fluoruros, metales, materias orgánicas y nutrientes" (León, s.f. p.1).

"Son muy importantes para definir la calidad del agua permiten identificar y cuantificar agentes causales de contaminación. (Sánchez, 2016, p.29).

2.3.10. Potencial de Hidrógeno

Sawyer, McCarty y Parkin (2001) mencionan que:

La expresión de la actividad del ión hidrógeno en términos de concentración molar es bastante complicada. Con el fin de superar esta dificultad, Sorensen (1909) propuso expresar estos valores en términos de sus logaritmos negativos y llamar estos valores pH+. Su símbolo ha sido remplazado por la designación simple pH. El término se puede expresar como:

$$pH = -log\{H^+\}$$
 o $pH = log \frac{1}{\{H^+\}}$

y la representación de la escala de pH usualmente oscila de 0 a 14, en la que el pH de 7 a 25° C representa la neutralidad absoluta. (p.496)

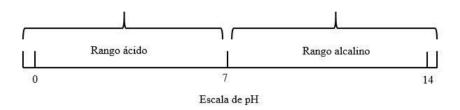


Figura 4: Rango de pH

Fuente: Sawyer, C,. McCarty, P. & Parkin G. (2001). p. 496

Debido a que Kw cambia con la temperatura, el pH de neutralidad también cambia con la temperatura, siendo 7.5 a 0° C y 6.5 a 60° C. La acidez aumenta cuando el pH disminuye y la alcalinidad aumenta con el incremento del pH. (Sawyer, McCarty y Parkin, 2001, p.496)

2.3.11. Oxígeno disuelto

Oxígeno Disuelto (s.f.) menciona que:

En un cuerpo de agua se produce y a la vez se consume oxígeno. La producción de oxígeno está relacionada con la fotosíntesis, mientras el consumo dependerá de la respiración, descomposición de sustancias orgánicas y otras reacciones químicas. También puede intercambiarse oxígeno con la atmósfera por difusión o mezcla turbulenta. La

concentración total de oxígeno disuelto (OD) dependerá del balance entre todos estos fenómenos. (p.1)

Si es consumido más oxígeno que el que se produce y capta en el sistema, el tenor de O₂ caerá, pudiendo alcanzar niveles por debajo de los necesarios para la vida de muchos organismos. Los peces son particularmente sensibles a la hipoxia (bajas OD, tabla 3). (Oxígeno Disuelto, s.f., p.1)

Tabla 1:

Rangos de concentración de oxígeno disuelto y consecuencias ecosistémicas frecuentes.

[OD] mg/L	Condición	Consecuencias
0	Anoxia	Muerte masiva de organismos
		aerobios.
0-5	Hipoxia	Desaparición de organismos y
		especies sensibles.
5-8	Aceptable	OD adecuadas para la vida de la
		gran mayoría de especies de peces y
8-12	Buena	otros organismos acuáticos.
>12	Sobresaturada	Sistemas en plena producción
		fotosintética.

Fuente: Oxígeno Disuelto (s.f.)

"Durante el día suelen encontrarse concentraciones mayores de OD cuando la fotosíntesis llega a sus mayores niveles luego del mediodía, mientras más bajas se registran durante la noche. También es posible observar variaciones estacionales" (Oxígeno Disuelto, s.f., p.1).

Asimismo el (OD) será dependiente de la temperatura (tabla 4). Aguas más cálidas son capaces de disolver menores cantidades de oxígeno. Por esto, una descarga de agua caliente puede significar la disminución del OD a niveles por debajo del límite necesario para algunas formas de vida. (Oxígeno Disuelto, s.f., p.1)

Tabla 2

Dependencia de la concentración de oxígeno disuelto respecto a la temperatura del agua.

Temperatura (°C)	OD (mg/L)	Temperatura (°C)	OD (mg/L)	Temperatura (°C)	OD (mg/L)
0	14.16	12	10.43	24	8.25
1	13.77	13	10.2	25	8.11
2	13.4	14	9.98	26	7.99
3	13.05	15	9.76	27	7.86
4	12.7	16	9.56	28	7.75
5	12.37	17	9.37	29	7.64
6	12.06	18	9.18	30	7.53
7	11.76	19	9.01	31	7.42
8	11.47	20	8.84	32	7.32
9	11.19	21	8.68	33	7.22
10	10.92	22	8.53	34	7.13
11	10.67	23	8.38	35	7.04

Fuente: Oxígeno Disuelto (s.f.) p.1

"Los animales acuáticos suelen ser más vulnerables a bajas (OD) por la mañana en días cálidos de verano, ya que las plantas

acuáticas no producen oxígeno desde el atardecer anterior" (Oxígeno Disuelto, s.f., p.1).

"Por otra parte, en los lagos el nivel de OD varía fundamentalmente con la profundidad, mientras en los ríos y arroyos los cambios suelen estar más vinculados a la dimensión horizontal" (Oxígeno Disuelto, s.f., p.1).

El OD se puede expresar en miligramos por litro (mg/L) o en porcentaje de saturación (%). La primera de las opciones expresa directamente la masa de oxígeno por litro de agua, mientras la segunda se expresa como el porcentaje de la concentración de saturación para determinada temperatura. Como ejemplo a 14 °C el agua disuelve aproximadamente 10 mg/L de O₂. Si se determina que a esa temperatura la concentración de OD es de 5 mg/L el porcentaje de saturación será de 50%. (Oxígeno Disuelto, s.f., p.1).

2.3.12. Temperatura

Parámetros Fisicoquímicos: Temperatura (s.f) menciona que: La temperatura es un factor abiótico que regula procesos vitales para los organismos vivos, así como también afecta las propiedades químicas y físicas de otros factores abióticos en un ecosistema. Antes de discutir la naturaleza de dichas interacciones, considero necesario iniciar la presentación con una distinción entre los conceptos de temperatura y calor. La distinción entre estos dos conceptos es a menudo confusa, llevándonos a intercambiarlos erróneamente. El término calor implica energía transferida desde un cuerpo o sistema hacia su ambiente inmediato o viceversa. El flujo de energía procede siempre de un área de mayor concentración a un área de menor concentración, en conformidad con la segunda ley de termodinámica. Del otro lado, la temperatura es un parámetro que revela que existe un contraste o gradiente de energía que provoca la transferencia de calor. (p.1)

En términos fisiológicos, la temperatura es considerada un parámetro de mayor significado que el contenido de calor de un cuerpo o sistema. Un protozoario que nada libremente en un cuerpo de agua con una temperatura promedio de 10°C, es apenas afectado por la energía total contenida en su hábitat (sin importar que su hábitat sea una pequeña charca o sea un gran lago). El factor de intensidad, la temperatura (10°C), es el mismo para ambos cuerpos de agua, controlando de igual forma el metabolismo del protozoario. Asumiendo claro está, que las únicas diferencias entre los dos ambientes son el tamaño de sus respectivas cuencas hidrológicas y el asociado contenido de calor a éstas. (Parámetros Fisicoquímicos: Temperatura, s.f., p.1)

Por otro lado, la temperatura desempeña un rol fundamental en el funcionamiento de ecosistemas al regular o afectar otros factores abióticos del ecosistema como son: la solubilidad de nutrientes, solubilidad de gases, el estado físico de nutrientes, el grado de toxicidad de xenobióticos y propiedades fisico-químicas del medio acuoso como: pH, potencial redox, solubilidad de gases, densidad, el estado físico y la viscosidad del sustrato. De hecho, la viscosidad del agua desempeña un rol importante en determinar la forma de peces y larvas de insectos en ambientes lóticos. Todas estas interacciones afectan a su vez la distribución, composición (diversidad) y el grado de actividad metabólica de los seres vivientes que integran un ecosistema. (Parámetros Fisicoquímicos: Temperatura, s.f., p.2)

2.3.13. Límites del nitrógeno amoniacal

Tomando en cuenta el decreto supremo N° 004-2017– MINAM, en la Tabla 5 se establecen los Estándar de calidad de Amoniaco Total en función de pH y temperatura para la protección de la vida acuática en agua dulce (mg/L de NH₃).

Tabla 3 *Límites de nitrógeno amoniacal*

Temperatura					pН				
	6	6.5	7.0	7.5	8.0	8.5	9.0	10.0	
0	231	73.0	23.1	7.32	2.33	0.749	0.250	0.042	
5	153	48.3	15.3	4.84	1.54	0.502	0.172	0.034	
10	102	32.4	10.3	3.26	1.04	0.343	0.121	0.029	
15	69.7	22.0	6.98	2.22	0.715	0.239	0.089	0.026	
20	48.0	15.2	4.82	1.54	0.499	0.171	0.067	0.024	
25	33.5	10.6	3.37	1.08	0.354	0.125	0.053	0.022	
30	23.7	7.50	2.39	0.767	0.256	0.094	0.043	0.021	

Fuente: Ministerio del Ambiente (2017) p.17.

En la tabla 3, se observa que los rangos del nitrógeno amoniacal dependen del pH y temperatura, cuando la temperatura y el pH son mayores el nitrógeno amoniacal será más perjudicial.

2.4. Definición de términos básicos

2.4.1. Nitrógeno amoniacal:

"Todo nitrógeno que existe como ion amonio o en equilibrio se considera nitrógeno amoniacal" (DIGESA, s.f., p.31).

2.4.2. Dinámica de los contaminantes:

"Es el estudio de un contaminante desde el momento en que se genera hasta su disposición final o hasta que alcance concentraciones tales que ya no sean contaminante, sin importar cuantas veces se transforme o por donde vaya" (Universidad los Ángeles de Chimbote, 2009, p.5).

2.4.3. Sistemas naturales

En el ámbito de la Biología, así como dentro de la Teoría General de Sistemas, se conoce con el nombre de Sistema Natural a aquella relación organizada de elementos, que puede considerarse emanada de la naturaleza, como una de sus propiedades, es decir, que en su clasificación no ha intervenido ninguna convención humana. (El pensante, 2017, p.1)

"Se denomina sistema natural a aquel conjunto relacionado de elementos que surge como una propiedad de la naturaleza. Conjunto de elementos que se relacionan con la naturaleza" (Definición de Sistema Natural, s.f., p.1).

2.4.4. Acondicionamientos

Disposición de una cosa en las condiciones más correctas con la misión de que al hacerlo de ese modo se podrá cumplir el objetivo o la meta propuesta. Entonces, es factible que se lleven acondicionamientos sobre elementos, objetos y hasta sobre espacios para lograr ciertos estados y condiciones aptas en los mismos. (Ucha, 2013, p.1)

2.4.5. Equipo de "jar test"

El equipo de "jar-test" se compone de seis ejes giratorios con una paleta en la base de cada eje, las cuales serán las responsables de agitar la muestra. Dichos ejes están conectados a un motor eléctrico que los hace girar simultáneamente. A su vez, existe la posibilidad de modificar la velocidad de giro de las paletas y el tiempo deseado de funcionamiento. (Introducción: tratamiento fisicoquímico y jar-test, s.f, p.3)

2.5. Hipótesis

Si la concentración del nitrógeno amoniacal es influenciada por los sistemas naturales, los cuales dependen del tipo de sustrato, pH, velocidad de flujo, tiempo, oxígeno disuelto y temperatura, entonces existe dinámica de esta sustancia respecto a los factores considerados en el estudio.

2.5.1. Operacionalización de las variables

Variables independientes (V.I.):

A: Tipo de sustrato: sin sustrato, grava, suelo calizo, topsoil.

B: Potencial de Hidrógeno (pH): 4.5, 6.0, 8.0, 9.5

C: Velocidad de flujo (RPM): 0, 25, 50, 75

A: Tiempo (días): 0, 2, 4, 6 y 8

Variables intervinientes (V.IV.):

B: Oxígeno disuelto: 4 veces a la semana por cada prueba

C: Temperatura: 4 veces a la semana por cada prueba

Variable dependiente (V.D.):

A: Concentración de nitrógeno amoniacal

Tabla 4

Definición operacional de variables

V.I. Factor ecológico que pone de Sin sustrato ¿Qué tipo de Tipo de sustrato manifiesto la gran variedad Grava sustrato se Selección directa por de superficies y materiales Suelo calizo utilizará? parte del investigador. sólidos sobre y dentro de los Topsoil cuales viven los animales y las plantas. V.I. El pH es una unidad de 4.5 ¿A qué pH se Potencial de medida, sirve para establecer 6 operará? pHmetro Hidrógeno (pH) el nivel de acidez o 8 alcalinidad de una sustancia. 9.5 V.I. Estudio del movimiento de 0 RPM ¿Con cuánto de Velocidad de flujo un fluido. 25 RPM agitación se Equipo Jar-test (agitación) 50 RPM realizarán las
de superficies y materiales Suelo calizo utilizará? parte del investigador. sólidos sobre y dentro de los Topsoil cuales viven los animales y las plantas. V.I. El pH es una unidad de 4.5 ¿A qué pH se Potencial de medida, sirve para establecer 6 operará? pHmetro Hidrógeno (pH) el nivel de acidez o 8 alcalinidad de una sustancia. 9.5 V.I. Estudio del movimiento de 0 RPM ¿Con cuánto de Velocidad de flujo un fluido. 25 RPM agitación se Equipo Jar-test (agitación) realizarán las
sólidos sobre y dentro de los Cuales viven los animales y las plantas. V.I. El pH es una unidad de 4.5 ¿A qué pH se Potencial de medida, sirve para establecer 6 operará? pHmetro Hidrógeno (pH) el nivel de acidez o 8 alcalinidad de una sustancia. 9.5 V.I. Estudio del movimiento de 0 RPM ¿Con cuánto de Velocidad de flujo un fluido. 25 RPM agitación se Equipo Jar-test (agitación)
cuales viven los animales y las plantas. V.I. El pH es una unidad de 4.5 ¿A qué pH se Potencial de medida, sirve para establecer 6 operará? pHmetro Hidrógeno (pH) el nivel de acidez o 8 alcalinidad de una sustancia. 9.5 V.I. Estudio del movimiento de 0 RPM ¿Con cuánto de Velocidad de flujo un fluido. 25 RPM agitación se Equipo Jar-test (agitación) realizarán las
V.I. El pH es una unidad de 4.5 ¿A qué pH se Potencial de medida, sirve para establecer 6 operará? pHmetro Hidrógeno (pH) el nivel de acidez o 8 alcalinidad de una sustancia. 9.5 V.I. Estudio del movimiento de 0 RPM ¿Con cuánto de Velocidad de flujo un fluido. 25 RPM agitación se Equipo Jar-test (agitación) 50 RPM realizarán las
V.I. El pH es una unidad de 4.5 ¿A qué pH se Potencial de medida, sirve para establecer 6 operará? pHmetro Hidrógeno (pH) el nivel de acidez o 8 alcalinidad de una sustancia. 9.5 V.I. Estudio del movimiento de 0 RPM ¿Con cuánto de Velocidad de flujo un fluido. 25 RPM agitación se Equipo Jar-test (agitación) 50 RPM realizarán las
Potencial de medida, sirve para establecer 6 operará? pHmetro Hidrógeno (pH) el nivel de acidez o 8 alcalinidad de una sustancia. 9.5 V.I. Estudio del movimiento de 0 RPM ¿Con cuánto de Velocidad de flujo un fluido. 25 RPM agitación se Equipo Jar-test (agitación) 50 RPM realizarán las
Hidrógeno (pH) el nivel de acidez o 8 alcalinidad de una sustancia. 9.5 V.I. Estudio del movimiento de 0 RPM ¿Con cuánto de Velocidad de flujo un fluido. 25 RPM agitación se Equipo Jar-test (agitación) 50 RPM realizarán las
alcalinidad de una sustancia. 9.5 V.I. Estudio del movimiento de 0 RPM ¿Con cuánto de Velocidad de flujo un fluido. 25 RPM agitación se Equipo Jar-test (agitación) 50 RPM realizarán las
V.I. Estudio del movimiento de 0 RPM ¿Con cuánto de Velocidad de flujo un fluido. 25 RPM agitación se Equipo Jar-test (agitación) 50 RPM realizarán las
Velocidad de flujo un fluido. 25 RPM agitación se Equipo Jar-test (agitación) 50 RPM realizarán las
(agitación) 50 RPM realizarán las
75 RPM pruebas?
V.I. Es una magnitud física ¿Cuánto tiempo
Tiempo fundamental, el cual puede 8 días durará cada Cronómetro
ser medido utilizando un prueba?
proceso periódico.
V.IV. Es la cantidad de oxigeno ¿Cuánto de Oxímetro
Oxígeno disuelto gaseoso que esta disuelto en mg/L oxígeno disuelto
el agua.

		existe en la
		pruebas?
V.IV.	La temperatura es una	¿A qué Termómetro
Temperatura	magnitud física de la materia	temperatura se
	que expresa °C	realiza las
	cuantitativamente las	pruebas?
	nociones comunes de calor y	
	frío	
V.D.	El nitrógeno amoniacal es	¿Cómo varia la
Concentración de	uno de los componentes	concentración del
nitrógeno amoniacal	transitorios en el agua, es mg/L	nitrógeno Método de análisis
	parte del ciclo del nitrógeno	amoniacal con espectrofotométrico
	y se ve influido por la	respecto al tipo de según APHA.
	actividad biológica.	sustrato, pH,
		velocidad de flujo,
		tiempo, oxígeno
		disuelto y
		temperatura?

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO III: MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de investigación

Investigación experimental

La presente investigación se considera experimental debido a que se tiene control de las variables independientes y manipulación intencional de algunas de estas (el tipo de sustrato, pH, velocidad de flujo y tiempo), asimismo se puede observar y medir los efectos que tienen las variables independientes sobre la variable dependiente. (Tam, Vera & Oliveros, 2008; Ñaupas et al., 2013)

3.2.Diseño de investigación

3.2.1. Diseño experimental puro o "verdaderos"

El diseño experimental para la presente investigación se considera como puro o verdadero debido a que reúne dos requisitos para lograr el control y la validez interna: manipulación de la variable (s) independiente (s), así como la equivalencia de grupos. Asimismo, se considera puro o verdadero por determinar los efectos de las condiciones experimentales, haciendo uso de prepruebas y postpruebas. (Hernández, Fernández y Baptista, 1991)

3.2.1.1.Diseño factorial

Para la presente investigación se considera un diseño factorial (una de las clasificaciones del diseño experimental puro o verdadero) debido a la manipulación que se tiene de dos o más variables independientes, las cuales incluyen dos o más niveles de presencia en cada una de estas variables. (Hernández, Fernández y Baptista, 1991)

Para el desarrollo de dicho diseño se hizo uso de diseño de experimentos, procedimiento que se utiliza para determinar si una o más variables independientes (factores) tienen influencia sobre la media de una variable respuesta; evaluando simultáneamente en una misma experimentación los efectos de los factores y sus interacciones, permitiendo así un análisis completo de los resultados experimentales. (Hernández, De La Paz & García, 2015)

a. Diseño Taguchi

El diseño Taguchi es uno de los más destacados diseños de experimentos y para la presente investigación el más idóneo debido a la cantidad de factores y niveles que se tiene.

Dicho diseño facilita y, en algunos casos, reduce gran parte del esfuerzo del diseño experimental porque posibilitan evaluar simultáneamente numerosos factores con un número mínimo de ensayos, permitiendo así una disminución en los recursos necesarios para la experimentación. (Hernández, De La Paz & García, 2015)

3.3. Área de investigación

Piscigranja "La Peña" ubicada en el Caserío El Chicche, centro poblado de Otuzco, distrito de Baños del Inca, provincia y región Cajamarca.

Tabla 5

Coordenadas del punto de extracción de la muestra.

PUNTO	LATITUD NORTE	LONGITUD ESTE	ALTURA
Punto de extracción	9216333	787233	2884

Fuente: Elaboración propia



Figura 5: Ubicación del punto de extracción de la muestra

Fuente: Google Earth

3.4.Población

Aguas superficiales con contenido de nitrógeno amoniacal.

3.5.Muestra

Descarga de agua con contenido de nitrógeno amoniacal de la piscigranja "La Peña" ubicada en el Caserío El Chicche, centro poblado de Otuzco, distrito de Baños del Inca, provincia y región Cajamarca.

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.6.1. Técnicas de investigación

Para la presente investigación se hará uso de técnicas cuantitativas como son muestreo y medición.

3.6.1.1.Muestreo

"es una técnica de base estadístico-matemática que consiste en extraer de un universo o población, una muestra" (Ñaupas et al., 2013, p.246).

El método utilizado para la técnica de muestreo es un muestreo por juicio o intencional, en la cual se tomó como criterio la presencia de nitrógeno amoniacal en la descarga de agua de una piscigranja y el tipo de sustrato presente en la zona de estudio (con excepción de topsoil). Teniendo ya nuestra muestra seleccionada, se procedió a la recolección de la muestra, obteniendo 100 L de agua de la descarga de la piscigranja y 5 kg de cada tipo de sustrato (grava, suelo calizo y topsoil) las cuales fueron llevadas al laboratorio en donde se realizaría las diversas pruebas.

3.6.1.2. Medición

Según Aco, citado por Naupas et al. (2013) menciona que "es un método de la investigación científica que permite contar, comparar y medir las propiedades de los objetos concretos; por tanto, es un medio de cuantificación de los sistemas concretos" (p.243).

La presente técnica de investigación es aplicada en los distintos parámetros implicados como: pH, oxígeno disuelto, temperatura y concentración del nitrógeno amoniacal.

3.6.2. Procedimiento experimental

3.6.2.1. Acondicionamiento de sistemas en laboratorio

Para el acondicionamiento de sistemas en laboratorio se tuvo en cuenta los tipos de sustrato, pH y

velocidad de flujo. Dichas condiciones se han considerado tomando como referencia lo que ocurre en la realidad con algún cuerpo de agua; se desplaza por diferentes tipos de sustrato, con pH distinto y velocidad de flujo no uniforme.

a. Tipo de sustrato

Se hizo uso de grava, suelo calizo y topsoil, 500g. de cada tipo de sustrato (por cada set de pruebas). Dichos elementos se incorporaron en baldes transparentes de aproximadamente 4 litros.

Los sustratos utilizados (suelo calizo y topsoil) fueron mandados a ensayar con el propósito de conocer los nutrientes que contienen, los cuales podrían influenciar en la concentración del nitrógeno amoniacal en el agua.

b. pH

La muestra recolectada tuvo un pH de 8.08, y para cada prueba se acondicionó al pH respectivo (4.5, 6.0, 8.0, 9.5). Para la disminución del pH se hizo uso de ácido sulfúrico (H₂SO₄) y para el aumento de este se empleó hidróxido de sodio (NaOH) según corresponda.

c. Velocidad de flujo

Para hacer la representatividad tanto de flujo laminar como flujo turbulento se hizo uso del test de jarras, acondicionando estas a tener una agitación de 0 RPM, 25 RPM, 50 RMP y 75 RPM.

3.6.2.2. Caracterización inicial de muestra de agua extraída (pre-prueba)

Para la caracterización de la muestra inicial se tuvo en cuenta el pH, oxígeno disuelto, temperatura y la concentración de nitrógeno amoniacal. **Dichos** parámetros fueron determinados con equipos provistos por el laboratorio donde se realizaron las pruebas, con excepción de este último, el cual fue enviado a ensayar a un laboratorio acreditado en donde usaron el Método de electrodo selectivo de amoníaco (EW-APHA4500NH3D-CX) para su determinación.

Cabe mencionar que la concentración de nitrógeno amoniacal determinada en la muestra extraída fue baja (0.170 mg/L) la cual dificultaba evidenciar la dinámica de este compuesto. Ante ello se optó por la adición de cloruro de amonio (NH₄Cl) a la muestra logrando aumentar la concentración de nitrógeno amoniacal (6.2

mg/L) en la muestra para la realización de las correspondientes pruebas.

3.6.2.3. Toma de datos pre-prueba

Los datos obtenidos en la caracterización de la muestra fueron registrados juntamente con datos de post-pruebas en un formato diseñado para tal finalidad.

3.6.2.4. Realización de pruebas

Para la realización de pruebas se hizo uso de los sistemas acondicionados en laboratorio.

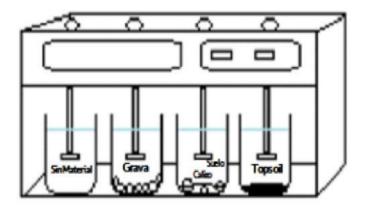


Figura 6: Esquema general de set de pruebas

Fuente: Elaboración propia.

A cada balde (4) en donde se dispuso el sustrato, se agregó 3.5 litros de muestra y se realizó lo siguiente:

a. Primer set de pruebas (0 RPM)

Esta prueba se realizó por 8 días, en donde se midió oxígeno disuelto, pH y temperatura cada 2

días, tomando a la vez una porción de muestra de los 4 diferentes sistemas para realizar ensayos de nitrógeno amoniacal y conocer la concentración de cada uno.

Los sistemas acondicionados para este set de pruebas tuvieron las características siguientes:

- 1° sistema: Sin Sustrato, pH 9.5

- 2° sistema: Grava, pH 8.0

- 3° sistema: Suelo Calizo, pH 5.21

- 4° sistema: Topsoil, pH 6.0

Cabe mencionar que inicialmente se tenía planificado trabajar con un pH de 4.5 de agua para el caso del suelo calizo, sin embargo, por la característica del suelo (alcalino) no se logró obtener el pH estimado considerando trabajar con un pH de 5.21.

b. Segundo set de pruebas (25 RPM)

Esta prueba se realizó por 8 días, en donde se midió oxígeno disuelto, pH y temperatura cada 2 días, tomando a la vez una porción de muestra de los 4 diferentes sistemas para realizar ensayos de nitrógeno amoniacal y conocer la concentración de cada uno.

54

Los sistemas acondicionados para este set de pruebas tuvieron las características siguientes:

- 1° sistema: Sin Sustrato, pH 8.0

- 2° sistema: Grava, pH 9.5

- 3° sistema: Suelo Calizo, pH 6.0

- 4° sistema: Topsoil, pH 4.5

Tercer set de pruebas (50 RPM) c.

Esta prueba se realizó por 8 días, en donde se midió oxígeno disuelto, pH y temperatura cada 2 días, tomando a la vez una porción de muestra de los 4 diferentes sistemas para realizar ensayos de nitrógeno amoniacal y conocer la concentración de cada uno.

Los sistemas acondicionados para este set de pruebas tuvieron las características siguientes:

- 1° sistema: Sin Sustrato, pH 6.0

- 2° sistema: Grava, pH 4.5

- 3° sistema: Suelo Calizo, pH 9.5

- 4° sistema: Topsoil, pH 8.0

Cuarto set de pruebas (75 RPM)

Esta prueba se realizó por 8 días, en donde se midió oxígeno disuelto, pH y temperatura cada 2

55

días, tomando a la vez una porción de muestra de los 4 diferentes sistemas para realizar ensayos de nitrógeno amoniacal y conocer la concentración de cada uno.

Los sistemas acondicionados para este set de pruebas tuvieron las características siguientes:

- 1° sistema: Sin Sustrato, pH 4.5

- 2° sistema: Grava, pH 6.0

- 3° sistema: Suelo Calizo, pH 8.0

- 4° sistema: Topsoil, pH 9.5

3.6.2.5. Caracterización de muestras de agua post-pruebas

En dicha caracterización se tuvo en cuenta el pH, oxígeno disuelto, temperatura y la concentración de nitrógeno amoniacal. Dichos parámetros fueron determinados con equipos provistos por el laboratorio donde se realizaron las pruebas, con excepción de este último, el cual fue enviado a ensayar a un laboratorio acreditado en donde usaron el Método de electrodo selectivo de amoníaco (EW-APHA4500NH3D-CX) para su determinación.

3.6.2.6. Toma de datos post-pruebas

Los datos obtenidos de la caracterización de las muestras post-pruebas fueron registrados en un formato

diseñado para tal finalidad, seguidamente se analizó las variaciones que se suscitaron.

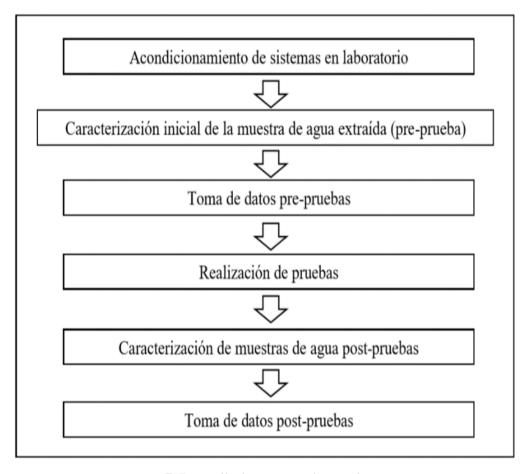


Figura 7: Procedimiento experimental

Fuente: Elaboración propia

Tabla 6

Matriz de diseño experimental

N°	Sustrato	pН	Agitación	Concentración N-NH ₄ ⁺ (mg/L) OD)D	рН						Τ°				
			(RPM)	Inicial	con NH ₄ CL	Día 2	Día 4	Día 6	Día 8												
1	Sin Sustrato	9.5	0																		
2	Grava	8	0																		
3	Suelo Calizo	4.5	0																		
4	Topsoil	6	0																		
5	Sin Sustrato	8	25																		
6	Grava	9.5	25																		
7	Suelo Calizo	6	25																		
8	Topsoil	4.5	25																		
9	Sin Sustrato	6	50																		
10	Grava	4.5	50																		
11	Suelo Calizo	9.5	50																		
12	Topsoil	8	50																		
13	Sin Sustrato	4.5	75																		
14	Grava	6	75																		
15	Suelo Calizo	8	75																		
16	Topsoil	9.5	75																		

Fuente: Elaboración propia

3.6.3. Equipos, reactivos, materiales y otros

3.6.3.1.Equipos

- a. Jar-test
- b. pH-metro
- c. Oxímetro
- d. Balanza analítica
- e. Laptop

3.6.3.2. Reactivos

- a. Cloruro de amonio (NH₄Cl)
- b. Ácido sulfúrico (H₂SO₄)
- c. Hidróxido de sodio (NaOH)

3.6.3.3. Materiales

- a. Agua ultrapura
- b. Agua de descarga de psigranja
- c. Grava
- d. Suelo calizo
- e. Topsoil
- f. 4 baldes de 4 L aproximadamente
- g. 1 recipiente de 100 L aproximadamente
- h. 1 Fiolas de 100 mL
- i. 1 bureta
- j. 1 soporte de bureta

3.6.3.4. Otros

a. Software y hardware

3.7. Técnicas para el procesamiento y análisis de datos

3.7.1. Tratamiento estadístico

"Una de las fases más importantes de la investigación cuantitativa, consiste en el procesamiento, análisis e interpretación de los datos recolectados mediante el instrumento respectivo, para la cual recurre a la ciencia estadística tanto descriptiva como inferencial" (Ñaupas et al., 2013, p.254).

Los datos obtenidos de las pruebas realizadas se recopilaron en tablas de Excel (generando gráficas para algunos casos), asimismo dichos datos se procesaron mediante el software MINITAB el cual ejecutó funciones estadísticas básicas y avanzadas como son análisis de varianza, multifactorial y análisis correlacional para evaluar el efecto o no de los factores sobre la dinámica del nitrógeno amoniacal.

3.8.Interpretación de datos.

Para la interpretación de datos obtenido en las pruebas y procesados en Minitab, se tuvo como referencia la teoría que se tiene respecto al tema, así como los estudios anteriormente realizados.

CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1. Especificaciones de factores y niveles

Tabla 7

Factores y niveles

Factor	Unidades	Niveles
Sustrato	-	Sin sustrato (SS), Grava (GR),
		Suelo calizo (SC), Topsoil (TP)
pН	-	4.5, 6, 8, 9.5
Agitación	RPM	0, 25, 50, 75
Tiempo	días	2, 4, 6, 8

Fuente: Elaboración propia

4.2. Datos obtenidos en pre-pruebas y post-pruebas.

Tabla 8

Datos obtenidos en pre-pruebas y post-pruebas

N°	Sustrato	pН	Agitación		Conc	centració	n N-NH	4+ (mg/L))			O	D			p	Н			Т	10	
			(RPM)	Inicial	con NH ₄ Cl	Día 0	Día 2	Día 4	Día 6	Día 8	Día 2	Día 4	Día 6	Día 8	Día 2	Día 4	Día 6	Día 8	Día 2	Día 4	Día 6	Día 8
1	Grava	4.5	50	0.17	6.2	6.2	4.9	4.3	4.4	4.2	7.62	7.72	7.26	7.35	7.35	7.34	7.34	7.36	18.5	17.9	20.2	19.9
2	Sin Sustrato	4.5	75	0.17	6.2	6.2	3.9	4	4.8	4.2	8.06	7.7	7.26	7.25	4.85	5.21	5.1	5.39	16.5	18.1	19.9	20.8
3	Suelo Calizo	4.5	0	0.17	6.2	6.2	5.6	6.1	6.8	5.4	6.38	5.26	6.06	6.08	6.95	7.38	7.52	7.64	18.5	18.9	18.6	19
4	Topsoil	4.5	25	0.17	6.2	6.2	4.8	4.4	5.3	5	6.74	6.82	7.05	6.94	5.45	6.35	7.45	7.66	18.4	19.2	19.3	19.7
5	Grava	6	75	0.17	6.2	6.2	2.5	1	0.26	0.07	7.55	6.91	7.11	7.22	7.05	6.74	5.86	5.75	16.4	17.9	19.9	20.8
6	Sin Sustrato	6	50	0.17	6.2	6.2	5.9	5.8	5.6	4.9	7.7	7.7	7.16	7.23	7.83	7.74	7.69	7.6	18.6	18.1	20.5	20
7	Suelo Calizo	6	25	0.17	6.2	6.2	4.7	4.3	3.1	0.14	6.33	6.58	6.36	6.26	7.28	7.45	7.63	7.86	19.1	19.1	19.1	19.6
8	Topsoil	6	0	0.17	6.2	6.2	3.5	3.5	3.9	3.8	5.58	5.6	6.04	5.97	6.37	6.68	7.02	7.37	18.4	18.9	18.8	19
9	Grava	8	0	0.17	6.2	6.2	4.6	4	3.5	3	7.06	6.77	7.02	7	8.08	8.12	8.1	8.07	18.3	18.8	18.6	18.9
10	Sin Sustrato	8	25	0.17	6.2	6.2	5.9	5.2	5	4.2	7.05	7.32	7.51	7.48	8.15	7.98	8.25	8.36	18.4	19.1	18.9	19.2
11	Suelo Calizo	8	75	0.17	6.2	6.2	0.15	0.09	0.08	0.2	7.62	7.21	7.02	7.01	8.13	8.15	8.28	8.14	16.6	18	20	20.8
12	Topsoil	8	50	0.17	6.2	6.2	1.8	1.7	1.4	1.4	7	7.12	6.84	6.92	7.91	7.98	7.88	7.58	18.9	18.4	20.7	20.2
13	Grava	9.5	25	0.17	6.2	6.2	4	3.6	3.7	3.1	7.24	7.28	7.42	7.31	8.23	8.21	8.19	8.51	18.4	19	18.9	19.3
14	Sin Sustrato	9.5	0	0.17	6.2	6.2	5.4	5.1	5.2	4	6.91	6.94	7.37	7.63	9.19	8.85	8.57	8.26	18.3	19	18.6	19
15	Suelo Calizo	9.5	50	0.17	6.2	6.2	0.1	0.06	0.05	0.02	6.14	6.05	6.92	6.96	8.25	8.22	8.25	8.34	18.6	17.9	20.5	20
16	Topsoil	9.5	75	0.17	6.2	6.2	2.2	1.9	2.1	1.5	7.37	6.42	6.2	6.12	8.22	8.06	7.95	8.09	16.8	18.3	20.2	21.1

Fuente: Elaboración propia

Se presentan datos obtenidos en pre-pruebas y post-pruebas de nitrógeno amoniacal, considerando OD, pH y temperatura.

4.3.Datos de remoción de concentración de NH₄⁺

Tabla 9

Datos de remoción de concentración de NH₄⁺

N°	Sustrato	pН	Agitación		C	oncentrac	centración N-NH ₄ ⁺ (mg/L)						Remoción N-NH ₄ ⁺ (mg/L)			
			(RPM)	Inicial	con NH ₄ Cl	Día 0	Día 2	Día 4	Día 6	Día 8	Día 0	Día 2	Día 4	Día 6	Día 8	
1	Grava	4.5	50	0.17	6.2	6.2	4.9	4.3	4.4	4.2	0	1.3	1.9	1.8	2	
2	Sin Sustrato	4.5	75	0.17	6.2	6.2	3.9	4	4.8	4.2	0	2.3	2.2	1.4	2	
3	Suelo Calizo	4.5	0	0.17	6.2	6.2	5.6	6.1	6.8^{1}	5.4	0	0.6	0.1	-0.6	0.8	
4	Topsoil	4.5	25	0.17	6.2	6.2	4.8	4.4	5.3	5	0	1.4	1.8	0.9	1.2	
5	Grava	6	75	0.17	6.2	6.2	2.5	1	0.26	0.07	0	3.7	5.2	5.94	6.13	
6	Sin Sustrato	6	50	0.17	6.2	6.2	5.9	5.8	5.6	4.9	0	0.3	0.4	0.6	1.3	
7	Suelo Calizo	6	25	0.17	6.2	6.2	4.7	4.3	3.1	0.14	0	1.5	1.9	3.1	6.06	
8	Topsoil	6	0	0.17	6.2	6.2	3.5	3.5	3.9	3.8	0	2.7	2.7	2.3	2.4	
9	Grava	8	0	0.17	6.2	6.2	4.6	4	3.5	3	0	1.6	2.2	2.7	3.2	
10	Sin Sustrato	8	25	0.17	6.2	6.2	5.9	5.2	5	4.2	0	0.3	1	1.2	2	
11	Suelo Calizo	8	75	0.17	6.2	6.2	0.15	0.09	0.08	0.2	0	6.05	6.11	6.12	6	
12	Topsoil	8	50	0.17	6.2	6.2	1.8	1.7	1.4	1.4	0	4.4	4.5	4.8	4.8	
13	Grava	9.5	25	0.17	6.2	6.2	4	3.6	3.7	3.1	0	2.2	2.6	2.5	3.1	
14	Sin Sustrato	9.5	0	0.17	6.2	6.2	5.4	5.1	5.2	4	0	0.8	1.1	1	2.2	
15	Suelo Calizo	9.5	50	0.17	6.2	6.2	0.1	0.06	0.05	0.02	0	6.1	6.14	6.15	6.18	
16	Topsoil	9.5	75	0.17	6.2	6.2	2.2	1.9	2.1	1.5	0	4	4.3	4.1	4.7	

Fuente: Elaboración propia

4.4. Análisis e interpretación de resultados respecto al sustrato.

4.4.1. Análisis estadístico respecto al sustrato

a) ANOVA de un solo factor: NH₄⁺-Sustrato

Tabla 10 Hipótesis estadística de ANOVA para factor sustrato

Hipótesis nula	Todas las medias son iguales
Hipótesis alterna	No todas las medias son iguales
Nivel de significancia	$\alpha = 0.05$

Fuente: Elaboración propia

¹ Dato anómalo por fuente de error no identificada que podría estar relacionada al proceso de muestreo, análisis, contaminación cruzada u otro factor.

Tabla 11

Análisis de varianza para factor sustrato

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Sustrato	3	48.23	16.075	4.14	0.009
Error	76	295.25	3.885		
Total	79	343.48			

Según la tabla 11, existe diferencia significativa entre las medias debido a que el valor de p= 0.009 es menor a α = 0.05.

Tabla 12

Comparaciones en parejas de Tukey para factor sustrato

Sustrato	N	Media	Agrı	ıpación
3. Suelo Calizo	20	3.115	A	
2. Topsoil	20	2.550	A	В
1. Grava	20	2.404	A	В
0. Sin Sustrato	20	1.005		В

Fuente: Elaboración propia

Según la tabla 12, comparación en parejas de Tukey para el factor sustrato, indica que la media del agua con suelo calizo y sin sustrato es significativamente diferente respecto a los sistemas que contienen otros sustratos, debido a las diferentes agrupaciones representadas por A y B.

Tabla 13

Pruebas simultáneas de Tukey para diferencias de las medias para factor sustrato

Diferencia de niveles	Diferencia de las medias	EE de diferencia	IC de 95%	Valor T	Valor p ajustado
1. Grava - 0. Sin Sustr	1.399	0.623	(-0.241, 3.038)	2.24	0.121
2. Topsoil - 0. Sin Sustr	1.545	0.623	(-0.095, 3.185)	2.48	0.071
3. Suelo Cal - 0. Sin Sustr	2.111	0.623	(0.471, 3.750)	3.39	0.006
2. Topsoil - 1. Grava	0.147	0.623	(-1.493, 1.786)	0.24	0.995
3. Suelo Cal - 1. Grava	0.712	0.623	(-0.928, 2.352)	1.14	0.665
3. Suelo Cal - 2. Topsoil	0.565	0.623	(-1.074, 2.205)	0.91	0.801

Nivel de confianza individual = 98.97%

Fuente: Elaboración propia

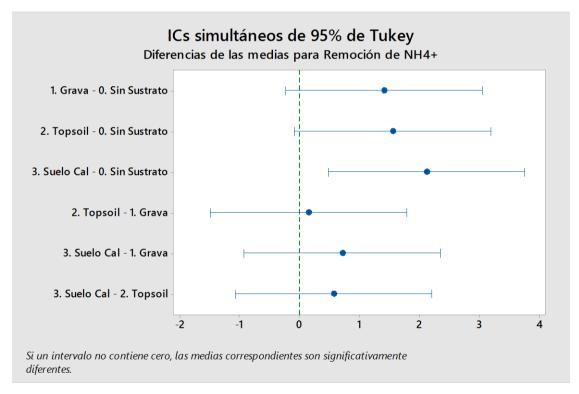


Figura 8: Gráfica de comparaciones en parejas de Tukey para factor sustrato

Fuente: Elaboración propia

Según la tabla 13 y la figura 8:

- Los intervalos de confianza para la diferencia entre las medias de: Sin sustrato y Suelo Calizo es de 0.471 a 3.750; este rango no incluye el cero, lo que indica que la diferencia es estadísticamente significativa entre estos pares. Los intervalos de confianza de los demás pares de medias incluyen el cero, por lo tanto, se considera que las diferencias no son estadísticamente significativas.
- El nivel de confianza simultáneo de 95% indica que se está 95% seguro de que todos los intervalos de confianza contienen las diferencias reales.
- La tabla indica que el nivel de confianza individual es 98.97%, lo
 que indica que existe un 98.97% de seguridad que cada intervalo
 individual contiene la diferencia real entre un par específico de
 medias de grupo.

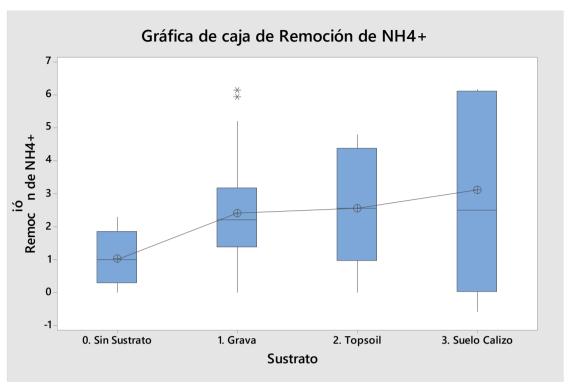


Figura 9: Gráfica de cajas de NH₄⁺ para factor sustrato

La figura 9, gráfica de cajas, muestra que las medias de remoción de NH₄⁺ obtenidas del agua con distinto sustrato, son diferentes, asimismo muestra que la remoción de NH₄⁺ de algunos grupos tienen mayor variabilidad (dispersión) respecto a otros.

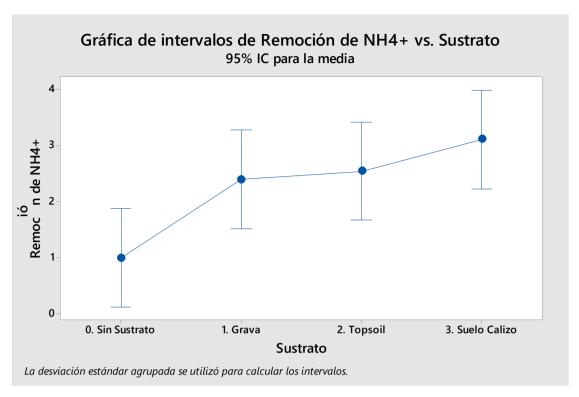


Figura 10: Gráfica de intervalos para factor sustrato

Según la figura 10, gráfica de intervalos para factor sustrato, el agua con suelo calizo tiene la media más alta, por lo tanto, tiene la mayor remoción de NH₄⁺, mientras que el agua con grava tiene la media más baja, por ende, tiene la menor remoción de NH₄⁺; la prueba sin sustrato se considera como el control de la investigación.

4.4.2. Discusión de resultados respecto al sustrato.

Para los diferentes tipos de sustrato se realiza una discusión por separado en cada tipo de sustrato, para determinar el tipo de procesos o fenómenos que se relacionan, los cuales se describen a continuación:

- Prueba sin sustrato: de acuerdo con los resultados obtenidos y con mayor claridad en la figura 9 y 10, muestra la existencia de una

pequeña remoción de nitrógeno amoniacal del agua (comparados con los otros sustratos) debido a que este compuesto, en su especie de NH₃, tiende a transferirse hacia la atmósfera por ser un gas en disolución; esto estaría cumpliendo con lo descrito por Sánchez et. al. (2016) en su libro "De residuo a recurso: El camino hacia la sostenibilidad" en el cual señala que el amoniaco en disolución debe pasar a la fase gaseosa para poder ser emitido a la atmósfera, la emisión consiste en la transferencia de NH₃ de la fase líquida a la fase gaseosa.

- Prueba con grava: de acuerdo con los resultados obtenidos y con mayor claridad en la figura 9 y 10, este sustrato tiene una mayor remoción de nitrógeno amoniacal del agua respecto al sin sustrato, y menor remoción en comparación al resto de sustratos, esto se puede atribuir a la transferencia de NH₃ hacia la atmósfera y a la adsorción sobre este tipo de sustrato. La transferencia hacia la atmósfera lo describe Sánchez et. al. (2016) y se confirma según la discusión de la prueba sin sustrato; para el proceso de adsorción se atribuye a lo descrito por Gonzales (2007) en su artículo intitulado "Diferencia entre absorción y adsorción", siendo la adsorción el fenómeno de adherencia sobre la superficie de un compuesto sólido. No habría absorción debido a que la grava es un sustrato inerte según la Universidad José Cecilio del Valle (2012).
- Prueba con topsoil: de acuerdo con los resultados obtenidos y con mayor claridad en la figura 9 y 10, se presenta una mayor remoción

respecto a la grava, esto se debe a los procesos de transferencia, adsorción y absorción, este último se atribuye al tipo de reacción que pueda darse entre las especies del nitrógeno amoniacal y el topsoil o por algunos microorganismos presentes en este sustrato, confirmando lo descrito por Gonzales (2007) en su artículo intitulado "Diferencia entre absorción y adsorción" el cual define que este es un proceso químico en donde las moléculas e iones pasas de un sustrato a otro, incorporándose al volumen.

Prueba con suelo calizo: de acuerdo con los resultados obtenidos y con mayor claridad en la figura 9 y 10, en el suelo calizo se presentó mayor remoción del nitrógeno amoniacal respecto a los otros sustratos, esto se debe a que el suelo calizo aumenta el pH del agua, el cual hace que a la vez aumente el NH₃ y este al ser un gas tienda a transferirse del medio acuático hacia la atmósfera hasta alcanzar el equilibrio, confirmando lo descrito por la Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación (2004) en la teoría relacionada a "Cálculo de nitrógeno amoniacal" la cual menciona que la concentración de nitrógeno amoniacal va a estar influenciada por el pH, en donde a medida que el pH aumenta, se incrementa la fracción no ionizada del amoniaco total, la que a su vez tiende a transferirse a la atmósfera según Sánchez et. al. (2016), disminuyendo la concentración de nitrógeno amoniacal en el agua. Otros procesos respecto al cambio de concentración del nitrógeno amoniacal en contacto con suelo calizo son por la adsorción y absorción del suelo, tal como lo describe Gonzales (2007) en su artículo "Diferencia entre absorción y adsorción", tratados en las discusiones anteriores.

Por lo tanto, se infiere que existe dinámica del nitrógeno amoniacal al estar el agua en contacto con diferentes tipos de sustrato, siendo el suelo calizo el de mayor incidencia (mayor remoción) y la grava de menor incidencia (menor remoción) en la dinámica del nitrógeno amoniacal.

Asimismo, contrastando los resultados obtenidos (y discutidos) con los del estudio de Peña y Quijano (2010) "Modelamiento del nitrógeno en la cuenca alta del río Siecha para establecer procesos de trasformación de nitrógeno" el cual nos indica que la concentración de amonio disminuye en presencia de sedimentos, se afirma que la concentración de nitrógeno amoniacal va a estar influenciada por el tipo de sustrato con el que tenga contacto.

4.5. Análisis e interpretación de resultados respecto al pH.

4.5.1. Análisis estadístico respecto al pH

a) ANOVA de un solo factor: NH₄+-pH

Tabla 14

Hipótesis estadística de ANOVA para factor pH

Hipótesis nula	Todas las medias son iguales
Hipótesis alterna	No todas las medias son iguales

Nivel de significancia $\alpha = 0.05$

Fuente: Elaboración propia

Tabla 15

Análisis de varianza para factor pH

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
pН	3	43.19	14.397	3.64	0.016
Error	76	300.29	3.951		
Total	79	343.48			

Fuente: Elaboración propia

Según la tabla 15, existe diferencia significativa entre las medias debido a que el valor de p= 0.016 es menor a α = 0.05.

Tabla 16

Comparaciones en parejas de Tukey para factor pH

рН	N	Media	Agrı	upación
9.5	20	2.859	A	
8.0	20	2.849	A	
6.0	20	2.312	A	В
4.5	20	1.055		В

Fuente: Elaboración propia

Según la tabla 16, la comparación en parejas de Tukey para el factor pH, indica que la media del agua con un pH de 4.5, 8.0 y 9.5 es significativamente diferente respecto al que contiene un pH de 6.0, debido a las diferentes agrupaciones representadas por A y B.

Tabla 17

Pruebas simultáneas de Tukey para diferencias de las medias para factor pH

Diferencia de niveles	Diferencia de las medias	EE de diferencia	IC de 95%	Valor T	Valor p ajustado
6.0 - 4.5	1.257	0.629	(-0.397, 2.910)	2.00	0.197
8.0 - 4.5	1.794	0.629	(0.141, 3.447)	2.85	0.028
9.5 - 4.5	1.804	0.629	(0.150, 3.457)	2.87	0.027
8.0 - 6.0	0.537	0.629	(-1.116, 2.191)	0.86	0.828
9.5 - 6.0	0.547	0.629	(-1.106, 2.200)	0.87	0.820
9.5 - 8.0	0.010	0.629	(-1.644, 1.663)	0.02	1.000

Nivel de confianza individual = 98.97%

Fuente: Elaboración propia

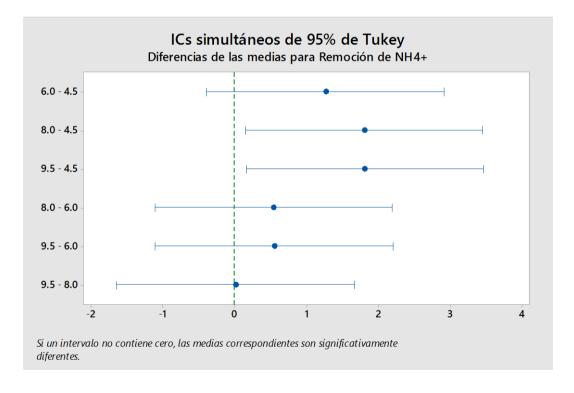


Figura 11: Gráfica de comparaciones en parejas de Tukey para factor pH Fuente: Elaboración propia

Según la tabla 17 y la figura 11:

- Los intervalos de confianza para la diferencia entre las medias de: 8.0 y 4.5 es de 0.141 a 3.447, 9.5 y 4.5 es de 0.150 a 3.457; estos rangos no incluyen el cero, lo que indica que la diferencia es estadísticamente significativa entre pares. Los intervalos de confianza de los demás pares de medias incluyen el cero, por lo tanto, se considera que las diferencias no son estadísticamente significativas.
- El nivel de confianza simultáneo de 95% indica que se está 95% seguro de que todos los intervalos son de confianza contienen las diferencias reales.
- La tabla indica que el nivel de confianza individual es 98.97%, lo que indica un 98.97% de seguridad que cada intervalo individual contiene la diferencia real entre un par específico de medias de grupo.

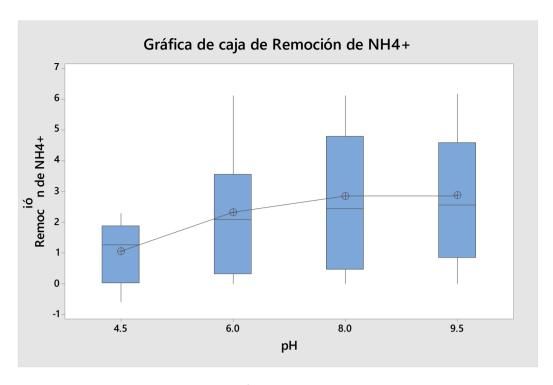


Figura 12: Gráfica de cajas de NH₄⁺ para factor pH

La figura 12, gráfica de caja, muestra que las medias de remoción de NH₄⁺ obtenidas del agua a un pH de 8.0 y 9.5 son similares, además se observa que los otros grupos son diferentes, asimismo muestra que la remoción de NH₄⁺ de algunos grupos tienen mayor variabilidad (dispersión) que de otros.

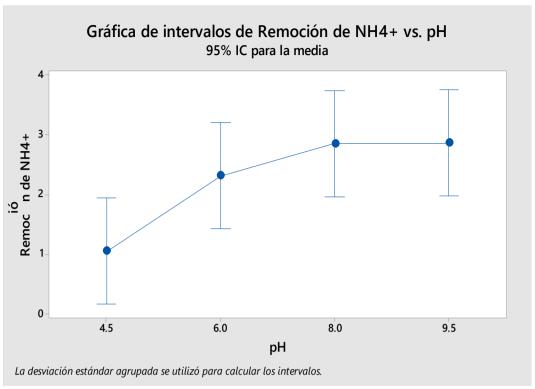


Figura 13: Gráfica de intervalos para factor pH

Según la figura 13, la gráfica de intervalos para factor pH, el agua a un pH de 9.5 tiene la media más alta, es decir, tiene la remoción más alta, mientras que el agua a pH 4.5 tiene la media más baja, es decir menor remoción; esto indica que a medida que el pH va aumentando, mayor será la variación en la concentración de nitrógeno amoniacal.

4.5.2. Discusión de resultados respecto al pH.

De acuerdo con los resultados obtenidos y con mayor claridad en la figura 12 y 13, se puede inferir que, a mayor pH, mayor será la variación en la concentración de nitrógeno amoniacal (mayor remoción), esto se debe a que, según la teoría relacionada al "Cálculo del nitrógeno amoniacal total" descrita por la Subsecretaría de Recursos Hídricos de la

Nación (2004), al aumentar el pH, aumenta la fracción de NH₃², y como esta especie es un gas, tiende a transferirse del medio acuático hacia la atmósfera, tal como indica Sánchez et. al. (2016)³.

4.6. Análisis e interpretación de resultados respecto a la velocidad de flujo.

4.6.1. Análisis estadístico respecto a la Velocidad de flujo

a) ANOVA de un solo factor: NH₄+-Velocidad de flujo

Tabla 18

Hipótesis estadística de ANOVA para factor velocidad de flujo

Hipótesis nula	Todas las medias son iguales
Hipótesis alterna	No todas las medias son iguales
Nivel de significancia	a = 0.05

Fuente: Elaboración propia

Tabla 19

Análisis de varianza para factor velocidad de flujo

		~ ~ 1 1 1 1 1 1 1 1	MC Ajust.	v alor F	Valor p
Agitación	3	60.72	20.238	5.44	0.002
Error	76	282.77	3.721		
Total	79	343.48			

Fuente: Elaboración propia

$$f = 1/[10^{(pKa-pH)} + 1]$$

donde Ka es la constante que describe el equilibrio:

$$NH_4^+ + H_2O \leftrightarrow NH_3 + H_3O^+$$

siendo pKa calculable, para temperaturas comprendidas en el rango 273 °K < T < 323 °K, mediante la siguiente ecuación:

$$pKa = 0.09018 + 2729.92/T$$

² Emerson et al. (citado por la Subsecretaría de Recursos Hídricos, 2004): Establecieron la siguiente ecuación para el cálculo de la fracción no ionizada del amoníaco total (f) en función de la temperatura y del pH del agua:

³ Sánchez et. al. Menciona que el amoniaco en disolución debe pasar a la fase gaseosa para poder ser emitido a la atmósfera, la emisión consiste en la transferencia de NH3 de la fase líquida a la fase gaseosa.

Según la tabla 19, existe diferencia significativa entre las medias debido a que el valor de p= 0.002 es menor a α = 0.05.

Tabla 20

Comparaciones en parejas de Tukey para factor velocidad de flujo

Agitación	N	Media	Agrup	oación
75	20	3.513	A	
50	20	2.634	A	В
25	20	1.638		В
0	20	1.290		В

Fuente: Elaboración propia

Según la tabla 20, comparación en parejas de Tukey para el factor velocidad de flujo, indica que la media del agua con agitación de 0, 25 y 75 RPM es significativamente diferente respecto al sistema que contiene una agitación de 50 RPM, debido a las diferentes agrupaciones representadas por A y B.

Tabla 21

Pruebas simultáneas de Tukey para diferencias de las medias para factor velocidad de flujo

Diferencia de niveles	Diferencia de las medias	EE de diferencia	IC de 95%	Valor T	Valor p ajustado
25 - 0	0.348	0.610	(-1.256, 1.952)	0.57	0.941
50 - 0	1.344	0.610	(-0.261, 2.948)	2.20	0.132
75 - 0	2.223	0.610	(0.618, 3.827)	3.64	0.003
50 - 25	0.995	0.610	(-0.609, 2.600)	1.63	0.367
75 - 25	1.874	0.610	(0.270, 3.479)	3.07	0.015
75 - 50	0.879	0.610	(-0.725, 2.483)	1.44	0.478

Nivel de confianza individual = 98.97%

Fuente: Elaboración propia

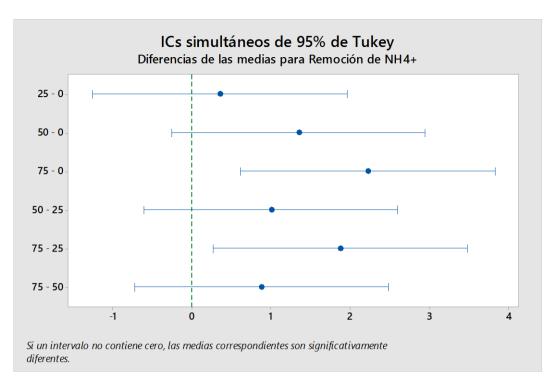


Figura 14: Gráfica de comparaciones en parejas de Tukey para factor velocidad de flujo

Elaboración: Elaboración propia

Según la tabla 21 y la figura 14:

Los intervalos de confianza para la diferencia entre las medias de: 75 y 0 RPM es de 0.618 a 3.827, 75 y 25 RPM es de 0.270 a 3.479; estos rangos no incluyen el cero, lo que indica que la diferencia es estadísticamente significativa entre pares. Los intervalos de confianza de los demás pares de medias incluyen el cero, por lo tanto, se considera que las diferencias no son estadísticamente significativas.

- El nivel de confianza simultáneo de 95% indica que se está 95% seguro de que todos los intervalos son de confianza contienen las diferencias reales.
- La tabla indica que el nivel de confianza individual es 98.97%, lo que indica un 98.97% de seguridad que cada intervalo individual contiene la diferencia real entre un par específico de medias de grupo.

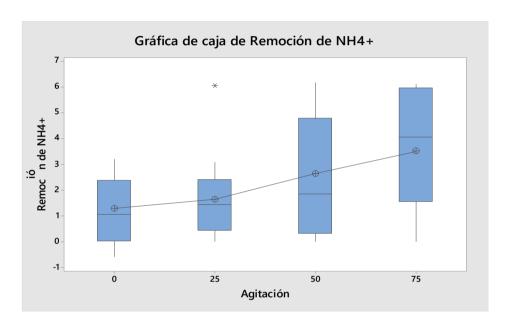


Figura 15: Gráfica de cajas de N-NH₄ para factor velocidad de flujo Fuente: Elaboración propia

La figura 15, gráfica de caja, muestra que las medias de remoción de NH₄⁺ en todas las agitaciones del agua son diferentes, asimismo muestra que la remoción de NH₄⁺ de algunos grupos tienen mayor variabilidad (dispersión) que de otros.

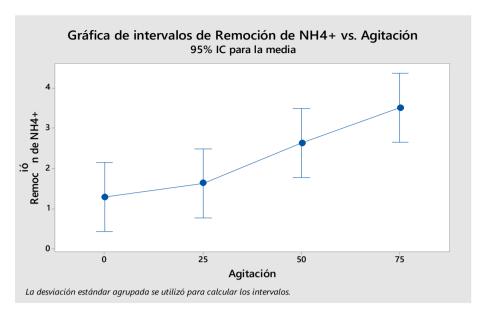


Figura 16: Gráficos de intervalos para factor velocidad de flujo

Según la figura 16, la gráfica de intervalos en relación de velocidad de flujo, la agitación del agua a 75 RPM tiene la media más alta, lo que indica una mayor remoción, y la nula agitación del agua (0 RPM) tiene la media más baja, por ende, tiene la remoción más baja; esto indica que a medida que la agitación va aumentando, mayor será la variación en la concentración de nitrógeno amoniacal.

4.6.2. Discusión de resultados respecto a la velocidad de flujo.

De acuerdo con los resultados obtenidos y mostrados más claramente en la figura 15 y 16, se infiere que existe dinámica del nitrógeno amoniacal con relación a la velocidad de flujo, en donde a medida que la agitación va aumentando, mayor será la variación en la concentración de nitrógeno amoniacal (mayor remoción); esto se atribuye a que a mayor agitación, existe mayor intercambio de gases entre

la atmósfera y el medio acuático, confirmando lo descrito por Castellan (1987), el cual menciona que la difusión (intercambio de gases) es proporcional a la velocidad de flujo y a la temperatura.

4.7. Análisis e interpretación de resultados respecto al tiempo

4.7.1. Análisis estadístico respecto al tiempo

a) ANOVA de un solo factor: NH₄⁺-Tiempo

Tabla 22

Hipótesis estadística de ANOVA para factor tiempo

Hipótesis nula	Todas las medias son iguales
Hipótesis alterna	No todas las medias son iguales
Nivel de significancia	$\alpha = 0.05$

Fuente: elaboración propia

Tabla 23

Análisis de varianza para factor tiempo

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Día	4	110.2	27.550	8.86	0.000
Error	75	233.3	3.110		
Total	79	343.5			

Fuente: Elaboración propia

Según la tabla 23, existe diferencia significativa entre las medias debido a que el valor de p= 0.000 es mayor a α = 0.05.

Tabla 24

Comparaciones en parejas de Tukey para factor tiempo

Día	N	Media	Agrupación
8	16	3.379	A
4	16	2.759	A
6	16	2.751	A
2	16	2.453	A
0	16	0.000000	В

Según la tabla 24, la comparación en parejas de Tukey para el factor tiempo, indica que la media para día inicial (0) es significativamente diferente respecto al resto de días, debido a las diferentes agrupaciones representadas por A y B.

Tabla 25

Pruebas simultáneas de Tukey para diferencias de las medias para factor tiempo

Diferencia de niveles	Diferencia de las medias	EE de diferencia	IC de 95%	Valor T	Valor p ajustado
2 - 0	2.453	0.624	(0.712, 4.195)	3.93	0.002
4 - 0	2.759	0.624	(1.018, 4.501)	4.43	0.000
6 - 0	2.751	0.624	(1.009, 4.492)	4.41	0.000
8 - 0	3.379	0.624	(1.638, 5.121)	5.42	0.000
4 - 2	0.306	0.624	(-1.435, 2.048)	0.49	0.988
6 - 2	0.297	0.624	(-1.444, 2.039)	0.48	0.989
8 - 2	0.926	0.624	(-0.815, 2.668)	1.49	0.575
6 - 4	-0.009	0.624	(-1.750, 1.733)	-0.01	1.000
8 - 4	0.620	0.624	(-1.122, 2.362)	0.99	0.857
8 - 6	0.629	0.624	(-1.113, 2.370)	1.01	0.851

Nivel de confianza individual = 99.34%

Fuente: Elaboración propia

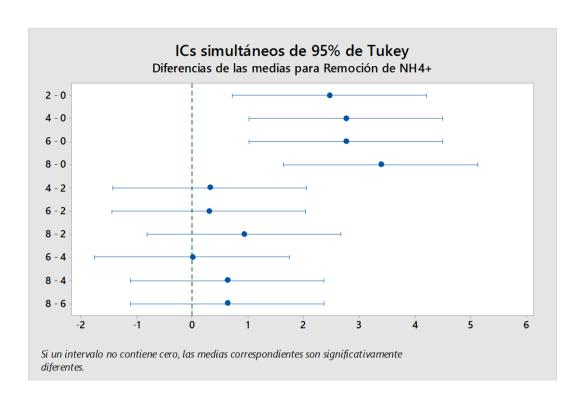


Figura 17: Gráfica de comparaciones en parejas de Tukey para factor tiempo Fuente: Elaboración propia

Según la tabla 25 y la figura 17:

- Los intervalos de confianza para la diferencia entre las medias de: 2 y 0 es de 0.712 a 4.195, 4 y 0 es de 1.018 a 4.501, 6 y 0 es de 1.009 a 4.492, 8 y 0 es de 1.638 a 5.121; estos rangos no incluyen el cero, lo que indica que la diferencia es estadísticamente significativa entre pares. Los intervalos de confianza de los demás pares de medias incluyen el cero, por lo tanto, se considera que las diferencias no son estadísticamente significativas.
- El nivel de confianza simultáneo de 95% indica que existe una alta probabilidad que las diferencias reales de comparación de pares son.

La tabla indica que el nivel de confianza individual es 99.34%, lo
que indica un 99.34% de seguridad y de que cada intervalo
individual contiene la diferencia real entre un par específico de
medias de grupo.

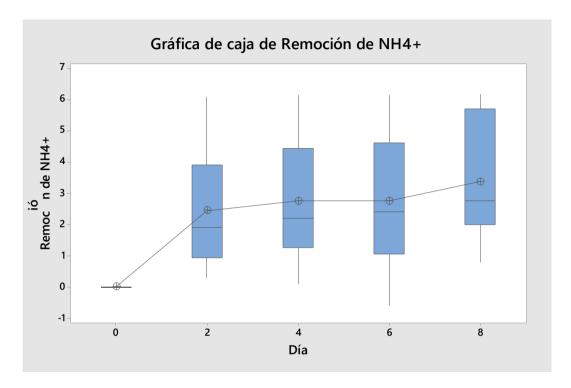


Figura 18: Gráfica de cajas N-NH4 para factor tiempo

Fuente: Elaboración propia

La figura 18, gráfica de caja, muestra que la remoción de NH₄ en el agua, del día inicial (0) al día 2 es mayor respecto al resto de días. Asimismo, muestra que las concentraciones de NH₄⁺ de algunos grupos no tienen mayor variabilidad (dispersión) unos de otros.

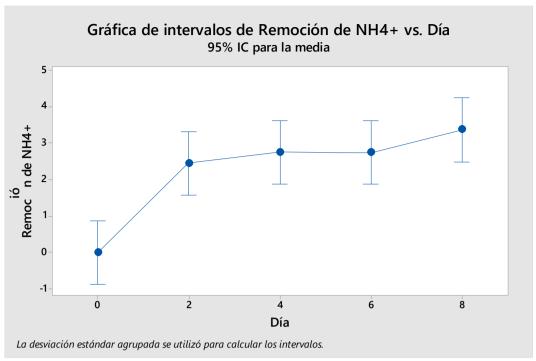


Figura 19: Gráficas de intervalos para factor tiempo

Según la figura 19, gráfica de intervalos para factor tiempo, muestra que el mayor cambio se dio en el primer periodo de evaluación (de 0 al 2 día), para el resto de los días este no fue significativo, lo cual indica que se logró un sistema casi estable del nitrógeno amoniacal a partir del día 2.

4.7.2. Discusión de resultados respecto al tiempo

De acuerdo con resultados obtenidos y mostrados más claramente en la figura 18 y 19, se infiere que, existe dinámica del nitrógeno amoniacal en un tiempo menor a dos días, luego los cambios de concentración de nitrógeno amoniacal son mínimos por la estabilidad que se tiene; esto se lo atribuye a la segunda ley de Fick, mencionada por Chang (2008), la cual menciona que la difusión en régimen permanente es un caso especial de uno de los más generales de la difusión transitoria, en la cual los flujos

y la concentración varían con el tiempo, pero en condiciones de frontera se puede analizar que logra la estabilidad o equilibrio de los procesos de intercambio.

Asimismo, contrastando los resultados obtenido (y discutidos) con los del estudio de Peña y Quijano (2010), "Modelamiento del nitrógeno en la cuenca alta del río Siecha para establecer procesos de trasformación de nitrógeno" el cual nos indica que la concentración de amonio se mantiene con variaciones mínimas a medida que pasa el tiempo, se establece que existe estabilidad de la concentración del nitrógeno amoniacal a partir de un cierto tiempo, sin embargo, los primeros días existe variación significativa.

4.8. Relación de NH₄⁺ con respecto al oxígeno disuelto

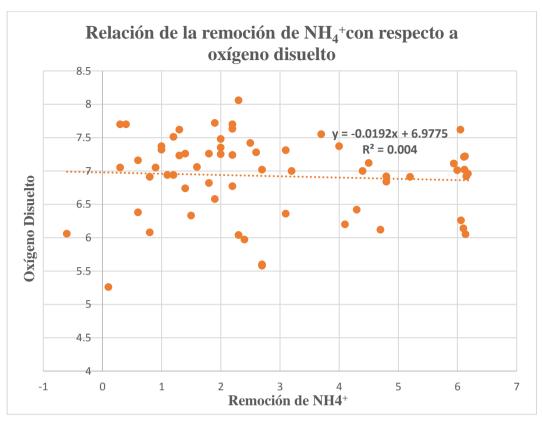


Figura 20: Gráfica de la relación del NH₄⁺ y el oxígeno disuelto.

Fuente: Elaboración propia.

Según la figura 20, la gráfica relacionada a NH₄⁺ y oxígeno disuelto, se infiere que no existe una relación entre la remoción de nitrógeno amoniacal y el oxígeno disuelto, esto se atribuye a que no hay alguna reacción entre el oxígeno disuelto y el nitrógeno amoniacal, para que alguna reacción se dé, debería haber presencia de microorganismos de nitrificación o desnitrificación que contribuyan con la dinámica del nitrógeno amoniacal.

4.8.1. Discusión de resultados respecto al Oxígeno Disuelto

De acuerdo a resultados obtenidos, se dice que, no existe relación de la dinámica del nitrógeno amoniacal con respecto al oxígeno disuelto, sin embargo, en el estudio "Comportamiento del nitrógeno en un sistema de lodos activados en la modalidad de estabilización por contacto en el tratamiento de aguas residuales domésticas" de Vásquez, Rodríguez y Torres (2010) mencionan que en presencia de oxígeno disuelto se da el proceso de nitrificación, disminuyendo la concentración del nitrógeno amoniacal en el agua.

Esta diferencia de resultados se da por:

- Mayor presencia de oxígeno disuelto en uno de los estudios por el uso de un tanque aireador.
- Mayor presencia de microorganismos por diferentes tipos de muestras de agua, en un estudio agua residual doméstica y en el otro agua residual industrial derivado de una pscigranja.

4.9. Relación de NH₄⁺ con respecto a la temperatura.

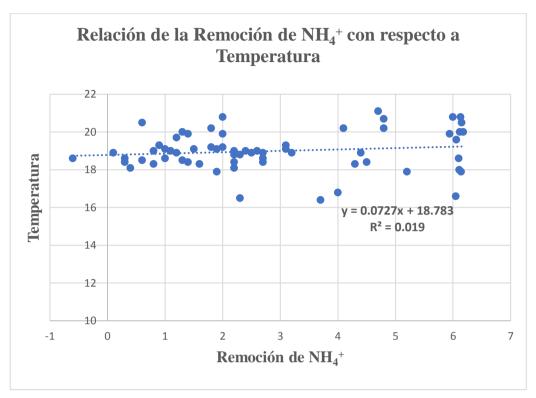


Figura 21: Gráfica de la relación del NH₄⁺ y la temperatura.

Fuente: Elaboración propia.

Según la figura 21, la gráfica relacionada a NH_4^+ y temperatura, se infiere que no existe una relación entre la remoción de nitrógeno amoniacal y la temperatura en un intervalo de 16.4° C a 21.1° C.

4.9.1. Discusión de resultados respecto a la temperatura.

De acuerdo con resultados obtenidos, se dice que, no existe relación de la dinámica del nitrógeno amoniacal con respecto a la temperatura en un intervalo de 16.4°C a 21.1°C.

La Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación (2004) menciona que la concentración de nitrógeno amoniacal va a estar influenciada por la temperatura; a medida que aumenta la temperatura se incrementa la fracción no ionizada del amoniaco total, la cual tiende a transferirse a la atmósfera, disminuyendo la concentración de nitrógeno amoniacal en el agua. Cabe recalcular que el aumento de temperatura se da en un intervalo de 0 °C a 50 °C.

Esta incompatibilidad se da debido a que en la presente investigación se trabajó a un cierto intervalo de temperatura comprendido entre 16.4°C a 21.1°C, sin existir tanta variación.

4.10. Efectos principales – Contrastación de Hipótesis

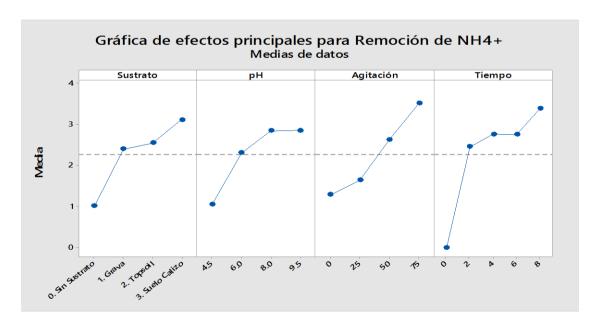


Figura 22: Gráfica de efectos principales

Fuente: Elaboración propia

Según la figura 22, la gráfica de efectos principales, los factores estudiados que son sustrato, pH, agitación y tiempo tienen efectos significativos en la dinámica del nitrógeno amoniacal.

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- Se evaluó la dinámica del nitrógeno amoniacal con respecto al tipo de sustrato, llegando a concluir que todos los sustratos tienen influencia en el cambio de concentración, siendo el suelo calizo el que presenta mayor remoción de nitrógeno amoniacal respecto a los otros sustratos; el resto de sustratos tienden a una menor remoción de nitrógeno amoniacal, sin embargo, todos los sustratos contribuyen en la dinámica del nitrógeno amoniacal, dándose los procesos de transferencia, adsorción y absorción.
- Según la evaluación de la dinámica del nitrógeno amoniacal respecto al pH, se determinó que el pH tiene influencia en el cambio de concentración, en donde, a mayor pH, mayor es la remoción del nitrógeno amoniacal, por lo tanto, mayor es la dinámica del nitrógeno amoniacal dado por el proceso de transferencia.
- Al evaluar la dinámica del nitrógeno amoniacal con respecto a la agitación, se obtuvo que la agitación tiene influencia en el cambio de concentración, en donde, a mayor agitación, mayor es la remoción del nitrógeno amoniacal, por lo tanto, mayor es la dinámica del nitrógeno amoniacal produciéndose el proceso de transferencia.
- Se evaluó la dinámica del nitrógeno amoniacal con respecto al tiempo, llegando a concluir que el tiempo tiene influencia en el cambio de concentración, en donde el mayor cambio se dio en el primer periodo de evaluación (de 0 al 2 día), para el resto de los días este cambio no fue significativo lo cual indica que se logró un sistema casi estable del nitrógeno

amoniacal a partir del día 2; entonces la dinámica nitrógeno amoniacal respecto al tiempo se dio en los primeros 2 días, dándose los procesos de transferencia, la adsorción, la absorción o por la influencia de otros factores que interactúan con el nitrógeno.

- De acuerdo al análisis de resultados del efecto del oxígeno disuelto y la temperatura sobre la concentración del nitrógeno amoniacal, se concluye que no existe una relación entre la concentración del nitrógeno amoniacal con el oxígeno disuelto y temperatura entre 16.4°C hasta 21.1°C, pues el grado de correlación para ambos casos es baja.
- La dinámica del nitrógeno amoniacal en contacto con diferentes sistemas acondicionados en laboratorio está influenciada por los factores: tipo de sustrato, pH, velocidad de flujo y tiempo. De acuerdo a los factores analizados, se determinó que en un suelo calizo, a un pH alto, con mayor agitación y en un periodo de dos días, existe mayor dinámica del nitrógeno amoniacal presenta en las aguas. Para el caso de la presencia de oxígeno disuelto y una variación de temperatura entre 16.4°C hasta 21.1°C no se mostró efecto en la dinámica del nitrógeno amoniacal.

5.2.RECOMENDACIONES

- Las universidades a nivel nacional deben promover y contribuir a que los alumnos sigan desarrollando investigaciones similares con la finalidad de consolidar el conocimiento.
- En futuras investigaciones similares se recomienda considerar la presencia de bacterias en la dinámica del nitrógeno amoniacal, además de tener rangos

- definidos de oxígeno y temperatura, e investigar como la radiación UV afecta la concentración del compuesto.
- Se recomienda al Ministerio del Ambiente incluir el nitrógeno amoniacal en los Límites Máximos Permisibles (LMP), debido a que en varias circunstancias se presentan las condiciones para que la concentración de este elemento aumente.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Cárdenas, G., y Sánchez, I. (2013). Nitrógeno en aguas residuales: orígenes, efectos y mecanismos de remoción para preservar el ambiente y la salud pública. *Universidad* y Salud, 15(1), 72-88. Recuperado de: http://www.scielo.org.co/pdf/reus/v15n1/v15n1a07.pdf

Castellan, G. (187). Físicoquímica. (2da. Ed.). México, D.F., México.

Centro de Información y Comunicación Ambiental de Norte América, (s.f.). Ciclo del nitrógeno. Recuperado de:

www.divulgacion.ccg.unam.mx/webfm_send/109/1

Chang, R. (2008). Físicoquímica para las ciencias químicas y biológicas. (3ra. Ed.). México, D.F., México.

Definición de Sistema Natural (s.f.) Recuperado de:

https://www.definicionabc.com/ciencia/sistema-natural.php

Dirección General de Salud Ambiental (s.f.). Parámetros organolépticos.

Recuperado de: http://www.digesa.minsa.gob.pe/DEPA/informes_tecnicos/GRUPO%2

0DE%20USO%201.pdf

El pensante (2017). El sistema natural. Bogotá: E-Cultura Group. Recuperado de https://educacion.elpensante.com/el-sistema-natural/

- García, F. (2011). Ciclos biogeoquímicos. Recuperado de: http://www.florgarcia.com/wp-content/uploads/2011/11/CICLOS_BIOGEOQUIMICOS.pdf
- Giraldo, O. (2013). *Ciclos Biogeoquímicos*. Recuperado de: http://www.ielapresentacion.edu.co/wp-content/uploads/2013/09/Ciclos_BiogeoQuimicos_11_bIOLOGIA.pdf
- Gonzales, M. (2007). *Diferencia entre adsorción y absorción*. Recuperado de: http://www.mariogonzalez.es/blog/ciencia/070330-diferencia_entre_adsorcion_y_absorcion.html
- Hernández, A., De La Paz, M. y García, L. (2015). *La metodología de Taguchi en el control estadístico de la calidad*. Recuperado de: https://revistas.unc.edu.ar/index.php/epio/article/viewFile/11986/12697
- Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, P. (1991). *Metodología de la Investigación*.

 México: McGRAW-HILL INTERAMERICANA DE MÉXICO S.A. de C.V.
- Introducción: tratamiento físico-químico y jar-test (s.f). Recuperado de: https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/27574/TRABAJO%20FINAL%20D E%20MASTER%20%28ok%29.pdf?sequence=1
- Kent, V. (s.f.). Amoniaco. Recuperado de: http://www.educa.madrid.org/web/ies.victoriakent.torrejondeardoz/Dep artamentos/DFyQ/Materiales/Bach-2/Sustrato-Q/Temas/AMONIACO.pdf

- Kappelino, R. Química teórico y práctico. Recuerpado de: https://books.google.com.pe/books?id=GKZPYG5f2YIC&pg=PA270&dq=descu brimiento+del+nitr%C3%B3geno+amoniacal&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwiXvJjChsDeAhUHnlkKHdU1ATIQ6AEINTAD#v=o nepage&q=descubrimiento%20del%20nitr%C3%B3geno%20amoniacal&f=false
- León, N. (s.f.). *Parámetros físicos*. Recuperado de: http://www.academia.edu/8606299/Lab_11_final_final_paramtros_fisic os
- Lázaro, E. (2010). Sustratos acuáticos: las viviendas bajo el agua. Recuperado de: http://www.cienciacompartida.mx/assets/sustratos-n2.pdf
- Ministerio del Ambiente (2017). Decreto Supremo N°004-2017-MINAM. -Aprueban

 Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen disposiciones

 complementarias. Recuperado de:

 http://sinia.minam.gob.pe/download/file/fid/59020
- Ñaupas, H., Mejía, E., Novoa, E., y Villagómez, A. (2013). *Metodología de la investigación, Cuantitativa-Cualitativa y Redacción de la tesis*. Perú: Ediciones de la U.
- Oxígeno Disuelto (s.f.) Recuperado de: http://imasd.fcien.edu.uy/difusion/educamb/propuestas/red/curso_2007/cartillas/tematicas/OD.pdf
- Parámetros Fisico-Quimicos: Temperatura (s.f.) Recuperado de: https://www.uprm.edu/biology/profs/massol/manual/p2-temperatura.pdf

- Peña, C. y Quijano D. (2010). Modelación De Nitrógeno En La Cuenca Alta Del Río Siecha Para Establecer Procesos De Transformación De Nitrógeno (Tesis de pregrado). Universidad de la Salle, Bogotá, Colombia.
- Portillo, G. (2017). Características y Tipos de suelos. Recuperado de: https://www.jardineriaon.com/características-tipos-suelos.html
- Restrepo, C., Toro M., y Aguirre N. (2006). Aproximación a la Dinámica del transporte del nitrógeno y del fósforo en la Ciénaga de Ayapel. *Avances* en *recursos hidráulicos*, (13). Recuperado de: https://core.ac.uk/download/pdf/11054710.pdf
- Samboni, N., Carvajal, Y. y Escobar, J. (2007). Revisión de parámetros fisicoquímicos como indicadores de calidad y contaminación del agua. *Revista Ingeniería e investigación*, 27(3), 172-181. Recuperado de: http://www.redalyc.org/pdf/643/64327320.pdf
- Sánchez et al. (2016). *De residuo a recurso: El camino hacia la Sostenibilidad*. (1ra. Ed.). Madrid, España.
- Sánchez, D. (2016). *Ingeniería Ambiental: Calidad de las aguas*. Recuperado de: http://blog.uclm.es/davidsanchezramos/files/2016/05/11_Calidad-agua-y-control_v2015_resumen.pdf
- Sawyer, C., McCarty, P. y Parkin G. (2001). *Química para ingeniería ambiental*. (4ta. Ed.). Bogotá, D.C., Colombia.

- Schwarz, M. (2013). *Gestión de Operaciones y Proyectos Mineros*. Recuperado de: http://max-schwarz.blogspot.pe/2013/02/preservacion-de-suelo-superficial-top.html
- Subsecretaría de Recursos hídricos de la Nación (2004). *Desarrollos de niveles guía nacional de calidad de agua ambiente correspondientes a amoniaco*.

 Recuperado de: https://www.mininterior.gov.ar/obras-publicas/pdf/DOCUMENTO18.pdf
- Tam, J. Vera, G. y Oliveros, R. (2008). Tipos, métodos y estrategias de investigación científica. Pensamiento y acción, 5,145-154.
 - Torres, J. (s.f.). *Dinámica de fluidos*. Recuperado de: http://www.ugr.es/~jtorres/t7.pdf
- Ucha, F. (2013). *Acondicionamiento*. Recuperado de: https://www.definicionabc.com/?s=Acondicionamiento
- Unidades de la viscosidad (s.f.). Recuperado: http://fluidos.eia.edu.co/fluidos/propiedades/viscosidad/unidadesvis.html
- Universidad de Sonora (2013). Dinámica de fluidos. Recuperado de:

 http://tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/2496/Capitulo3.pdf
- Universidad José Cecilio del Valle. (2012). Materiales de construcción: Grava. Recuperado de: http://materiales-de-construccion-ujcv.blogspot.pe/2012/01/lagrava.html

- Universidad los Ángeles de Chimbote [UAC]. (2009). Recuperado de:
 http://files.uladech.edu.pe/docente/17817631/mads/Sesion_1/Temas%2
 g0sobre%20medio%20ambiente%20y%20desarrollo%20sostenible%20
 ULADECH/06._Contaminacion_ambiental_fuentes_de_contaminacion
 _principales_contaminantes_lectura_2009_.pdf
- Vásquez, N., Rodríguez, J. y Torres P. (2010). Comportamiento del nitrógeno en un sistema de lodos activados en la modalidad de estabilización por contacto en el tratamiento de aguas residuales domésticas. *Afinidad LXVII*. Recuperado de: http://www.raco.cat/index.php/afinidad/article/viewFile/269198/356766
- Viscosidad dinámica del agua líquida a varias temperaturas (s.f.) Recuperado de: http://www.vaxasoftware.com/doc_edu/qui/viscoh2o.pdf.
- Zacarías et al., (2015). *Dinámica: Mecánica para ingenieros*. Recuperado de https://books.google.com.pe/books?id=PdJUCwAAQBAJ&printsec=frontcover&d q=din%C3%A1mica+pdf&hl=es-
 - 419&sa=X&ved=0ahUKEwiu0vbJxcfeAhVptlkKHaXkDC4Q6AEIOjAE#v=onep age&q&f=false

ANEXOS

ANEXO A

Tabla 26:

pH, concentración de nitrógeno en suelo calizo y suelo topsoil

	Suelo calizo	Suelo topsoil
pH	7.93	6.36
Nitrógeno orgánico (%)	0.20	0.69
Nitrógeno total (%)	0.208	0.696

Fuente: Elaboración propia

ANEXO B

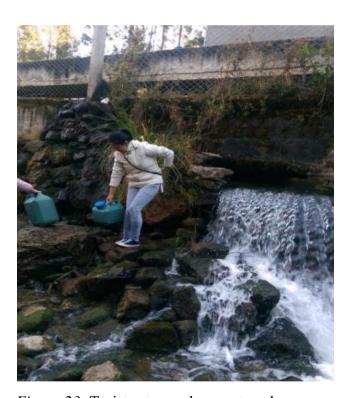


Figura 23: Tesistas tomando muestras de agua del efluente de la piscigranja La Peña – El Chicche.

Fuente: Toma propia.



Figura 24: Tesista pesando Cloruro de Amonio para acondicionar la muestra y subir la concentración de Nitrógeno Amoniacal.



Figura 25: Tesista tomando la primera muestra acondicionada para verificar la concentración inicial de Nitrógeno Amoniacal.

Fuente: Toma propia



Figura 26: Tesista adicionando Ácido Sulfúrico (para preservar) y rotulando la muestra para enviarla al laboratorio.



Figura 27: Sustrato usado para acondicionar los sistemas naturales, (de izquierda a derecha) grava, suelo calizo y topsoil.

Fuente: Toma propia.

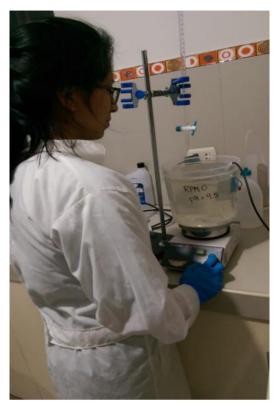


Figura 28: Tesista acondicionando el pH en uno de los sistemas naturales, para pH ácido con ácido sulfúrico y para pH básico con hidróxido de Sodio.



Figura 29: Sistemas naturales acondicionado de acuerdo con los RPM, cada set de prueba durará 8 días. Se tuvo 4 set de pruebas (0, 25, 50 y 75 RPM).

Fuente: Toma propia.



Figura 30: Tesistas midiendo el oxígeno disuelto, pH y temperatura de cada sistema natural acondicionado. Además, la toma de muestras de cada una de ellas.



Figura 31: Ejemplares de muestras tomadas listas para ser enviadas a analizar.

Fuente: Fuente propia.



Figura 32: Tesista pesando los sustratos (suelo calizo y topsoil) para luego determinar el pH de cada uno.

ANEXO C

Resultados de ensayos realizados





INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL MA1819627

INNODEVEL S.A.C

Jr. Cinco Esquinas N° 1710-4to piso

ENV / LB-344570-004

PROCEDENCIA: CAJAMARCA

Fecha de Recepción SGS: 17-09-2018

Fecha de Ejecución : Del 17-09-2018 al 21-09-2018

Muestreo Realizado Por : CLIENTE

Estación de Muestreo
PLP-CH-001
PLP-CH-002

Emitido por SGS del Perú S.A.C.

Impreso el 21/09/2018

Rocio J. Manrique Torres

C.I.P. 136634

Coordinador de Laboratorio





INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL MA1819627

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA						PLP-CH-002
EFOLIA DE MUEOTREO					40/00/0040	40/00/0040
FECHA DE MUESTREO HORA DE MUESTREO					16/09/2018 13:30:00	16/09/2018 17:40:00
CATEGORIA					AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL
SUBCATEGORIA					AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL	AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado	Resultado
Análisis Fisicoquímicos						
Nitrógeno Amoniacal	EW_APHA4500NH3D_CX	mg/L	0.004	0.010	0.170	6.200





INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL MA1819627

CONTROL DE CALIDAD

LC: Limite de cuantificación MB: Blanco del proceso.

MB: Blanco del proceso.
LCS %Recovery: Porcentaje de recuperación del patrón de proceso.
MS %Recovery: Porcentaje de recuperación de la muestra adicionada.
MSD %RPD: Diferencia Porcentual Relativa entre los duplicados de la muestra adicionada.
Dup %RPD: Diferencia Porcentual Relativa entre los duplicados del proceso.

Parámetro	Unidad	LC	MB	LCS %Recovery	MS %Recovery	MSD %RPD
Nitrógeno Amoniacal	ma/L	0.010	<0.010	103%	100%	3%





INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL MA1819627

REFERENCIAS DE MÉTODOS DE ENSAYO

Referencia	Sede	Parámetro	Método de Ensayo
EW_APHA4500NH3D_CX	Cajamarca	Nitrógeno Amoniacal	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-NH3 D; 23rd Ed: 2017. Nitrogen (Ammonia). Ammonia-Selective Electrode Method

Notas:

El reporte de tiempo se realiza en el sistema horario de 24 horas.

Las muestras recibidas cumplen con las condiciones necesarias para la realización de los análisis solicitados.

Este documento es emitido por la Compañía bajo sus Condiciones Generales de Servicio, que pueden encontrarse en la página http://www.sgs.pe/es-ES/Terms-and-conditions.aspx Son especialmente importantes las disposiciones sobre limitación de responsabilidad, pago de indemnizaciones y jurisdicción definidas en dichas Condiciones Generales de Servicio, su alteración o su uso indebido constituye un delito contra la fé publica y se regula por las disposiciones civilies y penales de la materia, queda prohibida la reproducción parcial, salvo autorización escrita de SGS de Perú S.A.C.

Los resultados del informe de ensayo sólo son válidos para la(s) muestra(s) ensayada(s) y no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. La compañía no es responsable del origen o fuente de la cual las muestas han sido tomadas.





INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL MA1819852

INNODEVEL S.A.C

Jr. Cinco Esquinas N° 1710-4to piso

ENV / LB-344570-006

PROCEDENCIA: CAJAMARCA - INNODEVEL

Fecha de Recepción SGS: 19-09-2018

Fecha de Ejecución : Del 19-09-2018 al 21-09-2018

Muestreo Realizado Por : CLIENTE

Estación de Muestreo
2SM-0-9.5
2GR-0-8
2SC-0-4.5
2TS-0-6
2SM-25-8
2GR-25-9.5
2SC-25-6
2TS-25-4.5

Emitido por SGS del Perú S.A.C.

Impreso el 21/09/2018

Rocio J. Manrique Torres

C.I.P. 136634

Coordinador de Laboratorio





INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL MA1819852

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA						2GR-0-8	2SC-0-4.5
FECHA DE MUESTREO					18/09/2018	18/09/2018	18/09/2018
HORA DE MUESTREO					19:09:00	19:10:00	19:10:00
CATEGORIA					AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL
SUBCATEGORIA					AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL	AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL	AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado	Resultado	Resultado
Análisis Fisicoquímicos							
Nitrógeno Amoniacal	EW_APHA4500NH3D_CX	mg/L	0.004	0.010	5.400	4.600	5.600

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA						2SM-25-8	2GR-25-9.5
FECHA DE MUESTREO					18/09/2018	18/09/2018	18/09/2018
HORA DE MUESTREO					19:10:00	19:20:00	19:20:00
CATEGORIA					AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL
SUBCATEGORIA					AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL	AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL	AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado	Resultado	Resultado
Análisis Fisicoquímicos							
Nitrógeno Amoniacal	EW_APHA4500NH3D_CX	mg/L	0.004	0.010	3.500	5.900	4.000

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA						2TS-25-4.5
FECHA DE MUESTREO					18/09/2018	18/09/2018
HORA DE MUESTREO					19:20:00	19:20:00
CATEGORIA					AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL
SUBCATEGORIA					AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL	AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado	Resultado
Análisis Fisicoquímicos						
Nitrógeno Amoniacal	EW_APHA4500NH3D_CX	mg/L	0.004	0.010	4.700	4.800





INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL MA1819852

CONTROL DE CALIDAD

LC: Limite de cuantificación MB: Blanco del proceso.

MB: Blanco del proceso.
LCS %Recovery: Porcentaje de recuperación del patrón de proceso.
MS %Recovery: Porcentaje de recuperación de la muestra adicionada.
MSD %RPD: Diferencia Porcentual Relativa entre los duplicados de la muestra adicionada.
Dup %RPD: Diferencia Porcentual Relativa entre los duplicados del proceso.

Parámetro	Unidad	LC	MB	LCS %Recovery	MS %Recovery	MSD %RPD
Nitrógeno Amoniacal	ma/L	0.010	<0.010	103%	100%	3%





INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL MA1819852

REFERENCIAS DE MÉTODOS DE ENSAYO

Referencia	Sede	Parámetro	Método de Ensayo
EW_APHA4500NH3D_CX	Cajamarca	Nitrógeno Amoniacal	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-NH3 D; 23rd Ed: 2017. Nitrogen (Ammonia). Ammonia-Selective Electrode Method

Notas:

El reporte de tiempo se realiza en el sistema horario de 24 horas.

Las muestras recibidas cumplen con las condiciones necesarias para la realización de los análisis solicitados.

Este documento es emitido por la Compañía bajo sus Condiciones Generales de Servicio, que pueden encontrarse en la página http://www.sgs.pe/es-ES/Terms-and-conditions.aspx Son especialmente importantes las disposiciones sobre limitación de responsabilidad, pago de indemnizaciones y jurisdicción definidas en dichas Condiciones Generales de Servicio, su alteración o su uso indebido constituye un delito contra la fé publica y se regula por las disposiciones civilies y penales de la materia, queda prohibida la reproducción parcial, salvo autorización escrita de SGS de Perú S.A.C.

Los resultados del informe de ensayo sólo son válidos para la(s) muestra(s) ensayada(s) y no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. La compañía no es responsable del origen o fuente de la cual las muestas han sido tomadas.





INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL MA1819931

INNODEVEL S.A.C

Jr. Cinco Esquinas N° 1710-4to piso

ENV / LB-344570-010

PROCEDENCIA: INSTALACIONES INNODEVEL - CAJAMARCA

Fecha de Recepción SGS: 21-09-2018

Fecha de Ejecución : Del 21-09-2018 al 24-09-2018

Muestreo Realizado Por : CLIENTE

Estación de Muestreo
4SM-0.9.5
4GR-0-8
4SC-0-4.5
4TS-0-6
4SM-25-8
4GR-25-9.5
4SC-25-6
4TS-25-4.5

Emitido por SGS del Perú S.A.C.

Impreso el 24/09/2018

Rocio J. Manrique Torres

C.I.P. 136634

Coordinador de Laboratorio





INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL MA1819931

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					4SM-0.9.5	4GR-0-8	4SC-0-4.5
FECHA DE MUESTREO					20/09/2018	20/09/2018	20/09/2018
HORA DE MUESTREO					19:20:00	19:20:00	19:20:00
CATEGORIA					AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL
SUBCATEGORIA					AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL	AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL	AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado	Resultado	Resultado
Análisis Fisicoquímicos							
Nitrógeno Amoniacal	EW_APHA4500NH3D_CX	mg/L	0.004	0.010	5.100	4.000	6.100

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					4TS-0-6	4SM-25-8	4GR-25-9.5
FECHA DE MUESTREO					20/09/2018	20/09/2018	20/09/2018
HORA DE MUESTREO					19:20:00	19:30:00	19:30:00
CATEGORIA					AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL
SUBCATEGORIA					AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL	AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL	AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado	Resultado	Resultado
Análisis Fisicoquímicos							
Nitrógeno Amoniacal	EW_APHA4500NH3D_CX	mg/L	0.004	0.010	3.500	5.200	3.600

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA	4SC-25-6	4TS-25-4.5				
FECHA DE MUESTREO					20/09/2018	20/09/2018
HORA DE MUESTREO					19:30:00	19:30:00
CATEGORIA					AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL
SUBCATEGORIA					AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL	AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado	Resultado
Análisis Fisicoquímicos						
Nitrógeno Amoniacal	EW_APHA4500NH3D_CX	mg/L	0.004	0.010	4.300	4.400





INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL MA1819931

CONTROL DE CALIDAD

LC: Limite de cuantificación MB: Blanco del proceso.

MB: Blanco del proceso.
LCS %Recovery: Porcentaje de recuperación del patrón de proceso.
MS %Recovery: Porcentaje de recuperación de la muestra adicionada.
MSD %RPD: Diferencia Porcentual Relativa entre los duplicados de la muestra adicionada.
Dup %RPD: Diferencia Porcentual Relativa entre los duplicados del proceso.

Parámetro	Unidad	LC	MB	LCS %Recovery	MS %Recovery	MSD %RPD
Nitrógeno Amoniacal	ma/L	0.010	<0.010	100%	101%	0%





INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL MA1819931

REFERENCIAS DE MÉTODOS DE ENSAYO

Referencia	Sede	Parámetro	Método de Ensayo
EW_APHA4500NH3D_CX	Cajamarca	Nitrógeno Amoniacal	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-NH3 D; 23rd Ed: 2017. Nitrogen (Ammonia). Ammonia-Selective Electrode Method

Notas:

El reporte de tiempo se realiza en el sistema horario de 24 horas.

Las muestras recibidas cumplen con las condiciones necesarias para la realización de los análisis solicitados.

Este documento es emitido por la Compañía bajo sus Condiciones Generales de Servicio, que pueden encontrarse en la página http://www.sgs.pe/es-ES/Terms-and-conditions.aspx Son especialmente importantes las disposiciones sobre limitación de responsabilidad, pago de indemnizaciones y jurisdicción definidas en dichas Condiciones Generales de Servicio, su alteración o su uso indebido constituye un delito contra la fé publica y se regula por las disposiciones civilies y penales de la materia, queda prohibida la reproducción parcial, salvo autorización escrita de SGS de Perú S.A.C.

Los resultados del informe de ensayo sólo son válidos para la(s) muestra(s) ensayada(s) y no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. La compañía no es responsable del origen o fuente de la cual las muestas han sido tomadas.





INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL MA1820083

INNODEVEL S.A.C

Jr. Cinco Esquinas N° 1710-4to piso

ENV / LB-344570-013

PROCEDENCIA: LOCAL INNODEVEL - CAJAMARCA

Fecha de Recepción SGS: 23-09-2018

Fecha de Ejecución : Del 23-09-2018 al 27-09-2018

Muestreo Realizado Por : CLIENTE

Estación de Muestreo
6SM-0-9.5
6GR-0-8
6SC-0-4.5
6TS-0-6
6SM-25-8
6GR-25-9.5
6SC-25-6
6TS-25-4.5

Emitido por SGS del Perú S.A.C.

Impreso el 27/09/2018

Rocio J. Manrique Torres

C.I.P. 136634

Coordinador de Laboratorio





INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL MA1820083

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					6SM-0-9.5	6GR-0-8	6SC-0-4.5
FECHA DE MUESTREO					22/09/2018	22/09/2018	22/09/2018
HORA DE MUESTREO					19:15:00	19:15:00	19:15:00
CATEGORIA					AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL
SUBCATEGORIA					AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL	AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL	AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado	Resultado	Resultado
Análisis Fisicoquímicos							
Nitrógeno Amoniacal	EW_APHA4500NH3D_CX	mg/L	0.004	0.010	5.200	3.500	6.800

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					6TS-0-6	6SM-25-8	6GR-25-9.5
FECHA DE MUESTREO					22/09/2018	22/09/2018	22/09/2018
HORA DE MUESTREO					09:15:00	19:40:00	19:40:00
CATEGORIA					AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL
SUBCATEGORIA					AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL	AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL	AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado	Resultado	Resultado
Análisis Fisicoquímicos							
Nitrógeno Amoniacal	EW_APHA4500NH3D_CX	mg/L	0.004	0.010	3.900	5.000	3.700

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA	6SC-25-6	6TS-25-4.5				
FECHA DE MUESTREO					22/09/2018	22/09/2018
HORA DE MUESTREO					19:40:00	19:40:00
CATEGORIA					AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL
SUBCATEGORIA					AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL	AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado	Resultado
Análisis Fisicoquímicos						
Nitrógeno Amoniacal	EW_APHA4500NH3D_CX	mg/L	0.004	0.010	3.100	5.300





INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL MA1820083

CONTROL DE CALIDAD

LC: Limite de cuantificación MB: Blanco del proceso.

MB: Blanco del proceso.
LCS %Recovery: Porcentaje de recuperación del patrón de proceso.
MS %Recovery: Porcentaje de recuperación de la muestra adicionada.
MSD %RPD: Diferencia Porcentual Relativa entre los duplicados de la muestra adicionada.
Dup %RPD: Diferencia Porcentual Relativa entre los duplicados del proceso.

Parámetro	Unidad	LC	MB	LCS %Recovery	MS %Recovery	MSD %RPD
Nitrógeno Amoniacal	ma/L	0.010	<0.010	97%	100%	3%





INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL MA1820083

REFERENCIAS DE MÉTODOS DE ENSAYO

Referencia	Sede	Parámetro	Método de Ensayo
EW_APHA4500NH3D_CX	Cajamarca	Nitrógeno Amoniacal	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-NH3 D; 23rd Ed: 2017. Nitrogen (Ammonia). Ammonia-Selective Electrode Method

Notas:

El reporte de tiempo se realiza en el sistema horario de 24 horas.

Las muestras recibidas cumplen con las condiciones necesarias para la realización de los análisis solicitados.

Este documento es emitido por la Compañía bajo sus Condiciones Generales de Servicio, que pueden encontrarse en la página http://www.sgs.pe/es-ES/Terms-and-conditions.aspx Son especialmente importantes las disposiciones sobre limitación de responsabilidad, pago de indemnizaciones y jurisdicción definidas en dichas Condiciones Generales de Servicio, su alteración o su uso indebido constituye un delito contra la fé publica y se regula por las disposiciones civilies y penales de la materia, queda prohibida la reproducción parcial, salvo autorización escrita de SGS de Perú S.A.C.

Los resultados del informe de ensayo sólo son válidos para la(s) muestra(s) ensayada(s) y no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. La compañía no es responsable del origen o fuente de la cual las muestas han sido tomadas.





INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL MA1820190

INNODEVEL S.A.C

Jr. Cinco Esquinas N° 1710-4to piso

ENV / LB-344570-015

PROCEDENCIA: LOCAL INNODEVEL - CAJAMARCA

Fecha de Recepción SGS: 25-09-2018

Fecha de Ejecución : Del 25-09-2018 al 03-10-2018

Muestreo Realizado Por : CLIENTE

Estación de Muestreo
8SM-0.9.5
8GR-0-8
8SC-0-4.5
8TS-0-6
8SM-25-8
8GR-25-9.5
8SC-25-6
8TS-25-4.5

Emitido por SGS del Perú S.A.C.

Impreso el 03/10/2018

Rocio J. Manrique Torres

C.I.P. 136634

Coordinador de Laboratorio





INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL MA1820190

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA	DENTIFICACIÓN DE MUESTRA						8SC-0-4.5
ECHA DE MUESTREO					24/09/2018	24/09/2018	24/09/2018
HORA DE MUESTREO					19:20:00	19:20:00	19:20:00
CATEGORIA					AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL
SUBCATEGORIA					AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL	AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL	AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL
Parámetro Referencia Unidad LD LC					Resultado	Resultado	Resultado
Análisis Fisicoquímicos							
Nitrógeno Amoniacal	EW_APHA4500NH3D_CX	mg/L	0.004	0.010	4.000	3.000	5.400

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA	8TS-0-6	8SM-25-8	8GR-25-9.5				
FECHA DE MUESTREO					24/09/2018	24/09/2018	24/09/2018
HORA DE MUESTREO					19:20:00	19:40:00	19:40:00
CATEGORIA					AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL
SUBCATEGORIA					AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL	AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL	AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL
Parámetro Referencia Unidad LD LC					Resultado	Resultado	Resultado
Análisis Fisicoquímicos							
Nitrógeno Amoniacal	EW_APHA4500NH3D_CX	mg/L	0.004	0.010	3.800	4.200	3.100

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA	8SC-25-6	8TS-25-4.5				
FECHA DE MUESTREO	24/09/2018	24/09/2018				
HORA DE MUESTREO	19:40:00	19:40:00				
CATEGORIA	AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL				
SUBCATEGORIA	AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL	AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL				
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado	Resultado
Análisis Fisicoquímicos						
Nitrógeno Amoniacal	EW_APHA4500NH3D_CX	mg/L	0.004	0.010	0.140	5.000





INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL MA1820190

CONTROL DE CALIDAD

LC: Limite de cuantificación MB: Blanco del proceso.

MB: Blanco del proceso.
LCS %Recovery: Porcentaje de recuperación del patrón de proceso.
MS %Recovery: Porcentaje de recuperación de la muestra adicionada.
MSD %RPD: Diferencia Porcentual Relativa entre los duplicados de la muestra adicionada.
Dup %RPD: Diferencia Porcentual Relativa entre los duplicados del proceso.

Parámetro	Unidad	LC	MB	LCS %Recovery	MS %Recovery	MSD %RPD
Nitrógeno Amoniacal	ma/L	0.010	<0.010	106%	100%	0%





INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL MA1820190

REFERENCIAS DE MÉTODOS DE ENSAYO

Referencia	Sede	Parámetro	Método de Ensayo
EW_APHA4500NH3D_CX	Cajamarca	Nitrógeno Amoniacal	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-NH3 D; 23rd Ed: 2017. Nitrogen (Ammonia). Ammonia-Selective Electrode Method

Notas:

El reporte de tiempo se realiza en el sistema horario de 24 horas.

Las muestras recibidas cumplen con las condiciones necesarias para la realización de los análisis solicitados.

Este documento es emitido por la Compañía bajo sus Condiciones Generales de Servicio, que pueden encontrarse en la página http://www.sgs.pe/es-ES/Terms-and-conditions.aspx Son especialmente importantes las disposiciones sobre limitación de responsabilidad, pago de indemnizaciones y jurisdicción definidas en dichas Condiciones Generales de Servicio, su alteración o su uso indebido constituye un delito contra la fé publica y se regula por las disposiciones civilies y penales de la materia, queda prohibida la reproducción parcial, salvo autorización escrita de SGS de Perú S.A.C.

Los resultados del informe de ensayo sólo son válidos para la(s) muestra(s) ensayada(s) y no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. La compañía no es responsable del origen o fuente de la cual las muestas han sido tomadas.





INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL MA1820402

INNODEVEL S.A.C

Jr. Cinco Esquinas N° 1710-4to piso

ENV / LB-344570-019

PROCEDENCIA: LOCAL INNODEVEL - CAJAMARCA

Fecha de Recepción SGS: 27-09-2018

Fecha de Ejecución : Del 27-09-2018 al 28-09-2018

Muestreo Realizado Por : CLIENTE

Estación de Muestreo
2SM-50-6
2GR-50-4.5
2SC-50-9.5
2TS-50-8

Emitido por SGS del Perú S.A.C.

Impreso el 28/09/2018

Rocio J. Manrique Torres

C.I.P. 136634

Coordinador de Laboratorio





INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL MA1820402

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA	DENTIFICACIÓN DE MUESTRA						2SC-50-9.5
FECHA DE MUESTREO					26/09/2018	26/09/2018	26/09/2018
HORA DE MUESTREO	19:00:00	19:00:00	19:00:00				
CATEGORIA	AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL				
SUBCATEGORIA	AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL	AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL	AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL				
Parámetro Referencia Unidad LD LC					Resultado	Resultado	Resultado
Análisis Fisicoquímicos							
Nitrógeno Amoniacal	EW_APHA4500NH3D_CX	mg/L	0.004	0.010	5.900	4.900	0.098

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					2TS-50-8
FECHA DE MUESTREO					26/09/2018
HORA DE MUESTREO					19:00:00
CATEGORIA					AGUA RESIDUAL
SUBCATEGORIA					AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado
Análisis Fisicoquímicos					
Nitrógeno Amoniacal	EW_APHA4500NH3D_CX	mg/L	0.004	0.010	1.800





INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL MA1820402

CONTROL DE CALIDAD

LC: Limite de cuantificación MB: Blanco del proceso.

MB: Blanco del proceso.
LCS %Recovery: Porcentaje de recuperación del patrón de proceso.
MS %Recovery: Porcentaje de recuperación de la muestra adicionada.
MSD %RPD: Diferencia Porcentual Relativa entre los duplicados de la muestra adicionada.
Dup %RPD: Diferencia Porcentual Relativa entre los duplicados del proceso.

Parámetro	Unidad	LC	MB	LCS %Recovery	MS %Recovery	MSD %RPD
Nitrógeno Amoniacal	ma/L	0.010	<0.010	101%	102%	0%





INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL MA1820402

REFERENCIAS DE MÉTODOS DE ENSAYO

Referencia	Sede	Parámetro	Método de Ensayo
EW_APHA4500NH3D_CX	Cajamarca	Nitrógeno Amoniacal	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-NH3 D; 23rd Ed: 2017. Nitrogen (Ammonia). Ammonia-Selective Electrode Method

Notas:

El reporte de tiempo se realiza en el sistema horario de 24 horas.

Las muestras recibidas cumplen con las condiciones necesarias para la realización de los análisis solicitados.

Este documento es emitido por la Compañía bajo sus Condiciones Generales de Servicio, que pueden encontrarse en la página http://www.sgs.pe/es-ES/Terms-and-conditions.aspx Son especialmente importantes las disposiciones sobre limitación de responsabilidad, pago de indemnizaciones y jurisdicción definidas en dichas Condiciones Generales de Servicio, su alteración o su uso indebido constituye un delito contra la fé publica y se regula por las disposiciones civilies y penales de la materia, queda prohibida la reproducción parcial, salvo autorización escrita de SGS de Perú S.A.C.

Los resultados del informe de ensayo sólo son válidos para la(s) muestra(s) ensayada(s) y no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. La compañía no es responsable del origen o fuente de la cual las muestas han sido tomadas.





INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL MA1820563

INNODEVEL S.A.C

Jr. Cinco Esquinas N° 1710-4to piso

ENV / LB-344570-022

PROCEDENCIA: CAJAMARCA

Fecha de Recepción SGS: 29-09-2018

Fecha de Ejecución : Del 29-09-2018 al 04-10-2018

Muestreo Realizado Por : CLIENTE

Estación de Muestreo						
4SM-50-6						
4GR-50-4.5						
4SC-50-9.5						
4TS-50-8						

Emitido por SGS del Perú S.A.C.

Impreso el 04/10/2018

Rocio J. Manrique Torres

C.I.P. 136634





IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA	4SM-50-6	4GR-50-4.5	4SC-50-9.5				
FECHA DE MUESTREO					28/09/2018	28/09/2018	28/09/2018
HORA DE MUESTREO					07:15:00	07:15:00	07:15:00
CATEGORIA SUBCATEGORIA					AGUA RESIDUAL AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL AGUA RESIDUAL
			Г		INDUSTRIAL	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL
Parámetro Análisis Fisicoquímicos	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado	Resultado	Resultado
Nitrógeno Amoniacal	EW_APHA4500NH3D_CX	mg/L	0.004	0.010	5.800	4.300	0.061

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					4TS-50-8
FECHA DE MUESTREO					28/09/2018
HORA DE MUESTREO					07:15:00
CATEGORIA					AGUA RESIDUAL
SUBCATEGORIA					AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado
Análisis Fisicoquímicos					
Nitrógeno Amoniacal	EW_APHA4500NH3D_CX	mg/L	0.004	0.010	1.700





INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL MA1820563

CONTROL DE CALIDAD

LC: Limite de cuantificación MB: Blanco del proceso.

Parámetro	Unidad	LC	MB	LCS %Recovery	MS %Recovery	MSD %RPD
Nitrógeno Amoniacal	ma/L	0.010	<0.010	97%	107%	3%





INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL MA1820563

REFERENCIAS DE MÉTODOS DE ENSAYO

Referencia	Sede	Parámetro	Método de Ensayo
EW_APHA4500NH3D_CX	Cajamarca	Nitrógeno Amoniacal	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-NH3 D; 23rd Ed: 2017. Nitrogen (Ammonia). Ammonia-Selective Electrode Method

Notas:

El reporte de tiempo se realiza en el sistema horario de 24 horas.

Las muestras recibidas cumplen con las condiciones necesarias para la realización de los análisis solicitados.

Este documento es emitido por la Compañía bajo sus Condiciones Generales de Servicio, que pueden encontrarse en la página http://www.sgs.pe/es-ES/Terms-and-conditions.aspx Son especialmente importantes las disposiciones sobre limitación de responsabilidad, pago de indemnizaciones y jurisdicción definidas en dichas Condiciones Generales de Servicio, su alteración o su uso indebido constituye un delito contra la fé publica y se regula por las disposiciones civilies y penales de la materia, queda prohibida la reproducción parcial, salvo autorización escrita de SGS de Perú S.A.C.





INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL MA1820666

INNODEVEL S.A.C

Jr. Cinco Esquinas N° 1710-4to piso

ENV / LB-344570-023

PROCEDENCIA: CAJAMARCA

Fecha de Recepción SGS: 01-10-2018

Fecha de Ejecución : Del 01-10-2018 al 04-10-2018

Muestreo Realizado Por : CLIENTE

Estación de Muestreo						
6SM-50-6						
6GR-50-4.5						
6SC-50-9.5						
6TS-50-8						

Emitido por SGS del Perú S.A.C.

Impreso el 04/10/2018

Rocio J. Manrique Torres

C.I.P. 136634





IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA						6GR-50-4.5	6SC-50-9.5
FECHA DE MUESTREO					30/09/2018	30/09/2018	30/09/2018
HORA DE MUESTREO					19:00:00	19:00:00	19:00:00
CATEGORIA					AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL
SUBCATEGORIA					AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL	AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL	AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado	Resultado	Resultado
Análisis Fisicoquímicos							
Nitrógeno Amoniacal	EW_APHA4500NH3D_CX	mg/L	0.004	0.010	5.600	4.400	0.045

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					6TS-50-8
FECHA DE MUESTREO					30/09/2018
HORA DE MUESTREO					19:00:00
CATEGORIA					AGUA RESIDUAL
SUBCATEGORIA					AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado
Análisis Fisicoquímicos					
Nitrógeno Amoniacal	EW_APHA4500NH3D_CX	mg/L	0.004	0.010	1.400





INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL MA1820666

CONTROL DE CALIDAD

LC: Limite de cuantificación MB: Blanco del proceso.

Parámetro	Unidad	LC	MB	LCS %Recovery	MS %Recovery	MSD %RPD
Nitrógeno Amoniacal	ma/L	0.010	<0.010	106%	100%	0%





INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL MA1820666

REFERENCIAS DE MÉTODOS DE ENSAYO

Referencia	Sede	Parámetro	Método de Ensayo
EW_APHA4500NH3D_CX	Cajamarca	Nitrógeno Amoniacal	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-NH3 D; 23rd Ed: 2017. Nitrogen (Ammonia). Ammonia-Selective Electrode Method

Notas:

El reporte de tiempo se realiza en el sistema horario de 24 horas.

Las muestras recibidas cumplen con las condiciones necesarias para la realización de los análisis solicitados.

Este documento es emitido por la Compañía bajo sus Condiciones Generales de Servicio, que pueden encontrarse en la página http://www.sgs.pe/es-ES/Terms-and-conditions.aspx Son especialmente importantes las disposiciones sobre limitación de responsabilidad, pago de indemnizaciones y jurisdicción definidas en dichas Condiciones Generales de Servicio, su alteración o su uso indebido constituye un delito contra la fé publica y se regula por las disposiciones civilies y penales de la materia, queda prohibida la reproducción parcial, salvo autorización escrita de SGS de Perú S.A.C.





INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL MA1820822

INNODEVEL S.A.C

Jr. Cinco Esquinas N° 1710-4to piso

ENV / LB-344570-024

PROCEDENCIA: CAJAMARCA

Fecha de Recepción SGS: 03-10-2018

Fecha de Ejecución : Del 03-10-2018 al 04-10-2018

Muestreo Realizado Por : CLIENTE

Estación de Muestreo
8SM-50-6
8GR-50-4.5
8SC-50-9.5
8TS-50-8

Emitido por SGS del Perú S.A.C.

Impreso el 04/10/2018

Rocio J. Manrique Torres

C.I.P. 136634





IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					8SM-50-6	8GR-50-4.5	8SC-50-9.5
FECHA DE MUESTREO					02/10/2018	02/10/2018	02/10/2018
HORA DE MUESTREO					19:15:00	19:15:00	19:15:00
CATEGORIA					AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL
SUBCATEGORIA					AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL	AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL	AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado	Resultado	Resultado
Análisis Fisicoquímicos							
Nitrógeno Amoniacal	EW_APHA4500NH3D_CX	mg/L	0.004	0.010	4.900	4.200	0.017

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					8TS-50-8
FECHA DE MUESTREO					02/10/2018
HORA DE MUESTREO					19:15:00
CATEGORIA					AGUA RESIDUAL
SUBCATEGORIA					AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado
Análisis Fisicoquímicos					
Nitrógeno Amoniacal	EW_APHA4500NH3D_CX	mg/L	0.004	0.010	1.400





INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL MA1820822

CONTROL DE CALIDAD

LC: Limite de cuantificación MB: Blanco del proceso.

1	Parámetro	Unidad	LC	MB	LCS %Recovery	MS %Recovery	MSD %RPD
	Nitrógeno Amoniacal	ma/L	0.010	<0.010	101%	100 - 102%	0 - 3%





INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL MA1820822

REFERENCIAS DE MÉTODOS DE ENSAYO

Referencia	Sede	Parámetro	Método de Ensayo
EW_APHA4500NH3D_CX	Cajamarca	Nitrógeno Amoniacal	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-NH3 D; 23rd Ed: 2017. Nitrogen (Ammonia). Ammonia-Selective Electrode Method

Notas:

El reporte de tiempo se realiza en el sistema horario de 24 horas.

Las muestras recibidas cumplen con las condiciones necesarias para la realización de los análisis solicitados.

Este documento es emitido por la Compañía bajo sus Condiciones Generales de Servicio, que pueden encontrarse en la página http://www.sgs.pe/es-ES/Terms-and-conditions.aspx Son especialmente importantes las disposiciones sobre limitación de responsabilidad, pago de indemnizaciones y jurisdicción definidas en dichas Condiciones Generales de Servicio, su alteración o su uso indebido constituye un delito contra la fé publica y se regula por las disposiciones civilies y penales de la materia, queda prohibida la reproducción parcial, salvo autorización escrita de SGS de Perú S.A.C.





INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL MA1821015

INNODEVEL S.A.C

Jr. Cinco Esquinas N° 1710-4to piso

ENV / LB-344570-025

PROCEDENCIA: CAJAMARCA

Fecha de Recepción SGS: 05-10-2018

Fecha de Ejecución : Del 05-10-2018 al 06-10-2018

Muestreo Realizado Por : CLIENTE

Estación de Muestreo
2SM-75-4.5
2GR-75-6
2SC-75-8
2TS-75-9.5

Emitido por SGS del Perú S.A.C.

Impreso el 06/10/2018

Rocio J. Manrique Torres

C.I.P. 136634





IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					2SM-75-4.5	2GR-75-6	2SC-75-8	
FECHA DE MUESTREO					04/10/2018	04/10/2018	04/10/2018	
HORA DE MUESTREO					19:00:00	19:00:00	19:00:00	
CATEGORIA					AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL	
SUBCATEGORIA					AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL	AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL	AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL	
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado	Resultado	Resultado	
Análisis Fisicoquímicos								
Nitrógeno Amoniacal	EW_APHA4500NH3D_CX	mg/L	0.004	0.010	3.900	2.500	0.150	

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					2TS-75-9.5
FECHA DE MUESTREO					04/10/2018
HORA DE MUESTREO					19:00:00
CATEGORIA					AGUA RESIDUAL
SUBCATEGORIA					AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado
Análisis Fisicoquímicos					
Nitrógeno Amoniacal	EW_APHA4500NH3D_CX	mg/L	0.004	0.010	2.200





INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL MA1821015

CONTROL DE CALIDAD

LC: Limite de cuantificación MB: Blanco del proceso.

Parámetro	Unidad	LC	MB	LCS %Recovery	MS %Recovery	MSD %RPD
Nitrógeno Amoniacal	ma/L	0.010	<0.010	107%	101%	0%





INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL MA1821015

REFERENCIAS DE MÉTODOS DE ENSAYO

Referencia	Sede	Parámetro	Método de Ensayo
EW_APHA4500NH3D_CX	Cajamarca	Nitrógeno Amoniacal	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-NH3 D; 23rd Ed: 2017. Nitrogen (Ammonia). Ammonia-Selective Electrode Method

Notas:

El reporte de tiempo se realiza en el sistema horario de 24 horas.

Las muestras recibidas cumplen con las condiciones necesarias para la realización de los análisis solicitados.

Este documento es emitido por la Compañía bajo sus Condiciones Generales de Servicio, que pueden encontrarse en la página http://www.sgs.pe/es-ES/Terms-and-conditions.aspx Son especialmente importantes las disposiciones sobre limitación de responsabilidad, pago de indemnizaciones y jurisdicción definidas en dichas Condiciones Generales de Servicio, su alteración o su uso indebido constituye un delito contra la fé publica y se regula por las disposiciones civilies y penales de la materia, queda prohibida la reproducción parcial, salvo autorización escrita de SGS de Perú S.A.C.





INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL MA1821170

INNODEVEL S.A.C

Jr. Cinco Esquinas N° 1710-4to piso

ENV / LB-344570-026

PROCEDENCIA: CAJAMARCA

Fecha de Recepción SGS: 08-10-2018

Fecha de Ejecución : Del 08-10-2018 al 12-10-2018

Muestreo Realizado Por : CLIENTE

Estación de Muestreo
4SM-75-4.5
4GR-75-6
4SC-75-8
4TS-75-9.5

Emitido por SGS del Perú S.A.C.

Impreso el 12/10/2018

Rocio J. Manrique Torres

C.I.P. 136634





IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					4SM-75-4.5	4GR-75-6	4SC-75-8	
FECHA DE MUESTREO					06/10/2018	06/10/2018	06/10/2018	
HORA DE MUESTREO					19:45:00	19:45:00	19:45:00	
CATEGORIA					AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL	
SUBCATEGORIA					AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL	AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL	AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL	
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado	Resultado	Resultado	
Análisis Fisicoquímicos								
Nitrógeno Amoniacal	EW_APHA4500NH3D_CX	mg/L	0.004	0.010	4.000	1.000	0.091	

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					4TS-75-9.5
FECHA DE MUESTREO					06/10/2018
HORA DE MUESTREO					19:45:00
CATEGORIA					AGUA RESIDUAL
SUBCATEGORIA					AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado
Análisis Fisicoquímicos					
Nitrógeno Amoniacal	EW_APHA4500NH3D_CX	mg/L	0.004	0.010	1.900





INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL MA1821170

CONTROL DE CALIDAD

LC: Limite de cuantificación MB: Blanco del proceso.

Parámetro	Unidad	LC	MB	LCS %Recovery	MS %Recovery	MSD %RPD
Nitrógeno Amoniacal	ma/L	0.010	<0.010	103%	111%	3%





INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL MA1821170

REFERENCIAS DE MÉTODOS DE ENSAYO

Referencia	Sede	Parámetro	Método de Ensayo
EW_APHA4500NH3D_CX	Cajamarca	Nitrógeno Amoniacal	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-NH3 D; 23rd Ed: 2017. Nitrogen (Ammonia). Ammonia-Selective Electrode Method

Notas:

El reporte de tiempo se realiza en el sistema horario de 24 horas.

Las muestras recibidas cumplen con las condiciones necesarias para la realización de los análisis solicitados.

Este documento es emitido por la Compañía bajo sus Condiciones Generales de Servicio, que pueden encontrarse en la página http://www.sgs.pe/es-ES/Terms-and-conditions.aspx Son especialmente importantes las disposiciones sobre limitación de responsabilidad, pago de indemnizaciones y jurisdicción definidas en dichas Condiciones Generales de Servicio, su alteración o su uso indebido constituye un delito contra la fé publica y se regula por las disposiciones civilies y penales de la materia, queda prohibida la reproducción parcial, salvo autorización escrita de SGS de Perú S.A.C.





INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL MA1821256

INNODEVEL S.A.C

Jr. Cinco Esquinas N° 1710-4to piso

ENV / LB-344570-027

PROCEDENCIA: CAJAMARCA

Fecha de Recepción SGS: 09-10-2018

Fecha de Ejecución : Del 09-10-2018 al 12-10-2018

Muestreo Realizado Por : CLIENTE

Estación de Muestreo
6SM-75-4.5
6GR-75-6
6SC-75-8
6TS-75-9.5

Emitido por SGS del Perú S.A.C.

Impreso el 12/10/2018

Rocio J. Manrique Torres

C.I.P. 136634





IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					6SM-75-4.5	6GR-75-6	6SC-75-8
FECHA DE MUESTREO					08/10/2018	08/10/2018	08/10/2018
HORA DE MUESTREO					19:30:00	19:30:00	19:30:00
CATEGORIA					AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL
SUBCATEGORIA					AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL	AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL	AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado	Resultado	Resultado
Análisis Fisicoquímicos							
Nitrógeno Amoniacal	EW_APHA4500NH3D_CX	mg/L	0.004	0.010	4.800	0.260	0.080

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					6TS-75-9.5
FECHA DE MUESTREO					08/10/2018
HORA DE MUESTREO					19:30:00
CATEGORIA					AGUA RESIDUAL
SUBCATEGORIA					AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado
Análisis Fisicoquímicos					
Nitrógeno Amoniacal	EW_APHA4500NH3D_CX	mg/L	0.004	0.010	2.100





INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL MA1821256

CONTROL DE CALIDAD

LC: Limite de cuantificación MB: Blanco del proceso.

Parámetro	Unidad	LC	MB	LCS %Recovery	MS %Recovery	MSD %RPD
Nitrógeno Amoniacal	ma/L	0.010	<0.010	103%	111%	3%





INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL MA1821256

REFERENCIAS DE MÉTODOS DE ENSAYO

Referencia	Sede	Parámetro	Método de Ensayo
EW_APHA4500NH3D_CX	Cajamarca	Nitrógeno Amoniacal	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-NH3 D; 23rd Ed: 2017. Nitrogen (Ammonia). Ammonia-Selective Electrode Method

Notas:

El reporte de tiempo se realiza en el sistema horario de 24 horas.

Las muestras recibidas cumplen con las condiciones necesarias para la realización de los análisis solicitados.

Este documento es emitido por la Compañía bajo sus Condiciones Generales de Servicio, que pueden encontrarse en la página http://www.sgs.pe/es-ES/Terms-and-conditions.aspx Son especialmente importantes las disposiciones sobre limitación de responsabilidad, pago de indemnizaciones y jurisdicción definidas en dichas Condiciones Generales de Servicio, su alteración o su uso indebido constituye un delito contra la fé publica y se regula por las disposiciones civilies y penales de la materia, queda prohibida la reproducción parcial, salvo autorización escrita de SGS de Perú S.A.C.





INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL MA1821452

INNODEVEL S.A.C

Jr. Cinco Esquinas N° 1710-4to piso

ENV / LB-344570-029

PROCEDENCIA: CAJAMARCA

Fecha de Recepción SGS: 11-10-2018

Fecha de Ejecución : Del 11-10-2018 al 17-10-2018

Muestreo Realizado Por : CLIENTE

Estación de Muestreo
8SM-75-4.5
8GR-75-6
8SC-75-8
8TS-75-9.5

Emitido por SGS del Perú S.A.C.

Impreso el 17/10/2018

Rocio J. Manrique Torres

C.I.P. 136634





IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA	IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					8GR-75-6	8SC-75-8
FECHA DE MUESTREO					10/10/2018	10/10/2018	10/10/2018
HORA DE MUESTREO					19:15:00	19:15:00	19:15:00
CATEGORIA					AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL
SUBCATEGORIA					AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL	AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL	AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado	Resultado	Resultado
Análisis Fisicoquímicos							
Nitrógeno Amoniacal	EW_APHA4500NH3D_CX	mg/L	0.004	0.010	4.200	0.072	0.200

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					8TS-75-9.5
FECHA DE MUESTREO					10/10/2018
HORA DE MUESTREO					19:15:00
CATEGORIA					AGUA RESIDUAL
SUBCATEGORIA					AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado
Análisis Fisicoquímicos					
Nitrógeno Amoniacal	EW_APHA4500NH3D_CX	mg/L	0.004	0.010	1.500





INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL MA1821452

CONTROL DE CALIDAD

LC: Limite de cuantificación MB: Blanco del proceso.

Parámetro	Unidad	LC	MB	LCS %Recovery	MS %Recovery	MSD %RPD
Nitrógeno Amoniacal	ma/L	0.010	<0.010	100%	106%	2%





INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL MA1821452

REFERENCIAS DE MÉTODOS DE ENSAYO

Referencia	Sede	Parámetro	Método de Ensayo
EW_APHA4500NH3D_CX	Cajamarca	Nitrógeno Amoniacal	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-NH3 D; 23rd Ed: 2017. Nitrogen (Ammonia). Ammonia-Selective Electrode Method

Notas:

El reporte de tiempo se realiza en el sistema horario de 24 horas.

Las muestras recibidas cumplen con las condiciones necesarias para la realización de los análisis solicitados.

Este documento es emitido por la Compañía bajo sus Condiciones Generales de Servicio, que pueden encontrarse en la página http://www.sgs.pe/es-ES/Terms-and-conditions.aspx Son especialmente importantes las disposiciones sobre limitación de responsabilidad, pago de indemnizaciones y jurisdicción definidas en dichas Condiciones Generales de Servicio, su alteración o su uso indebido constituye un delito contra la fé publica y se regula por las disposiciones civilies y penales de la materia, queda prohibida la reproducción parcial, salvo autorización escrita de SGS de Perú S.A.C.





Registro N°LE - 002

INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL AG1848138

Página 1 de 1

Análisis solicitado por: INNODEVEL S.A.C.

Jr. Los Leones Nº 464. CAJAMARCA - CAJAMARCA

Solicitud de Ensayo: 228392-1

Producto descrito como SUELOS-SUELOS
Procedencia: MUESTRA RECIBIDA
Observaciones Recep: En bolsa plástica

Notas: MUESTRAS RECIBIDAS

Cantidad Muestras: 2

Fecha de Recepción: 16/10/2018 Fecha de Ensayo: 30/10/2018 Fecha de Emisión: 31/10/2018

Ensayo Método

Nitrógeno Total//Nitrógeno Orgánico
Norma Oficial Mexicana NOM-021-SEMARNAT-2000 Especificaciones de Fertilidad, Salinidad y clasificación de suelos, estudio, muestreo y análisis. Ítem 7.3.17 AS-25 Determinación de nitrógeno

clasificación de suelos, estudio, muestreo y analisis. Item 7.3.17 AS-25 Determinación de nitrogeno total en el suelo, Ítem 7.1.8 AS-08 Determinación de nitrógeno Inorgánico del suelo (Validado 2017)

Resultados Identificación de la muestra	SUELO /16-09-SC	SUELO /16-09-TS	
Ensayo			
Nitrógeno Orgánico (%)		0.20	0.69
Nitrógeno Total (%)		0.208	0.696

Luduvina E. Reyes Rosales CQP 889 Coordinador de Laboratorio

Este documento es emitido por la Compañía bajo sus Condiciones Generales de Servicio, que pueden encontrarse en la página http://www.sgs.pe/es-ES/Terms-and-Conditions.aspx. Son especialmente importantes las disposiciones sobre limitación de responsabilidad, pago de indemnizaciones y jurisdicción definidas en dichas Condiciones Generales de Servicio, su alteración o su uso indebido constituye un delito contra la fé publica y se regua por las disposiciones civilies y penales de la materia, queda prohibida la reproducción parcial, salvo autorización escrita de SGS de Perú