



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

“Remoción de amoniaco en 20 lt de agua del río Santa con 5 gr de Lenteja de agua (Lemna minor), Chimbote - Ancash - 2021”

TESIS PARA OBTENER EL TITULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Civil

AUTORES:

Chuquimez Tafur, Rita Angélica (ORCID: 0000-0002-0413-1193)

Sifuentes Méndez, Roy Jhordan (ORCID: 0000-0002-0687-7423)

ASESOR:

Mgtr. Monja Ruiz, Pedro Emilio (ORCID: 0000-0002-4275-763X)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de obras hidráulicas y de saneamiento

CHIMBOTE – PERU

2021

Dedicatoria

Está presente tesis está dedicada sobre todo al Altísimo por habernos permitido venir hasta este momento y haber legado lo forzoso para continuar el día a día para conseguir nuestros objetivos, asimismo de su ininidad virtud y amor.

A nuestras madres Graciela y Mercedes; y nuestros padres Mauro y German por habernos dado la existencia; y en ella la capacidad por superarnos y desearnos lo mejor en cada paso por este camino difícil y arduo de la vida. Gracias por ser como son, porque su presencia y persona han ayudado a edificar y forjar la persona que ahora somos.

Agradecimiento

Agradecemos a Dios por toda la ayuda durante estos años, grande fue el sacrificio, pero tú siempre nos diste la fortaleza necesaria para seguir adelante.

Al Dr. Cesar Julián Benites por haber confiado en nosotros y habernos brindado su apoyo y conocimiento como asesor.

A nuestras familias por confiar e impulsarnos a sobresalir en nuestra vida profesional. Gracias a ustedes hemos logrado concluir con éxito la presente tesis.

Índice de contenidos

Carátula	i
Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenidos	iv
Índice de tablas	v
Índice de gráficas y figuras	vi
ABSTRACT	ix
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	3
III. METODOLOGÍA	10
3.1. Tipo y diseño de investigación	10
3.2. Variables y operacionalización	11
3.3. Población, muestra y muestreo	12
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	13
3.5. Procedimientos	14
3.6. Método de Análisis de datos	15
3.7. Aspectos éticos	15
IV. RESULTADOS	17
V. DISCUSION	24
VI. CONCLUSIONES	27
VII. RECOMENDACIONES	28
REFERENCIAS	29
ANEXOS	32

Índice de tablas

Tabla N° 01: Ficha técnica de la lenteja de agua	17
Tabla N° 02: Comparación de resultados al aplicarse la lenteja de agua	22
Tabla N° 03: Cantidad de litros a ensayarse para determinación de porcentaje de amoniaco.....	22
Tabla N° 04: Prueba T Student para muestras independientes.....	23

Índice de gráficas y figuras

Gráfico N° 01: Cantidad de amonio en muestra patrón.....	17
Gráfico N° 02: Cantidad de amonio en M1=15 días.....	18
Gráfico N° 03: Cantidad de amoniaco en M2=30 días.....	19
Gráfico N° 04: Cantidad de amoniaco en M3=45 días.....	20
Figura 1: Esquema de representación del experimento.	111
Figura 2: Extracción del agua.....	43
Figura 3: Baldes con agua.	¡Error! Marcador no definido.
Figura 4: Lemna minor.	43
Figura 5: Muestra analizada (patrón 0 días)	¡Error! Marcador no definido. 44
Figura 6: Pesaje M1= 5 gr.....	44
Figura 7: Pesaje de M2= 5 gr.....	44
Figura 8: Pesaje de la lemna minor.....	44
Figura 9: Pesaje M3= 5 gr.....	44
Figura 10 y 11: M1=5gr, M2=5g y M3=5gr de lemna minor contenidas en peceras de vidrio con 20 litros de agua.....	45
Figura 12: Muestra analizada M1=15 días.....	45
Figura 13: Fronda de 3 a 4 Lemna minor (reproducción).....	45
Figura 14: M2= 30 días (15 DIAS).....	46
Figura 15:M3 = 45 días (15 DIAS).....	46
Figura 16: M2= 30 días (30 DIAS).....	¡Error! Marcador no definido. 46
Figura 17: M2= 45 días (30 DIAS).....	¡Error! Marcador no definido.
Figura 18: Muestra de agua 45 días.....	47
Figura 19: M2= 30 días (30 días).....	47

Figura 20: M2= 45 días (30 DIAS).....	47
Figura 21: Muestra analizada en 45 días.....	48
Figura 22: M1= 15 días (45 dias).....	48
Figura 23: M2= 30 días (45 dias).....	48
Figura 24: M3= 45 días (45 dias).....	48

RESUMEN

La importancia de esta investigación fue conocer el grado de eficiencia de remoción de amoníaco con 5 gr de lenteja de agua en 20 lt de agua del río Santa, ya que la lenteja de agua tiene como principal propiedad la fitorremediación que consistió en la absorción de metales y nutrientes contaminantes mediante raíces de las plantas. El sistema experimental consistió en extraer, agua del Río Santa en 3 baldes de 20 litros cada uno, para cada pecera m1=15 días, m2=30 días y m3=45 días, 15 gramos de lenteja de agua y una botella de agua de ½ litro que sirvió como muestra patrón, cada pecera con agua contenía 5 gramos de plantas acuáticas flotadoras, sus raíces estuvieron en contacto con la muestra del agua, pasado los días se determinó el porcentaje de remoción utilizando el equipo espectrofotómetro-nesslerización. Las pruebas se desarrollaron en el laboratorio de la Universidad Nacional de Trujillo (LASACI).

Palabras claves: remoción, fitorremediación, *Lemna minor*

ABSTRACT

The importance of this research was to know the degree of efficiency of ammonia removal with 5 grams of duckweed in 20 liters of water from the Santa River, since the main property of the duckweed is phytoremediation, which consisted in the absorption of metals. and polluting nutrients through plant roots.

The experimental system consisted of extracting water from the Santa River in 3 buckets of 20 liters each, for each fish tank m1 = 15 days, m2 = 30 days and m3 = 45 days, 15 grams of duckweed and a bottle of water of ½ liter that served as a standard sample, each fish tank with water contained 5 grams of floating aquatic plants, their roots were in contact with the water sample, after a few days the removal percentage was determined using the spectrophotometer-nesslerization equipment. The tests were developed in the laboratory of the National University of Trujillo (LASACI).

Keyword: removal, phytoremediation, lemna minor

I. INTRODUCCIÓN

A nivel mundial la contaminación del agua sigue en aumento, fundamentalmente la mayoría industrias productoras de bienes generan residuos desperdicios que contaminan el agua.

El mayor contaminante del agua a causa de las acciones humanas son los nutrientes, microbios patógenos, componentes que agotan el oxígeno del agua, materia orgánica y metales pesados, así como sedimentos en suspensión y pesticidas, varios de ellos vienen de lugares no identificados. Comúnmente, la contaminación causa mayor daño al agua en todo el mundo. Existen plantas de tratamiento convencional para la purificación del agua, pero sus costos de operación son elevados, es por ello que se están buscando alternativas más eficientes y de bajo costo. En la actualidad, se busca el empleo de plantas con capacidad fitorremediadora para la remoción de nutrientes como el nitrógeno, fosforo, para disminuir el efecto nocivo de este tipo de contaminantes en el agua superficial en su condición de cuerpo receptor, ya que muchas veces estas aguas son utilizadas para consumo humano, consumo vegetal y/o para la irrigación de las tierras.

Existen ochocientas municipalidades que desechan alrededor de 1.2 hectómetros cúbicos (hm³) de aguas servidas a los ríos al año debido a actividades antropogénicas entre los cuales se encuentran los gases y metales como fósforo, nitrógeno, zinc, etc. Debido a esto se plantea soluciones a los problemas de contaminación de los recursos hídricos del Perú mediante tres líneas de acciones las cuales son: Fortalecimiento institucional para la gestión de calidad de los recursos hídricos, protección de la calidad de los recursos hídricos, recuperación de la calidad de los recursos hídricos, Con lo cual se espera recuperar gran parte de los recursos hídricos, aunque eso conlleva un gasto de inversión pública muy elevado. (ANA, 2005)

El monitoreo de la Cuenca del Rio Santa efectuado reveló que sus aguas están contaminadas por residuos sólidos, aguas residuales contaminadas con metales pesados. Además, el río Santa también se ve contaminado por las industrias que vierten clandestinamente las vertientes de sus procesos industriales sin previo tratamiento que muchas veces son consumidas directamente del río sin ningún

cuidado. En conclusión, actualmente vivimos una época de crisis del agua debido a la contaminación que ella tiene debido a los procesos antropogénicos causados por el hombre y las industrias. (ANA, 2016)

Ante esto se **formula el problema ¿Cuál será el nivel óptimo de remoción de amoníaco en 20 lt de agua del Río Santa mediante el mecanismo de absorción con 5 gr de lenteja de agua?**

Se buscó resolver la eficacia de la remoción utilizando la capacidad fitorremediadora de la lenteja de agua, obtenida a través de ensayos evaluando el agua superficial del río Santa.

La justificación de la investigación se basó en la situación actual, Perú es uno de los países que no toma mucha importancia a los sistemas de tratamiento de las aguas causado por desechos mineros, desagües vertidos directamente al río provocando la muerte de los animales y plantas que habitan en el agua, motivo por el que fue necesario realizar este trabajo para brindar una propuesta eficiente y económica de sistemas de tratamiento de aguas contaminadas debido a las acciones antropogénicas lo que una vez tratada se puede dar uso para riego así como podría utilizarse para consumo humano.

El uso de la lenteja de agua como una solución ambiental y económica es apropiado para todo el país y sobre todo las zonas que tienen menos recursos ya que no requiere grandes gastos de energía, no es necesario el uso de personal técnico conocedor para su manipulación. Por tal motivo, se hace indispensable el estudio de la eficiencia de remoción de nutrientes con *Lemma minor*, a esto se suma que una vez removido los nutrientes con mayor concentración como sería el amonio en este caso, el agua tratada se le puede dar otra utilidad por ejemplo para riego, las masas de plantas que se han reproducido se podrían utilizar para alimento de animales como patos y cerdos, el acceso para conseguir la lenteja de agua es factible y se puede conseguir cerca, solo demandaría caminar 30 minutos aguas abajo del puente del Río Santa en Santa. La fitorremediación mejorará la eficacia de la supresión de los nutrientes que afectan el fluido.

El principal objetivo fue evaluar el nivel de eficiencia de remoción de amoníaco en 20 lt de agua del Río Santa, con 5 gr de lentejas de agua (*Lemma minor*). **Y en**

los objetivos secundarios tenemos, identificar la familia de la lenteja de agua, determinar la cantidad mg/l de amoníaco en la muestra patrón, determinar el porcentaje de remoción de amoníaco en la M1=15 días, determinar el porcentaje de remoción de amoníaco en M2=30 días, determinar el porcentaje de remoción de amoníaco en la M3=45 días.

Se plantea la hipótesis: **Los mecanismos de absorción de la lenteja de agua removerían las concentraciones de amoníaco en porcentajes mayores al 80 % en el Río Santa.**

II. MARCO TEÓRICO

La información considerada contempla **antecedentes internacionales**:

Juliet Selvarani, P. Padmavathy, A. Srinivasan, P. Jawahar (India 2015).” Performance of Duckweed (*Lemna minor*) on different types of wastewater treatment”. Cuyo objetivo fué analizar la eficiencia de eliminación de nutrientes de la lenteja de agua en diferentes aguas residuales el experimento consistió en 4 disoluciones en recipientes de plástico de 50 l como agua cruda, 25%, 50% y 75%, se inoculó a cada uno 0,6 kg de peso húmedo /m², los parámetros de calidad del agua se analizaron una vez a la semana lo que resultó en la rápida reducción de amoníaco con 96% en un mes lo que se reflejó en la disolución de 25% de las aguas concluyéndose que la *lemna minor* se desarrolla bien en aguas municipales en comparación con aguas residuales y los nutrientes desperdiciados podría utilizarse para producir biomasa para el ganado o producción de combustible.

Sabliy, Konontsev, Grokhovska, Widomski Y Lagód (Polonia 2016).” En nitrogen removal from fish farms water by *lemna minor* and *Wolffia arrhiza*” su objetivo fue eliminar solutos y no constituidos nutrientes especialmente amonio y fosfatos cuyo diseño experimental que se realizó en un volumen de reservorio de biorreactores de 45 dm³ tiene como resultado que la *lemna minor* colocada en embalse de flujo aumentaron su masa a dos veces (88-110%) durante 24 horas. Según los estudios experimentales se concluye que la eficiencia del fitorreactor en la asimilación del nitrógeno amoniacal depende de la biomasa por tanto 1 g de *lemna minor* es capaz

de eliminar de 2,6 a 6,0 mg de amonio (NH_4^+) por día, bajo las condiciones de la luz brillante diaria, sin iluminación artificial.

Azlin (Malaysia 2018).” Comparative phytotoxicity of *Azolla pinnata* and *Lemna minor* in Treated Palm Oil Mill Effluent”. Objetivo fue evaluar la fitotoxicidad de *azolla pinnata* y *L. minor* en una solución que contiene altos nutrientes cuyo diseño experimental se preparó un total de 34 envases de 100 ml dividiéndolas en 16 contenedores para cada planta cada contenedor tenía 50 ml pome tratados obtenida de un molino de aceite de palma crudo con diferentes concentraciones de pepita del 100%, 75%, 50% y 25% con 3 g de *Lemna minor* y *A pinnata* durante 5 días y resultó que para la *azolla* para el cuarto y quinto día todas las plantas se pusieron negras haciendo no resiste a la toxicidad, en cambio la *L. minor* al 5 día permaneció casi igual solo el 5% murieron lo que indica alta resistencia y capacidad de remoción de nutrientes concluyendo *A. pinnata* fue capaz de eliminar el amoniaco de 14,3 a 7 mg/l, que equivale al 51.0% n 3 días, para *L. minor* que absorbe deliberadamente el amoniaco en 5 días el 31.6%.

Así como **antecedentes nacionales:**

Coronel, E. (2016). “Eficiencia del jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*) y lenteja de agua (*Lemna minor*) en el tratamiento de las aguas residuales de la universidad nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas· Chachapoyas, 2015”, tiene como objetivo determinar la eficiencia del jacinto de agua y *Lemna minor* en el sistema de tratamiento de la UNTRM, el diseño es experimental la metodología que se utilizó fue de por tandas para cada sistema un recipiente con agua estancada donde se vertió la lenteja de agua y el jacinto de agua concluyendo que la planta que mayor removió fue la *Eichhornia crassipes* en 13 de los 16 parámetros.

Alvado, K. (2017). “Influencia del uso de *Lemna minor* en el tratamiento de la contaminación orgánica de los efluentes industriales de Cotexsur, Lurín, 2017” el objetivo fue precisar en cuanto influye *Lemna minor* en el tratamiento de las aguas de la empresa industrial Cotexsur diseño experimental con enfoque cuantitativo trata de los volúmenes de agua que desecha Cotexsur colocadas en un equipo que filtra el agua a un recipiente de vidrio y concluye que de 100, 200 y 300 gramos a

los 10 días la remoción fue mayor con 100 gramos de Lemna minor y con 300 gramos a los 6 días.

Castillo, E. (2017). "Eficiencia de Lemna sp Y Eichhornia crassipes, en la remoción de nutrientes del efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales en Celendín". El objetivo es la remoción de la lemna y eficiencia Lemna sp Y Eichhornia crassipes, de los nutrientes en PTAR en aguas residuales en Celendín con diseño experimental desarrollado en la misma planta de tratamiento de la ciudad de Celendín utilizándose reactores en serie, se llegó a la conclusión la remoción fue de 52 %para NO₃ y de 37 para fósforo (P)

Quispe, K., Ayala, M. (2019). "Utilización de la Eichhornia crassipes y Lemna minor en la remoción de nitrógeno y fosforo, de las aguas residuales de la laguna de oxidación de la empresa EMAPACOP S.A.-Ucayali-2018". Su objetivo fue determinar la eficiencia de remoción de nitrógeno y fosforo, el cual reporto porcentajes de remoción de entre 70-80% para Eichhornia crassipes y de 55-60% de *Lemna minor* para un tiempo de 5 días y una muestra de agua de 80 litros; los resultados de remoción para el nitrógeno fueron de 0.35 a 0.09 mg/l y para el fosforo fue de 5 a 0.53 mg/l.

La eliminación de los nutrientes es de gran ayuda para la salud, debido a que su incremento en el agua ya sea lago o laguna, genera el fenómeno aumento en exceso de los nutrientes en el agua llamado eutrofización, generando variación sistemática peligrosa, unos estos cambios es la producción de plantas acuáticas y algas, haciendo no apto el agua, desagradables olores y sabores terminando con la muerte de vida existente dentro del agua. La floración abundante de plantas flotantes y algas es un fenómeno que se nota a simple vista que puede dificultar magnamente la calidad de las masas de agua. (Samboni, 2007)

La aplicación de las plantas que habitan en el agua es un desarrollo físico-químico que genera el ingreso de los alimentos a las plantas. Se alimentan de los nitratos (NO₃-), amonio (NH₄+), fosfato (PO₄3-) y demás nutrientes y así desarrollarse, esto quiere decir que posee el efecto de eliminación de estos elementos de la fase acuosa. Múltiples bacterias, algas, etc. alrededor de las plantas acuáticas, asimilan

estos alimentos. La extracción cada cierto tiempo elimina considerablemente estos nutrientes de la columna del agua. (García, 2012)

La descomposición de los suelos usando vegetales une la ecología y la tecnología, reduciendo el impacto ambiental a través de los procesos de los ecosistemas es la posibilidad de las plantas para absorber, degradar, tolerar y acumular elementos dañinos, actualmente se está trabajando con estos tratamientos en el extranjero contribuyendo a mejorar los suelos dañados con desechos orgánicos e inorgánicos. Referente al tratamiento técnico de purificación del agua físico-químicas, la fitorremediación da a conocer alternativas como el bajo aporte económico, y la mejora con el ecosistema utilizando los procesos ecológicos, y el hecho de ser una tecnología social, ambientalmente más aceptada y estética. Gracias a esto no sería extraño lograr el común el uso para la mejora del medio ambiente, ante las técnicas físico-químicas. (Garbisu, 2008)

Se le considera al agua como un compuesto químico que no se altera. Las particularidades del agua pueden impresionar a los sentidos (olfato, vista, etc.), también se consideran importantes las siguientes: sólidos solubles e insolubles, turbiedad, olor, color, temperatura, sabor, y pH. El agua tiene altísima cohesión en medio de sus moléculas por conformación de hidrógeno. La aparición de las cargas negativas y positivas en una misma molécula origina la atracción de estas cargas ellas como un imán.

Incomprensible: pues esto comprende que es imposible disminuir su capacidad aplicando presión, manteniendo sus intermoleculares distancias de manera fija, ya que las moléculas de agua permanecen interconectadas.

Alta presión superficial: Quiere decir que su superficie opone mucha resistencia si uno pretende fraccionarla, lo cual posee una intervención práctica muy significativa, de tal manera que el agua permita la suspensión y el transporte de microorganismos, partículas gruesas y moléculas que no se disuelven. Capilaridad: Este fenómeno nos demuestra por un lado por qué el agua que toma un árbol en el suelo llegaría a su copa, o explica el por qué un caño que va por el piso de una casa originaría humedecimiento en una pared que está sobre él.

Acción disolvente: A causa de su forma bipolar, el agua es un gran disolvente de sustancias polares, como ácidos, bases, sales, entre otros. (Enciclopedia de Características, 2017)

Según ANA, se consideran Aguas Residuales, a aquellas cuyas características originales han sido modificadas por actividades antropogénicas, y que tengan que ser vertidas a un cuerpo natural de agua o reusadas y que por sus características de calidad requieren de un tratamiento previo. También, puede clasificarse en:

Aguas Residuales Municipales: Residuos líquidos transportados por el alcantarillado de una ciudad o población y tratados en una planta de tratamiento municipal.

Aguas Residuales Industriales: Las Aguas Residuales provenientes de las descargas de industrias de Manufactura. (ANA, 2012)

Existen en nuestro país diferentes áreas que tienen sistema de tratamiento de aguas residuales con macrófitas, un claro ejemplo en la UNI de la ciudad de Lima cuenta con una planta de tratamiento con humedales (UNITRAR), la cual, trata un caudal de 0.4 l/s, resultando eficiente para la depuración de las aguas residuales. Estas micrófitas juegan un papel importante en las, teniendo como misión principal de: filtrar, clarificar y reducir la proliferación de algas, debido a las extensas coberturas vegetales sobre el agua, evitando que crezcan algas ya que no llega la luz del sol y no hay fotosíntesis trayendo consigo el deterioro de DBO, DQO que se encuentran suspendidos, gracias a esto la *Lemna minor* posee las funciones mencionadas, debido a que es una especie no arraigada, la cual navega libremente sobre la superficie del agua ayudando a filtrar el agua, a través de la raíz, rizomas, y parte del tallo, además ayuda a eliminar la materia orgánica, por medio de un conjunto de microorganismos facultativos unidos a las raíces de las plantas; así disminuir el incremento de algas (Martelo & Borrero, 2012)

La lenteja de agua se caracteriza por tener diferentes propiedades que facilitan la filtración del agua, por un método llamado filtro depuración, es la eliminación de nutrientes que contaminan el agua, presentándose varios procesos tanto biológicos como fisicoquímicos. Esto pasa en ambientes que acogen aguas infectadas, que están asociadas con la autodepuración en donde se recobra la calidad del agua.

Es una planta acuática flotante de agua dulce de una a tres hojas cada una con una sola raíz flotando en el agua. Según mas hojas crecen, las plantas se dividen y se y se forman individualmente. La raíz tiene de 1 a 2 cm de largo. Las hojas tienen una forma ovalada, de 1-8 mm de largo y 0,6-5 mm de ancho, de color verde claro, con tres (raramente cinco) venas y pequeños espacios de aire que le sirve como medio de flotación. Se reproduce principalmente vegetativamente por división. Las flores rara vez se producen y miden aproximadamente 1 mm de diámetro, con una escala membranosa en forma de copa que contiene un solo óvulo y dos estambres. La semilla es de 1 mm de largo, nervada con 8-15 costillas. Las aves son importantes en la dispersión de *L. minor* a nuevos sitios. La raíz pegajosa permite que la planta se adhiera al plumaje o los pies de las aves y así puede colonizar nuevos estanques. (Natural Resources Conservation Service, 2011)

La lenteja tiene las siguientes características: Familia Lemnaceae: Géneros: Spirodela, Lemna, Wolfiella y Wolfia, son muy a distintas condiciones ambientales son muy fuertes, muestra fronda (0.1 a 2 cm): fusión de tallo y hojas.

Tasa de reproducción: 0.1 a 0.5/día, en ambientes ideales pueden duplicarse en 2 días. Los nutrientes son absorbidos por las raíces y por el lado inferior de la fronda.

Su estructura está conformada por un 86-97% de agua, tienen una vasta concentración de proteína (45%) constituido de material metabólicamente activos sin necesidad de una estructura de soporte.

Tiene excelente fuente de aminoácidos, vitaminas y enzimas por tanto alimento nutritivo para animales como peces. Las propiedades de la absorción de los nutrientes tenemos que tiene una pequeña raíz debajo de la hoja por donde absorbe los nutrientes (amoníaco), evitando la contaminación del agua. Gracias a su rápida reproducción, la *Lemna minor* cubre por completo la superficie del agua, esto ayuda a que el agua reciba menos sol, habiendo que aparezcan menos algas verdes y manteniendo el agua más limpia. (Cubillos, 2008)

El amonio es un compuesto químico de forma gaseosa, cuya molécula está conformada por 1 átomo de nitrógeno (N) y 3 átomos de hidrógeno (H) de acuerdo a la fórmula NH_3 .

La molécula está representada por una forma tetraédrica con un vértice libre, se debe a la conformación de orbitales atómicos (híbridos sp^3). En disolución acuosa se puede conducir como una base y formarse el ión amonio (NH_4^+) con un átomo de hidrógeno en cada vértice del tetraedro. Se trata de un gas sin color, de fuerte olor, que se disuelve en el agua, y en estado líquido se puede evaporar con facilidad.

Propiedades físicas del amoniaco: NH_4^+ , fórmula química: NH_3 , masa molecular: 17.03 g/mol, punto de fusión: $-78^\circ C$, punto de ebullición: $-33^\circ C$, solubilidad en agua: Buena (34 g/100 ml a $20^\circ C$), densidad relativa del líquido (agua = 1g/ml): 0.68.

Una fuente significativa de emisión proviene de la degradación de cuerpos en descomposición de animales, desechos y del uso de fertilizantes de nitrógeno, que ocasiona el aumento de nitratos en las aguas superficiales. En la industria, la contaminación resalta en elaboración de papelería, explosivos, textiles, pulpa, alimentos y bebidas, producción de material de aseo, entre otros. Los resultados en seres humanos y entorno donde vivimos a causa de la exposición de elevadas proporciones en el aire de amoniaco, pueden causar quemaduras graves en los ojos, piel, pulmones y garganta, en el peor de los casos provocar ceguera, edema pulmonar o la muerte. En bajas cantidades causa tos e irritación de garganta y nariz, ingerirlo causaría quemaduras en la parte interna del cuerpo, de forma líquido al evaporarse velozmente, causa entumecimiento al rozar con la piel. El amoniaco se descompone de forma rápida, las plantas lo absorben muy fácil suprimiéndolo del ambiente, es un nutriente primordial para poder desarrollarse, pero grandes proporciones en las aguas superficiales, causa daños graves en los seres vivos, ya que impide la oxigenación. (Ministerio de Agricultura y Pesca, 289007)

Existen métodos agrupados por técnicas instrumentales como la espectrofotometría que se refiere a un dispositivo óptico que admite atravesar una muestra traslúcida por un haz de luz monocromática, esta a su vez es detectada y cuantificada por un sensor y una electrónica adecuada, la continuidad de la luz puede ser diferente ya que dispone de una red de difracción. Ayuda a entender espectros de absorción de líquidos coloreados y además se puede medir proporciones de diferentes metabolitos. (Metrix laboratorio, 2016)

Así como la nesslerización donde el nitrógeno amónico ($\text{NH}_4\text{-N}$) se muestra en forma de amoniaco, iones de amonio. El reactivo de Nessler ubica proporciones de amonio. (Millipore, 2016)

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

Tipo de investigación

El estudio fue de **tipo aplicada** se consideró la utilidad de conocimientos teóricos pre existente que buscó obtener una solución de problemas reales de nuestro entorno, para mejorar la calidad de vida. La investigación aplicada parte del conocimiento generado por la investigación básica, tanto para identificar problemas sobre los que se intervenido como para definir las estrategias de solución como la cosecha de plantas acuáticas, constituyó un importante mecanismo de remoción de nutrientes, y es ampliamente utilizada en sistemas de tratamiento de aguas contaminadas (Záková 1994), es de tipo cuantitativa según la medida ya que se basó en datos numéricos. Se orientó a evaluar y cuantificar la eficiencia de la Lemna minor con su capacidad de biorremediación en la remoción de nutrientes de aguas contaminadas para su disposición o reutilización.

Los ensayos se hicieron de manera experimental teniendo días semanales dedicadas a la elaboración de las mismas.

La mayor parte del estudio, se realizó en nuestra vivienda dejando remover el agua con las plantas en los recipientes, para las pruebas y ensayos se desarrolló en la Universidad Nacional de Trujillo.

Diseño de investigación

El tipo de **diseño de la investigación es experimental de nivel Cuasi Experimental** enfocado a un grupo ya definido. Nos permite manipular la dosificación del agua del río Santa, ya que la aplicación de este diseño determina el nivel de eficiencia en la remoción de amonio a través de la toma de muestras del Río Santa, se sujetará el recipiente por el fondo en posición invertida, sumergiéndose completamente y dándole la vuelta en sentido contrario a la corriente.

Se evaluó tres muestras de sustancias solubles: las tres soluciones de agua del río Santa empleando 5 gramos de Lemna minor con una variación en tiempo para la remoción de cada muestra, la muestra uno se extrajo a los 15 días, muestra dos a los 30 días y la muestra tres a los 45 días, donde se obtuvo los resultados de estudio denominado grupo Experimental y el Grupo Control, el grupo control fué muestra cero sin adherir la Lemna minor, siendo el esquema de diseño el siguiente.

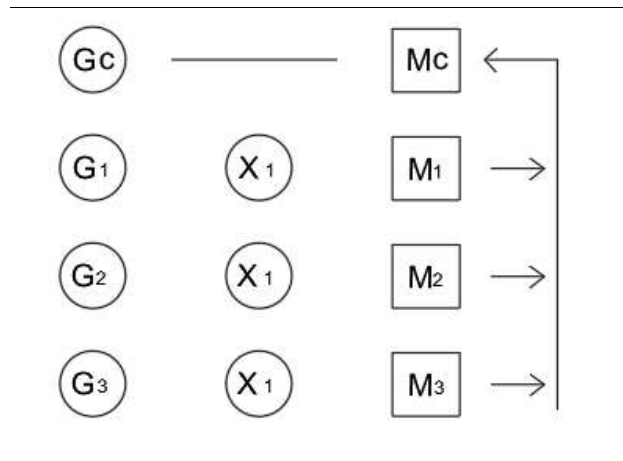


Figura 1: Esquema de representación del experimento.

Donde:

- **Gc:** Muestra patrón, agua del río Santa sin adicionar Lemna minor Grupo Control.
- **G1, G2 y G3:** Muestras 3 dosificación de agua del río Santa empleando Lemna minor en Grupo Experimental.
- **X1:** Adiciones de la lenteja de agua.
- **Mc:** Resultado de la muestra patrón.
- **M1, M2 Y M3** Resultados de las muestras con lenteja de agua en grupo experimental.

3.2. Variables y operacionalización

Variable dependiente. - Porcentaje de remoción de amonio

Definición conceptual. - La aplicación de las plantas que habitan en el agua es un desarrollo físico-químico que genera el ingreso de los alimentos a las plantas. Se alimentan de los nitratos (NO_3^-), amonio (NH_4^+), fosfato (PO_4^{3-}) y demás nutrientes y así desarrollarse (García, 2012)

Definición operacional. - Determinar la cantidad de amonio que tiene el agua del río Santa en el sector 13. Por lo que se recogerá la muestra Insitu y será llevada al laboratorio.

Dimensión. – cantidad de amoniaco-composición química del agua, cantidad de absorción (Ver anexo 1).

Variable independiente. - Dosificación de Lemna minor.

Definición conceptual. - • Es una planta acuática flotante de agua dulce de una a tres hojas cada una con una sola raíz flotando en el agua. Según mas hojas crecen, las plantas se dividen y se y se forman individualmente. (Natural Resources Conservation Service, 2011)

Definición operacional. - Se vertió 20 litros de agua en cada recipiente añadiendo 5g de lenteja de agua para la remoción en cada muestra M1=15 días, M2=30 días y M3= 45 días correspondientemente con la finalidad de determinar el porcentaje de remoción de amonio.

Dimensión. -

Análisis de la lemna minor, dosis de lenteja de agua (Ver anexo 1).

3.3. Población, muestra y muestreo

Población

Estuvo conformada por 60 litros y 1/2 de agua para la remoción de amonio que se desarrolló en la Universidad Nacional de Trujillo con el propósito de disminuir al amoniaco y cumplir con los estándares de la norma ECA. ya que la zona de donde se extrajo el agua sobrepasa los límites máximos permisibles lo cual no hace que al agua sea apto.

Criterio de inclusión. – debido a que existe contaminación en la estación 13 del Río Santa que sobrepasan los (Imp) de amonio y personas que consumen el agua no apto para consumo, estas consideraciones nos ayudaron a tener claro la delimitación de la población soluciones con amonio ubicado a 30 minutos en carro.

Tomamos 3 unidades cada una de 20 lt de agua como población de agua que según normatividad son no menores a 2 unidades.

Muestra

Las muestras que fueron reflejo de la población para cada solución de agua que contenía lenteja de agua para efectuar la remoción se sustrajo la muestra significativa para obtener resultados considerando nuestro marco muestral:

Lemna minor.

Muestra patrón: ½ lt de agua a los 0 días sin remoción

Muestra 01: ½ lt de agua a los 15 días de remoción

Muestra 02: ½ lt de agua a los 30 días de remoción

Muestra 03: ½ lt de agua a los 45 días de remoción

Muestreo

Tipo de muestreo es no probabilístico por que se eligió en base a las características que posee.

La unidad de análisis se extrae la muestra un litro y medio de agua de los 20 litro para ser analizado cada cierto tiempo transcurrido (15 días, 30 días y 45 días) del recipiente con Lemna minor para remover el amonio.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnica

La investigación por ser de nivel **Cuasi- Experimental** y realizar los ensayos en un laboratorio se aplicó la observación científica porque gracias a ello utilizando el instrumento guía de observación (Ficha técnica de pruebas de laboratorio) se reconoció el nivel de remoción de amonio, comparando la singularidad de la

investigación agregando lenteja de agua a los recipientes contenidos con agua del río Santa.

Procedimiento necesario que obtuvo la cantidad de m/l de amonio en la solución de agua removidos por la planta *Lemna minor* mediante la absorción, consistió en colocar agua que contiene amonio del río Santa en un recipiente, se vertió la lenteja de agua flotante y empezó a transcurrir el período planteado para cada muestra, se extrajo las muestras y se derivaron al laboratorio para su ensayo (método Nessler)

Los instrumentos que se consideró fue la ficha técnica del laboratorio (Ver anexo n°01), panel fotográfico (Ver Anexo 04), guía de registro elaborado por los investigadores para ver el avance de las soluciones de agua (Ver anexo n°03),

Validez

Respaldado con los ensayos de la Universidad Nacional de Trujillo- Laboratorio de servicios a la comunidad e investigación-LASACI, se verificó de manera comparativa en base a la normativa del Reglamento de la calidad del Agua para Consumo Humano donde indica que el amoniaco no debe pasar los 1,5 mg NL-1 (Ver anexo 05)

3.5. Procedimientos.

La lenteja de agua se adquirió de estanque de humedales ubicado a 30 minutos de Chimbote, una vez allí en el puente del río Santa se caminó 30 minutos en dirección a la corriente al borde del río margen izquierdo, se extrajo las muestras en un recipiente adecuado que tenga oxígeno y translucidez. El agua se extrajo en baldes del río Santa 60. litros para el grupo experimental y ½ litro para la muestra patrón y posteriormente transportados a la vivienda en Chimbote, se vertió 20 litros de agua en cada recipiente de vidrio con dimensiones(40x50x30cm), en simultáneo se pesó la Lemna minor de lenteja de agua para cada recipiente y finalmente se dejó transcurrir los días para cada muestra m1=15 días, M2= 30 días y M3= 45 días cumplidos los días se extrajo en una botella plástica ½ litro de agua que se llevó al laboratorio para ser analizado.

3.6. Método de Análisis de datos.

Se aplicaron los métodos estadísticos tanto descriptivo como inferencial.

Métodos estadísticos descriptivos.

Este método aportó al entendimiento de los resultados de laboratorio, se presentó gráficos-tablas estadísticas de distribución de frecuencias utilizando el programa Excel, también para visualizar mejor el comportamiento de variables se calculó medidas estadísticas como: media aritmética, varianza, entre otros.

Métodos estadísticos inferenciales.

Se aplicó la prueba de hipótesis, se hizo la distribución t de Student distribución de probabilidades para muestras independientes.

3.7. Aspectos éticos

Para la investigación se tuvo en cuenta los artículos mencionados en el código de Ética en Investigación, Vicerrectorado de investigación - 2020, de la Universidad Cesar Vallejo. Los cuáles se mencionan a continuación.

No maleficencia: la investigación se enfocó en hacer el bien sin dar mal uso a los datos obtenidos.

De la beneficencia: la investigación buscó contribuir en el tratamiento del agua contaminada con el fin de ayudar a personas que consumen el fluido y evitar enfermedades.

Cuidado del medio ambiente y biodiversidad: se tuvo en cuenta la preservación del ecosistema, la biodiversidad, se promovió la vida, el bienestar ya que la Lemna minor es rápida en su reproducción no es necesario extraer en grandes cantidades para cumplir los objetivos.

Probidad, al elaborar la investigación con datos reales de laboratorio, resultados que demuestran la capacidad de biorremediación en cada muestra, datos que se muestran en anexos, con el fin de ser **transparentes**, en tal sentido se respetó el

derecho de autor para nuestros escritos que contribuyeron con información para el enriquecimiento de la investigación.

IV. RESULTADOS

Resultado 1:

Tabla N° 01: Ficha técnica de la lenteja de agua

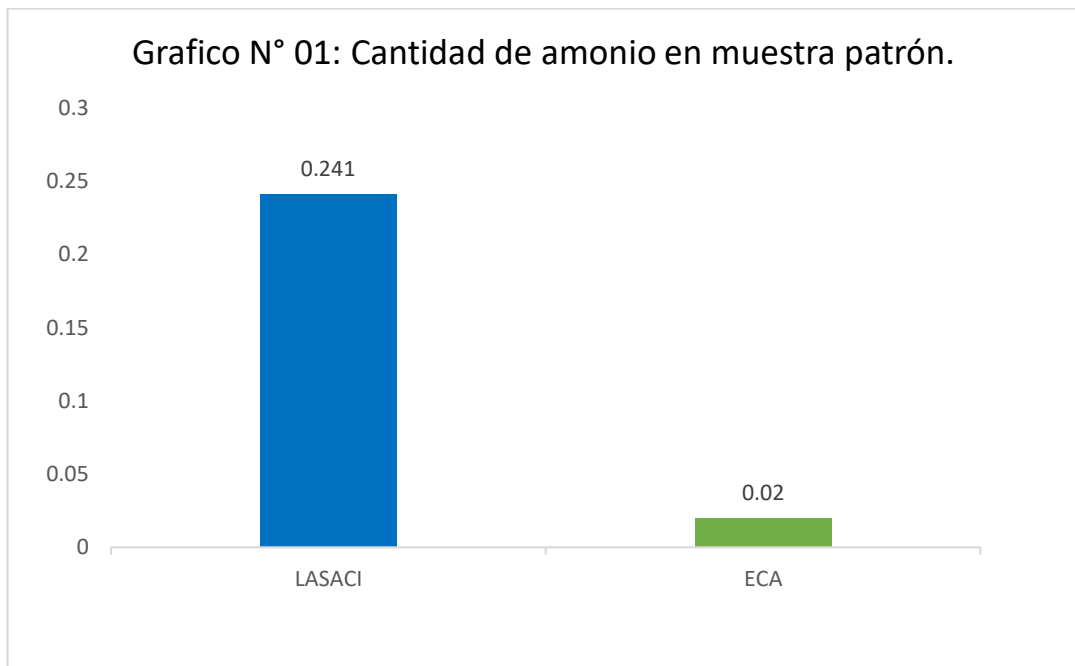
Clase	Equisetopsida
Subclase	Magnoliidae
Superorden	Liliana
Orden	Alismatales
Familia	Araceae
Genero	Lemna
Especie	Lemna minor

Elaboración: Chuquimez y Sifuentes.

Fuente:

Interpretación: La identificación se dio a través de la determinación taxonómica, se extrajo la muestra del recipiente, observó con una lupa y midió las dimensiones 1-2 cm de largo y 0,6-3 mm cm de ancho.

Resultado 2:

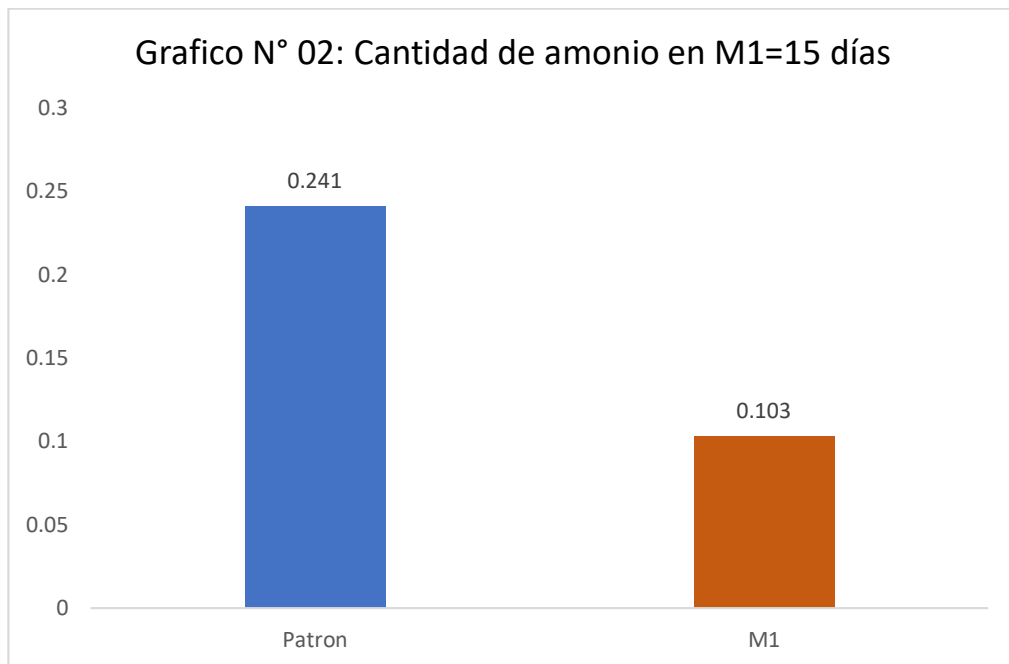


Elaboración: Chuquimez y Sifuentes.

Fuente: UNT - LASACI

Interpretación: La muestra analizada en el Laboratorio de servicios a la Comunidad e Investigación LASACI de la Universidad Nacional de Trujillo (UNT), arrojó 0.241 mg/l de amoniaco.

Resultado 3:



Elaboración: Chuquimez y Sifuentes.

Fuente: UNT - LASACI

Interpretación: La muestra analizada arrojó 0.103 mg/l de amoníaco.

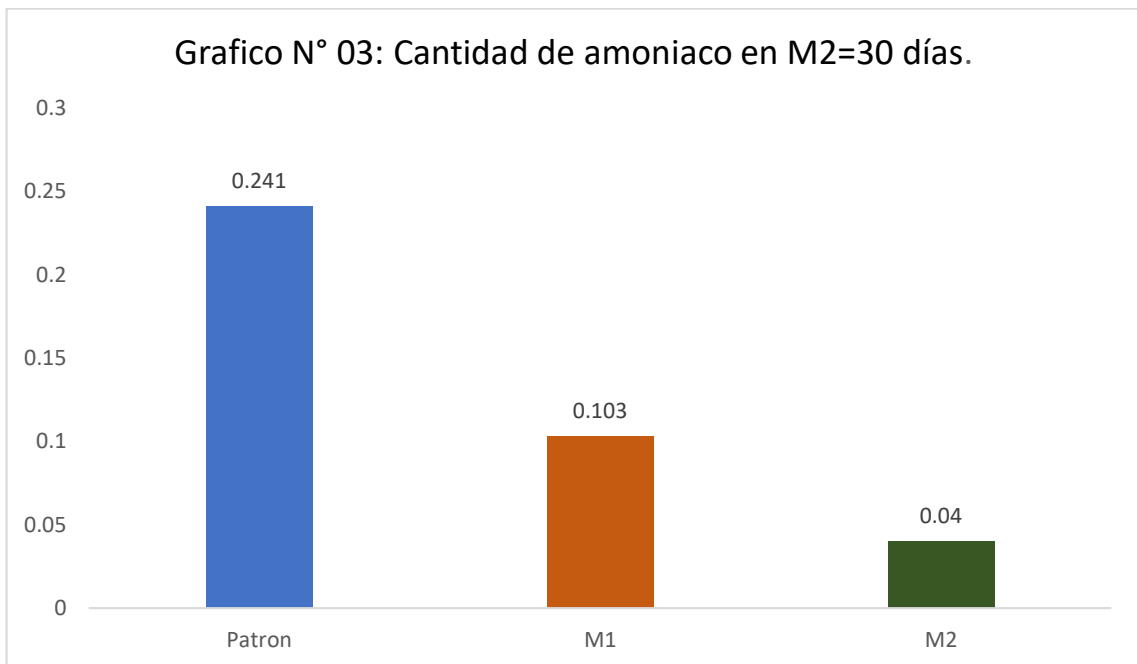
Total, amoníaco en patrón → 0.241=100%

M1 = 15 días → X

$$\frac{0.103 \times 100}{0.241} = 42.74\% \quad \rightarrow \quad 100\% - 42.74\% = \mathbf{57.26\% \text{ de remoción en 15 días}}$$

Se observó la disminución de amoníaco en 15 días de aplicar la lenteja de agua, con un porcentaje de remoción del 57.26 %.

Resultado 4:



Elaboración: Chuquimez y Sifuentes.

Fuente: UNT - LASACI

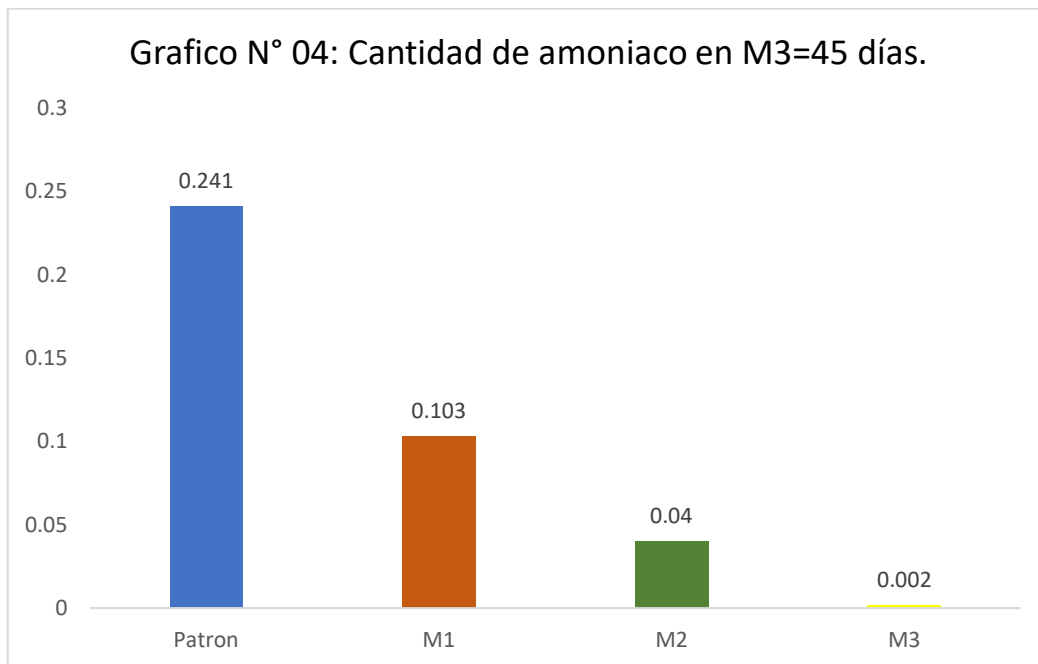
Interpretación: La lenteja de agua continuo con la remoción reduciendo considerablemente el nivel de amonio en el agua, siendo efectivo en la M2=30 días, el contenido de amoniaco para esta etapa se redujo de a 0.04 ml/l.

Total, amoniaco en patrón → 0.241=100%

M2 = 30 días → X%

$$\frac{0.04 \times 100}{0.241} = 16.60\% \rightarrow 100\% - 16.60\% = \mathbf{83.40\% \text{ de remoción en 30 días}}$$

Resultado 5



Elaboración: Chuquimez y Sifuentes.

Fuente: UNT - LASACI

Interpretación: la muestra analizada arrojó 0.002 mg/lit de amoniaco.

Total, amoniaco en patrón → 0.241=100%

M2 = 30 días → X

$$\frac{0.002 \times 100}{0.241} = 0.83\% \quad \rightarrow \quad 100\% - 0.83\% = \mathbf{99.17\% \text{ de remoción en 45 días}}$$

Se observó la disminución de amoniaco en 45 días, con un porcentaje de remoción del 99.17 %. Al multiplicarse la lenteja de agua hace que cada planta viva absorba el nutriente por tanto acelera la remoción.

Cuadro Resumen:

Tabla N° 02: Comparación de resultados al aplicarse la lenteja de agua.

Muestras	Antes	Después
Patrón	0.241 mg/L	0.241 mg/L
M1=15 días	0.241 mg/L	0.103 mg/L
M2=30 días	0.241 mg/L	0.040 mg/L
M3=45 días	0.241 mg/L	0.002 mg/L

Elaboración: Chuquimez y Sifuentes.

Fuente: UNT - LASACI

Tabla N° 03: Cantidad de litros a ensayarse para determinación de porcentaje de amoníaco.

Patrón	M1=15 días	M2=30 días	M3=45 días
0.5 lt	20 lt	20 lt	20 lt
0.5 lt	0.5 lt	0.5 lt	0.5 lt

Elaboración: Chuquimez y Sifuentes.

Fuente: UNT - LASACI

Ho: La lenteja de agua no es eficiente en la remoción de amoníaco en la muestra de agua del Rio Santa.

H1: La lenteja de agua es eficiente en la remoción de amoníaco en la muestra de agua del Rio Santa.

Tabla N° 04: Prueba T student para muestras independientes.

	Variable 1	Variable 2
Media	0.2410	0.0965
Varianza	0.0000	0.0110
Observaciones	4.0000	4.0000
Varianza agrupada	0.0055	
Diferencia hipotética de las medias	0.0000	
Grados de libertad	6.0000	
Estadístico t	2.7536	
P(T<=t) una cola	0.0166	
Valor crítico de t (una cola)	1.9432	
P(T<=t) dos colas	0.0331	
Valor crítico de t (dos colas)	2.4469	

Elaboración: Chuquimez y Sifuentes.

Fuente: Excel

Pvalor = 0.03 < α = 0.05; es decir existe estadísticamente una diferencia significativa entre las medias de estos dos grupos de resultados obtenidos, esto quiere decir que rechazamos la H_0 y aceptamos la H_1 .

V. DISCUSION

Natural Resources Conservation Service, 2011, especifica que la lenteja de agua tiene las siguientes características: de una a tres hojas cada una, con una sola raíz de 1 a 2 cm de largo, las hojas tienen una forma ovalada, de 1-8 mm de largo y 0,6-5 mm de ancho, de color verde claro. Según las observaciones que se realizaron a las lentejas de agua extraídas del punto de recolección a 30 min aguas abajo del puente del rio Santa, se comprobó de manera visual las descripciones de la literatura revisada.

Se comprobó que los resultados de la muestra patrón del agua extraída del Rio Santa arrojó 0.241 mg/l de amoniaco, este valor es mayor a 1205 % a 0.02 mg/l de acuerdo a la categoría 4 las Normas Legales del ECA haciendo esto perjudicial y dañino.

Sabliy, Konontsev, Grokhovska, Widomski Y Lagód (2016) menciona que cada gramo de lemna minor puede eliminar de 2,6 a 6,0 mg de amonio en el tiempo de 24 horas, este experimento se encontraba bajo condiciones de luz natural, sin iluminación artificial, esto favorece para mejores resultados porque con la fotosíntesis la lenteja de agua se reproduce eficientemente. Chuquimez & Sifuentes 2021, utilizaron recipientes de vidrio con la muestra de agua, añadiendo 5 gramos por cada recipiente para homogenizar el contenido y demostraron que en el tiempo de 15 días removi6 0,138 mg de amonio, la particularidad de este experimento fue que no estuvo expuesto a la luz solar, ya que se encontraba bajo techo, siendo probable que si se hubiese tenido las mismas consideraciones posiblemente habrían actuado en menos tiempo y obtenido mayores resultados de remoción. Por otro lado, en cuanto al tiempo de vida de las plantas concuerda con Azlin (2018) L. minor a los 5 días las plantas permanecieron verdes lo que en el experimento realizado ocurre lo mismo una vez cubierta la superficie del recipiente las plantas permanecieron verdes en un 80% lo que significa que continua con la remoción hasta no tener nutrientes para absorber indicando que el tiempo planteado fue óptimo en proporción a la superficie del recipiente.

Quispe, K., Ayala, M. (2019). Reporto porcentajes de remoción altos utilizando Lemna minor, fueron de entre 55-60% para un tiempo de 5 días y una muestra de agua de 80 litros; los resultados de remoción para el nitrógeno fueron de 0.35 a 0.09 mg/l. En la presente investigación los resultados a los 15 días de haber colocado los 5 gramos de Lemna minor en una muestra de agua de 20 litros se obtiene una remoción de 0.241 a 0.103 mg/l, esto representa el 57.26 % de remoción de nitrógeno amoniacal; esto varía con lo realizado en la M1=15 días su eficiencia de remoción es poco aceptable para el tiempo estimado resaltando también la proporción que se utilizó.

Alvado, K. (2017). Preciso en cuanto influye Lemna minor en el tratamiento de las aguas de la empresa industrial Cotexsur, el cual trata de los volúmenes de agua que desecha Cotexsur colocadas en un equipo que filtra el agua a un recipiente de vidrio y concluye que, de 100, 200 y 300 gramos, a los 10 días la remoción fue mayor con 100 gramos de Lemna minor y con 300 gramos a los 6 días. En los resultados obtenidos en la M2=30 días se obtiene una segunda remoción significativa el cual concuerda con el autor mientras menor porcentaje de lenteja de agua contenga el recipiente mayor será el tiempo de remoción, el recipiente de vidrio genera un área de remoción efectiva duplicándose en masa haciendo que estas se saturen y la remoción sea efectiva mismo así se observó que la mayor remoción se da en los primeros 15 días sobrepasando el 57.26 % y para los siguientes 15 días, disminuye por cuestión de que el nutriente es menor y se hace más lenta la remoción así también para los 45 días en total pero en general la remoción es mayor del 80% de acuerdo a la hipótesis lo cual si cumple con 0.002 mg/l de amonio.

Estos resultados se hacen visibles en la M3=45 días (anexo 04), es donde la lenteja de agua llega a su tope máximo de saturación y finaliza con una reducción de amoniaco de 0.241 a 0.002 mg/l, el cual concuerda que mientras más porcentaje de lentejas de agua cuenta la muestra experimental la eficiencia de remoción es más efectiva.

Chuquimez y Sifuentes 2021 para la remoción en 15 días obtuvieron 0.103 mg/l de amoniaco (NH₄) que es más del 50 % de remoción lo que significa a primera instancia, que, si hay absorción del nutriente, pero según Azlim (2018) compara

el comportamiento de la Azolla con la L. minor colocando 3 g de cada planta en 16 recipientes de 100ml para cada una durante 5 días. Con cantidades de pome de 100%, 75%, 50% y 25% muestra que la azolla remueve más cantidad de amoniaco con 51 % en 3 días y la lemna remueve 31.6 en 5 días, haciendo una comparación a simple vista quieres decir que si la lenteja cumpliera los 15 días removería tres veces más, lo que podría llegar al 90 % de remoción, generando que nos preguntemos cual el por qué se obtuvo solo el 57.26% de remoción, se le atribuye posiblemente al área de remoción ya que a mayor área menos saturación de plantas de las muestras ya que si mayor es el área donde se desarrollas tendrán menos saturación por parte de las plantas, así como la ubicación de los recipientes.

El agua se logró remover sobrepasando el porcentaje deseado, pero se debió considerar la utilidad que se le dará a la lenteja de agua una vez saturada la superficie, porque si se lleva a escalas mayores la lenteja se reproduciría teniendo superficies llenas de lenteja y como bien se sabe no tienen vida eterna y llegará un punto donde morirán y se volverán contaminantes de las superficies.

VI. CONCLUSIONES

1. La lenteja de agua se puede reconocer fácilmente solo basta conocer las características para concluir su veracidad.
2. La muestra en un período de días 0 necesitó ampliar la gama de resultados en cuanto a ph, porcentaje de metales totales para poder ser comparada al finalizar el experimento.
3. La remoción en un período de 15 días con un 57.36 % es lenta ya que le costó tiempo de adaptación a la planta, donde su reproducción fue baja y los recipientes estuvieron bajo techo.
4. La masa de lenteja fue óptima para el área de 2000 cm². Los niveles de absorción de amoníaco sobrepasó en este periodo de 30 días el porcentaje esperado de 80 % obteniendo 83.40% lo que a su vez fué lento considerando la necesidad de las plantas de este bioestimulante para sintetizar proteínas.
5. Al periodo de 45 días tenemos 99.17 % de remoción con un contenido de 0.002 mg/l de amoníaco lo que implica que se ha reducido en gran escala su contaminación, así como la carga de lenteja alcanzo el periodo de remoción acaparando toda el área y llegando a colapsar se puede decir que la superficie y cantidad utilizada de lenteja de 5 gr para la remoción fueron óptimos con respecto al tiempo total de 45 días.

VII. RECOMENDACIONES

Se recomienda una previa evaluación al lugar donde se hará el experimento que cumplan los parámetros de acuerdo a las características de las plantas para tener una eficiente remoción. Dentro de ello se recomienda un lugar al aire libre para que reciba mayor luminosidad durante todo el día, así las hojas crecerán más frondosas y verdes y la remoción sea mayor.

Considerar un menor tiempo para estudiar las muestras en el laboratorio para ver el comportamiento sabiendo que en un día según Sabliy, Konontsev, Grokhovska, Widomski Y Lagód (2016) menciona que cada gramo de *lemna minor* puede eliminar de 2,6 a 6,0 mg de amonio en el tiempo de 24 horas.

Así mismo se recomienda realizar más pruebas de laboratorio por cada muestra de 20 litros M1, M2 y M3, como mínimo tres en el tiempo establecido, para poder así establecer patrones y resultados más exactos y poder hallar un menor índice de error en las pruebas experimentales.

Limpiar la carga de lenteja de agua para no afectar a las demás ya que las oscurece y las mata con los días, poniéndose de un color blanquecino y marrón posteriormente, así se podría dar utilidad a las lentejas muertas ya que contienen nutrientes pueden servir para alimento de algunos animales.

El uso de la *lemna minor* como una alternativa de recuperación de aguas contaminadas ya que es muy eficaz no solo en ríos también en plantas de tratamiento estudiado en algunos antecedentes como alternativa de solución ya que es económica y está al alcance.

REFERENCIAS

Alvado Karina (2017). "Influencia del uso de lemna minor en el tratamiento de la contaminación orgánica de los efluentes industriales de Cotexsur, Lurín, 2017"

Autoridad Nacional del Agua (2005). Estrategia Nacional para el Mejoramiento de la Calidad de los Recursos Hídricos. Lima, Perú.

Azevedo, N., y Acosta, G. (2010), Manual de hidráulica". Sexta edición. Harla, S.A. de C.V. México.

Barrenechea, A. (2010). Aspectos fisicoquímicos de la calidad del agua.

Cárdenas, B., Revah, S., Martinejz, A., & Gutierrez, V. (2013). Tratamiento biológico de compuestos orgánicos volátiles de fuentes fijas. México.

Castillo Eisner (2017). "Eficiencia de Lemna sp Y Eichhornia crassipes, en la remoción de nutrientes del efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales en Celendín".

Coronel E. (2016). "Eficiencia del jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*) y lenteja de agua (*Lemna minor*) en el tratamiento de las aguas residuales de la universidad nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas· Chachapoyas, 2015"

Cubillos, A. (2008). Parámetros y características de las aguas residuales. Biblioteca virtual en desarrollo sostenible y salud ambiental.

Delgadillo, O., & Others. (2010). Depuración de aguas residuales por medio de humedales residuales.

Enciclopedia de Características (2017). "Agua". Disponible en: <https://www.caracteristicas.co/quimicas-agua/>

Jazmin (2015). Espectrofotometría. México. Disponible en: <https://www.metrixlab.mx/espectrofotometria/>

Garbisu, C., Epelde, L. & Becerril, J. (2008). Fitorremediación. Agua: de la eficiencia al decrecimiento. Disponible en: <https://www.ecologistasenaccion.org/?p=17857>

Kadir, Azlin & Abdullah, Siti & Abu Hasan, Hassimi. (2018, Malaysia). Comparative phytotoxicity of *Azolla pinnata* and *Lemna minor* in Treated Palm Oil Mill Effluent. *International Journal of Engineering & Technology*.

Maldonado, L. (2018). "Evaluación de la eficiencia de humedales artificiales en la remoción de nitrógeno". Lima-Perú.

Martelo. J. & Borrero. L. (2012). Macrofitas flotantes en el tratamiento de aguas residuales; una revisión del estado del arte. *Ing. Cienc. Vol. 8*

Ministerio de agricultura, alimentación y medio ambiente. (2013, Setiembre).

Natural Resources Conservation Service PLANTS Database. USDA. Retrieved 24 January 2016.

Quispe, K., Ayala, M. (2019). "Utilización de la *Eichhornia crassipes* y *Lemna minor* en la remoción de nitrógeno y fósforo, de las aguas residuales de la laguna de oxidación de la empresa EMAPACOP S.A.-Ucayali-2018".

Sabliy, Konontsev, Grokhovska, Widomski Y Lagód (2016)." En nitrogen removal from fish farms water by *lemna minor* and *Wolffia arrhiza*"

Samboni Ruiz, N, Carvajal Escobar, Y y Escobar, J. (2007.). Revisión de parámetros fisicoquímicos como indicadores de calidad y contaminación del agua. Universidad Nacional de Colombia - Facultad de Ingeniería.

Stevani, I. (2009), "Plantas de acuario". Editorial De Vecchi S

Walstad. D. (2003). *Ecology of the Planted Aquarium*. Chape Hill, Estados Unidos: Echinodorus Publishing.

Juliet A., Padmavathy P., Srinivasan A., Jawahar P. (2015, India). "Performance of Duckweed (*Lemna minor*) on different types of wastewater treatment". *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*.

Muvea F, Ogendi G, Omondi S. (2019, Kenya). "Nutrient removal efficiency by floating macrophytes; *Lemna minor* and *Azolla pinnata* in a constructed wetland". *Global Journal of Environmental Science and Management*.

Ramirez, D & Espinosa, A. (2018, Colombia). "Comparación de las características poblacionales de *Lemna minuta* (Araceae: Lemnoideae) en tres medios de cultivo".

ANEXOS

ANEXO 1:

INSTRUMENTO – MATRIZ DE OPERACIONALIZACION

VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSION	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
DEPENDIENTE Porcentaje de remoción de amonio	<ul style="list-style-type: none"> • La aplicación de las plantas que habitan en el agua es un desarrollo físico-químico que genera el ingreso de los alimentos a las plantas. Se alimentan de los nitratos (NO₃-), amonio (NH₄+), fosfato (PO₄3-) y demás nutrientes y así desarrollarse (García, 2012) 	Determinar la cantidad de amonio que tiene el agua del río Santa en el sector 13. Por lo que se recogerá la muestra Insitu y será llevada al laboratorio.	Cantidad de amoniaco	NH ₄ (mg/l)	Razón
			Cantidad de absorción	Espectrofotometría-Nessler %	Razón
INDEPENDIENTE Dosificación de Lemna minor	<ul style="list-style-type: none"> • Es una planta acuática flotante de agua dulce de una a tres hojas cada una con una sola raíz flotando en el agua. Según mas hojas crecen, las plantas se dividen y se y se forman individualmente. (Natural Resources Conservation Service, 2011) 	Se vertió 20 litros de agua en cada recipiente añadiendo 5g de lenteja de agua para la remoción en cada muestra M1=15 días, M2=30 días y M3=45 días correspondientemente con la finalidad de determinar el porcentaje de remoción de amonio	Análisis de la lemna minor	Observación y taxonomía	Razón
			Dosis de lenteja de agua	Peso (gr)	Razón

ANEXO 2: INSTRUMENTO – GUIA DE OBSERVACION

GUÍA DE OBSERVACIÓN RESUMEN

CONCEPTO DE OBSERVACION:

La inspección y estudio realizado por el investigador, mediante el empleo de ensayos de cantidad de amoniaco mediante el Método Nessler en Laboratorio de servicios a la comunidad e investigación-LASACI Universidad Nacional de Trujillo en la ciudad de Trujillo a través de las muestras de agua antes y después de la remoción de arsénico con el prototipo.

OBJETIVO DE LA OBSERVACIÓN:

Identificar y comparar los resultados del análisis químico para la cantidad de remoción de Amoniaco en 20 litros de agua del Río Santa estación 13 usando 5g de lenteja de agua.

TIPO DE ENSAYO: “ENSAYO DE CANTIDAD DE AMONIACO EN EL AGUA POR EL METODO NESSLER.

I. DATOS GENERALES:

SOLICITANTE	
MUESTRA	
FECHA DE INGRESO	
MUESTRA RECIBIDA EN EL LABORATORIO	

PARAMETROS	Unidades	Resultados
Amoniaco	NH4 mg/l	

ANEXO 3: REGLAMENTO DE LA CALIDAD DEL AGUA

PARÁMETROS	UNIDADES	LAGUNAS Y LAGOS	RÍOS		ECOSISTEMAS MARINO COSTEROS	
			COSTA Y SIERRA	SELVA	ESTUARIOS	MARINOS
FÍSICOS Y QUÍMICOS						
Aceites y grasas	mg/L	Ausencia de película visible	Ausencia de película visible	Ausencia de película visible	1	1
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/L	<5	<10	<10	15	10
Nitrógeno Amónico	mg/L	<0,02	0,02	0,05	0,05	0,08
Temperatura	Celsius					delta 3 °C
Oxígeno Disuelto	mg/L	≥5	≥5	≥5	≥4	≥4
pH	unidad	6,5-8,5	6,5-8,5		6,8-8,5	6,8 - 8,5
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	500	500	500	500	
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	≤25	≤25 - 100	≤25 - 400	≤25-100	30,00
INORGÁNICOS						
Arsénico	mg/L	0,01	0,05	0,05	0,05	0,05
Bario	mg/L	0,7	0,7	1	1	---
Cadmio	mg/L	0,004	0,004	0,004	0,005	0,005
Cianuro Libre	mg/L	0,022	0,022	0,022	0,022	---
Clorofila A	mg/L	10	---	---	---	---
Cobre	mg/L	0,02	0,02	0,02	0,05	0,05
Cromo VI	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Fenoles	mg/L	0,001	0,001	0,001	0,001	
Fosfatos Total	mg/L	0,4	0,5	0,5	0,5	0,031 - 0,093
Hidrocarburos de Petróleo Aromáticos Totales	Ausente				Ausente	Ausente
Mercurio	mg/L	0,0001	0,0001	0,0001	0,001	0,0001
Nitratos (N-NO3)	mg/L	5	10	10	10	0,07 - 0,28
INORGÁNICOS						
Nitrógeno Total	mg/L	1,6	1,6		---	---
Níquel	mg/L	0,025	0,025	0,025	0,002	0,0082
Plomo	mg/L	0,001	0,001	0,001	0,0081	0,0081
Silicatos	mg/L	---	---	---	---	0,14-0,7
Sulfuro de Hidrógeno (H2S indisoluble)	mg/L	0,002	0,002	0,002	0,002	0,06
Zinc	mg/L	0,03	0,03	0,3	0,03	0,081
MICROBIOLÓGICOS						
Coliformes Termotolerantes	(NMP/100mL)	1 000	2 000		1 000	≤30
Coliformes Totales	(NMP/100mL)	2 000	3 000		2 000	

PANEL FOTOGRÁFICO



Figura 2: Extracción del agua



Figura 3: baldes con el agua



Figura 4: Lemna minor



Figura 5: Muestra analizada (patrón 0 días)



Figura 6: Pesaje M2=5gr



Figura 7: Pesaje de M1 = 5 gr



Figura 8: Pesaje de la lemna minor:



Figura 9: Pesaje M3= 5 gr



Figura 10 y 11: M1=5gr, M2=5g y M3=5gr de lemna minor contenidas en peceras de vidrio con 20 litros de agua

PERIODO DE 15 DIAS TRANSCURRIDOS



Figura 12: Muestra analizada M1=15 días



Figura 13: Fronda de 3 a 4 Lemna minor (reproducción)



Figura 14: M1= 15 días (15 DIAS)



Figura 15: M2= 30 días (15 DIAS)



Figura 16: M3 = 45 días (15 DIAS)

PERIODO DE 30 DIAS TRANSCURRIDOS



Figura 17: Muestra analizada en 30 días



Figura 18: M1 = 15 días (30 DIAS)



Figura 19: M2= 30 días (30 DIAS)



Figura 20: M2= 45 días (30 DIAS)

PERIODO DE 45 DIAS TRANSCURRIDOS



Figura 21: Muestra analizada en 45 días

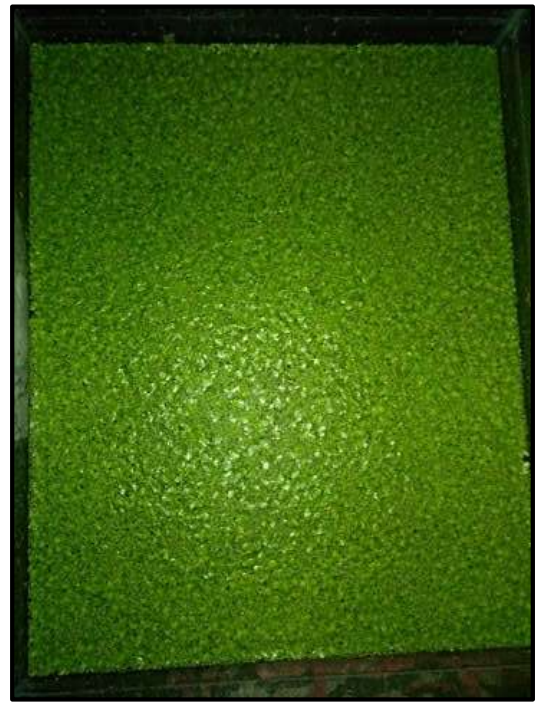


Figura 22: M1=15 días (45 DIAS)



Figura 23: M2=30 días (45 DIAS)



Figura 24: M3=45 días (45 DIAS)

ANEXO 05: Resultados de Prueba patrón.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO

LABORATORIO DE SERVICIOS A LA COMUNIDAD E INVESTIGACION

LASACI



INFORME DE ANÁLISIS

SOLICITANTE	: ANGELICA CHUQUIMEZ TAFUR
MUESTRA	: AGUA
FECHA DE INGRESO	: 11 DE ABRIL DEL 2018
MUESTRA RECIBIDA EN LABORATORIO	

PARAMETROS	Unidades	Resultados
Amoniaco	NH ₄ mg/L	0.241

TRUJILLO, 13 DE ABRIL DEL 2018



AGUAS - SUELOS - ALIMENTOS - MINERALES - ACEITE - CARBON - CAL

FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA

☎ 949959632 / 933623974

ANEXO 6: Cantidad de Amoniaco en la muestra transcurrido 15 días



UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO
LABORATORIO DE SERVICIOS A LA COMUNIDAD E INVESTIGACION
LASACI



INFORME DE ANÁLISIS

SOLICITANTE	: ANGELICA CHUQUIMEZ TAFUR
MUESTRA	: AGUA
FECHA DE INGRESO	: 28 DE ABRIL DEL 2018
MUESTRA RECIBIDA EN LABORATORIO	

PARAMETROS	Unidades	Resultados
Amoniaco	NH ₄ mg/L	0.103

TRUJILLO, 28 DE ABRIL DEL 2018



ANEXO 7: Cantidad de Amoniaco en la muestra transcurrido 30 dias.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO

LABORATORIO DE SERVICIOS A LA COMUNIDAD E INVESTIGACION



LASACI

INFORME DE ANÁLISIS

SOLICITANTE	: ANGELICA CHUQUIMEZ TAFUR
MUESTRA	: AGUA
FECHA DE INGRESO	: 11 DE MAYO DEL 2018
MUESTRA RECIBIDA EN LABORATORIO	

PARAMETROS	Unidades	Resultados
Amoniaco	NH ₄ mg/L	0.040

TRUJILLO, 11 DE MAYO DEL 2018







AGUAS - SUELOS - ALIMENTOS - MINERALES - ACEITE - CARBON - CAL

FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA

☎ 949959632 / 933623974

ANEXO 8: Cantidad de Amoniaco en la muestra transcurrido 45 días.

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO LABORATORIO DE SERVICIOS A LA COMUNIDAD E INVESTIGACION	
LASACI		
INFORME DE ANÁLISIS		
SOLICITANTE	: ANGELICA CHUQUIMEZ TAFUR	
MUESTRA	: AGUA	
FECHA DE INGRESO	: 25 DE MAYO DEL 2018	
MUESTRA RECIBIDA EN LABORATORIO		
PARAMETROS	Unidades	Resultados
Amoniaco	NH₄ (mg/L)	0.002
TRUJILLO, 25 DE MAYO DEL 2018		
		
		
AGUAS - SUELOS - ALIMENTOS - MINERALES - ACEITE - CARBON - CAL		
FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA		
G 949959632 / 933623974		