

NOMBRE DEL TRABAJO

**PROPUESTA DE REUTILIZACIÓN DE EFL  
UENTES DOMÉSTICOS CON EL TRATAMI  
ENTO ENZIMÁTICO UREASA PARA RIEG  
O D**

AUTOR

**MILAGROS JESÚS CAMARGO NEYRA**

RECUENTO DE PALABRAS

**7440 Words**

RECUENTO DE CARACTERES

**38993 Characters**

RECUENTO DE PÁGINAS

**41 Pages**

TAMAÑO DEL ARCHIVO

**5.5MB**

FECHA DE ENTREGA

**Jun 12, 2024 3:39 PM GMT-5**

FECHA DEL INFORME

**Jun 12, 2024 3:40 PM GMT-5**

### ● 22% de similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 22% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 0% Base de datos de trabajos entregados
- 4% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

### ● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Material citado
- Material citado
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 10 palabras)



UNIVERSIDAD NACIONAL  
TECNOLÓGICA DE LIMA SUR

**FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN PARA LA  
PUBLICACIÓN DE TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN EN  
EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UNTELS**  
(Art. 45° de la ley N° 30220 – Ley)

Autorización de la propiedad intelectual del autor para la publicación de tesis en el Repositorio Institucional de la Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur (<https://repositorio.unfels.edu.pe>), de conformidad con el Decreto Legislativo N° 822, sobre la Ley de los Derechos de Autor, Ley N° 30035 del Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto, Art. 10° del Rgto. Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales en las universidades – RENATI Res. N° 084-2022-SUNEDU/CD, publicado en El Peruano el 16 de agosto de 2022; y la RCO N° 061-2023-UNTELS del 01 marzo 2023.

**TIPO DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN**

- 1). TESIS ( )      2). TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL ( X )

**DATOS PERSONALES**

Apellidos y Nombres: CAMARGO NEIRA, MLAGROS JESÚS
D.N.I.: 7 195 1157
Otro Documento:
Nacionalidad: PERUANA
Teléfono: 918999280
e-mail: mcamargo.neyra@gmail.com

**DATOS ACADÉMICOS**

**Pregrado**

Facultad: FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN
Programa Académico: TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL
Título Profesional otorgado: INGENIERO AMBIENTAL

**Postgrado**

Universidad de Procedencia:
País:
Grado Académico otorgado:

**Datos de trabajo de investigación**

Título: PROPUESTA DE REUTILIZACIÓN PARA EFUELTOS DOMÉSTICOS CON EL TRATAMIENTO ELIMÁTICO UREASA PARA RIEGO DE ÁREAS VERDES EN VILLA EL SALVADOR.
Fecha de Sustentación: 16 DICIEMBRE 2021
Calificación: APROBADO CON DISTINCIÓN
Año de Publicación: 2021



### AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN EN VERSIÓN ELECTRÓNICA

A través de la presente, autorizo la publicación del texto completo de la tesis, en el Repositorio Institucional de la UNTELS especificando los siguientes términos:

Marcar con una X su elección.

- 1) Usted otorga una licencia especial para publicación de obras en el REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR.

Si autorizo  No autorizo

- 2) Usted autoriza para que la obra sea puesta a disposición del público conservando los derechos de autor y para ello se elige el siguiente tipo de acceso.

Derechos de autor		
TIPO DE ACCESO	ATRIBUCIONES DE ACCESO	ELECCIÓN
ACCESO ABIERTO 12.1(*)	<b>info:eu-repo/semantics/openAccess</b> (Para documentos en acceso abierto)	<input checked="" type="checkbox"/>

- 3) Si usted dispone de una **PATENTE** puede elegir el tipo de **ACCESO RESTRINGIDO** como derecho de autor y en el marco de confiabilidad dispuesto por los numerales 5.2 y 6.7 de la directiva N° 004-2016-CONCYTEC DEGC que regula el Repositorio Nacional Digital de CONCYTEC (Se colgará únicamente datos del autor y el resumen del trabajo de investigación).

Derechos de autor		
TIPO DE ACCESO	ATRIBUCIONES DE ACCESO	ELECCIÓN
ACCESO RESTRINGIDO	<b>info:eu-repo/semantics/restrictedAccess</b> (Para documentos restringidos)	<input type="checkbox"/>
	<b>info:eu-repo/semantics/embargoedAccess</b> (Para documentos con períodos de embargo. Se debe especificar las fechas de embargo)	<input type="checkbox"/>
	<b>info:eu-repo/semantics/closedAccess</b> (para documentos confidenciales)	<input type="checkbox"/>

(\*) <http://renati.sunedu.gob.pe>



UNIVERSIDAD NACIONAL  
TECNOLÓGICA DE LIMA SUR

Rellene la siguiente información si su trabajo de investigación es de acceso restringido:

Atribuciones de acceso restringido:

---

---

Motivos de la elección del acceso restringido:

---

---

---

---

---

CAMARGO NEYRA, MILAGROS JESÚS

\_\_\_\_\_  
APELLIDOS Y NOMBRES

71951157

\_\_\_\_\_  
DNI

CAMARGO NEYRA

\_\_\_\_\_  
Firma y huella:



Lima, 21 de ABRIL del 20 21

**UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**



**“PROPUESTA DE REUTILIZACIÓN DE EFLUENTES DOMÉSTICOS CON  
EL TRATAMIENTO ENZIMÁTICO UREASA PARA RIEGO DE ÁREAS  
VERDES EN VILLA EL SALVADOR”**

**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL**

Para optar el Título Profesional de

**INGENIERO AMBIENTAL**

**PRESENTADO POR EL BACHILLER**

CAMARGO NEYRA, MILAGROS JESÚS

ORCID: 0009-0002-3553-4523

**ASESOR**

RAMÍREZ BENAVIDES, CARMEN

ORCID: 0000-0001-9429-3403

**Villa El Salvador**

**2021**





V Programa de la Modalidad de Titulación por Trabajo de Suficiencia Profesional Facultad de  
Ingeniería y Gestión

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL PARA OBTENER EL  
TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AMBIENTAL

En Villa El Salvador siendo las 22:30 horas y debido a la emergencia sanitaria y aislamiento social por el COVID-19, se reunieron en la Sala Virtual N° 01 vía <https://meet.google.com/uzt-xhyw-hyf> los Miembros del Jurado Evaluador del Trabajo de Suficiencia Profesional integrado por:

<b>Presidente</b>	: Dr. JOSE ALFONSO APESTEGUIA INFANTES	CQFP N° 06538
<b>Secretario</b>	: Mg. ZANHY LEONOR VALENCIA REYES	CIP N° 217043
<b>Vocal</b>	: Mg. ALCIDES GARZON FLORES	CIP N° 212079

Designados con RESOLUCIÓN DE FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN N° 437-2021-UNTELS-CO-V.ACAD-FIG, de fecha 14 de diciembre de 2021.

Se da inició al acto público de sustentación y evaluación del Trabajo de Suficiencia Profesional, para obtener el Título Profesional de **Ingeniero Ambiental**, bajo la modalidad de Titulación por Trabajo de Suficiencia Profesional. (Resolución de Comisión Organizadora N° 126-2021-UNTELS de fecha 06 de agosto de 2021, en la cual se APRUEBA el "Reglamento, Directiva, Cronograma y Presupuesto del V Programa de la Modalidad de Titulación por Trabajo de Suficiencia Profesional de la Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur", siendo que el Art. 4° del precitado Reglamento establece que: "La Modalidad de Titulación prevista consiste en la presentación, aprobación y sustentación de un Trabajo de Suficiencia Profesional que dé cuenta de la experiencia profesional y además permita demostrar el logro de las competencias adquiridas en el desarrollo de los estudios de pregrado que califican para el ejercicio de la profesión correspondiente. Quienes participen en esta modalidad no podrán tramitar simultáneamente otras modalidades de titulación. Además, los participantes inscritos en esta modalidad, deberán acreditar un mínimo de dos (02) años de experiencia laboral, de acuerdo a lo establecido en la Resolución N° 174-2019- SUNEDU/CD y al anexo 1 sobre Glosario de Términos en el punto veinte (20)...", en el cual;

El bachiller: **CAMARGO NEYRA, MILAGROS JESÚS**

Sustentó su Trabajo de Suficiencia Profesional: **PROPUESTA DE REUTILIZACIÓN DE EFLUENTES DOMÉSTICOS CON EL TRATAMIENTO ENZIMÁTICO UREASA PARA RIEGO DE ÁREAS VERDES EN VILLA EL SALVADOR**

Concluida la Sustentación del Trabajo de Suficiencia Profesional, se procedió a la calificación correspondiente según el siguiente detalle:

Condición **Aprobado** con Distinción con nota **16.Equivalente** Muy bueno De acuerdo al Art. 65° del Reglamento General para el Otorgamiento de Grado Académico y Título Profesional de la UNTELS vigente.

Siendo las 22:35 del día jueves 16 de diciembre de 2021, se dio por concluido el acto de sustentación del Trabajo de Suficiencia Profesional, firmando la presente Acta los miembros del Jurado.

Mg. VALENCIA REYES ZANHY LEONOR  
CIP N° 217043

Mg. GARZON FLORES, ALCIDES  
CIP N° 212079

Dr. APESTEGUIA INFANTES JOSE ALFONSO  
CQFP N° 06538

Nota: Art. 17°.- La sustentación del Trabajo de Suficiencia Profesional se realizará en un acto público. De faltar algún miembro del Jurado, la sustentación Procederá con los dos integrantes presentes. En caso de ausencia del presidente del Jurado asumirá la presidencia el docente de mayor categoría. En caso de ausencia de dos o más miembros del jurado, la sustentación será reprogramada para el día hábil siguiente.

## **DEDICATORIA**

A todas aquellas mujeres que creyeron en sí mismas y hoy por hoy luchan por lograr sus sueños, sus metas, y son ingenieras a pesar de los prejuicios sociales y laborales.

A mi madre, por creer en mí, y por apoyar cada locura, aventura y sueño; a mi padre, quien me demuestra cada día la fuerza que tenemos para alcanzar nuestras metas.

A esa persona especial, que me enseñó a vivir la vida: sonriendo.

Los amo Familia.

## **AGRADECIMIENTO**

Gracias Dios, por darme salud y fuerzas en estos años de preparación universitaria,

A mi casa de estudios, mi querida UNTELS, gracias queridos (as) profesores e ingenieros por su calidad de enseñanza y nivel de educación universitaria, al Ing. Agerico Pantoja Cadillo por su asesoría en el tratamiento de aguas y al Estadista Miguel Chumpitaz Caycho por su asesoría académica.

A la Lic. Jeny por su loable labor en los laboratorios de la UNTELS, gracias amiga mía.

A mis grandes amistades Manuel, Melanie, Jessica, por los años de estudio y apoyo incondicional, que dios los bendiga.

A la Municipalidad de Villa El Salvador, al Sr. Oliver Rosales Palomino y al Ing. Linios Mucha Pechos por la accesibilidad a la información, coordinaciones y gestiones para con mi Proyecto de Investigación, gracias totales.

A la Ing. Carmen Ramírez Benavides, mi asesora quien me guío para el desarrollo y ejecución de mi Trabajo de Investigación.



## RESUMEN

La enzima ureasa cataliza el proceso de hidrólisis de la urea a dióxido de carbono y amoníaco logrando así la posible realización de un tratamiento enzimático de aguas residuales y reutilizarlas para un uso agrícola.

Se presenta el estudio cuantitativo y exploratorio ejecutado con un tiempo aproximado de 06 meses como mínimo, tomando como contexto al estadio municipal Iván Elías Moreno ubicado en la Av. Los Álamos, Sector 3 Grupo 15 en el distrito de Villa El Salvador.

Para ello se usará metodologías: a través de la filtración y la centrifugación se logrará aislar la ureasa del frejol de soja (*glycine max*), y para la evaluación se aplicará en plántulas como bioindicadores de calidad ambiental, seguidamente se procederá a aplicarlos en las aguas residuales con contenido de urea y tener como resultado final aguas aptas para un segundo uso en las áreas con cobertura vegetal en el distrito de Villa El Salvador, es decir, la reutilización de aguas residuales con uso de riego.

Por lo tanto, se concluye en la elaboración del posible reuso de aguas y lograr mitigar la escasez de agua de manera factible, rentable y viable.

Palabras clave: enzima, reutilizar, mitigar y áreas verdes.

## INTRODUCCIÓN

El incremento de la población y el acelerado avance tecnológico propio de la era tecnológica que afrontamos, ha traído consigo beneficios y a su vez originaron ciertos problemas en temática ambiental; siendo uno de ellos el vertimiento de aguas residuales de manera inadecuada y el más grande daño es no tratarlo antes de verterlo, generando un impacto negativo alto en los cuerpos de agua, perjudicando la salud pública y dañando los cuerpos de agua (Guyer, 2020).

En el Perú, como en muchos países de la región, los cuerpos de agua son los receptores del vertimiento directo de las aguas residuales y/o efluentes, ya sea de origen doméstico o industrial, lo cual perjudica y daña la calidad de agua, disminuyendo la productividad del mismo e incrementando los gastos o costos al tratamiento que se vaya a emplear acorde al daño del recurso hídrico.

El Perú alberga el 1.89% del agua dulce del mundo (1.7 millones de hectómetros cúbicos de agua), posee 1.007 ríos distribuidos en 159 cuencas hidrográficas de las cuales se usa un 2% en minería, 6% en Industrias, 12% como consumo poblacional y 80% en agricultura; esto se manifestó en la reciente situación de escasez de agua debido al Fenómeno del Niño Costero siendo Piura la región más afectada, según el Compendio Estadístico publicado por el INEI, la Región Lima al 2018 ha llegado a reutilizar 9 379 L/s, y el distrito de Villa El Salvador solo 67 L/s a través del proceso de lagunas aireadas (INEI, 2019).

En Villa El Salvador esta situación es crítica, ya que no todos cuentan con este servicio básico es por ello que buscamos frenar esta necesidad mediante esta alternativa de solución sostenible.

Por ello se vienen realizando investigaciones con programas y proyectos pilotos impulsados por entidades públicas y privadas con el objeto de contrarrestar el deterioro del ecosistema y el hábitat humano, o como el caso del presente trabajo de investigación que promueve y fomenta una nueva alternativa de tratamiento de aguas residuales.

## ÍNDICE GENERAL

<b>RESUMEN</b> .....	<b>IV</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>V</b>
<b>CAPÍTULO 1: ASPECTOS GENERALES</b> .....	<b>1</b>
1.1. CONTEXTO.....	1
1.2. DELIMITACIÓN TEMPORAL Y ESPACIAL.....	2
1.2.1. Delimitación Espacial.....	2
1.2.2. Delimitación Temporal.....	3
1.3. OBJETIVOS.....	3
1.3.1. Objetivo General.....	3
1.3.2. Objetivos Específicos.....	3
<b>CAPÍTULO 2: MARCO TEORICO</b> .....	<b>4</b>
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	4
2.1.1. Antecedentes Internacionales.....	4
2.1.2. Antecedentes Nacionales.....	5
2.2. BASES TEÓRICAS.....	7
2.2.1. Urea.....	7
2.2.2. Nitrógeno amoniacal y total.....	8
2.2.3. Enzima ureasa.....	10
Características de la enzima ureasa.....	11
Efectos de la enzima Ureasa.....	11
Reacción de la urea en el suelo y proceso de volatilización.....	13
2.2.4. Bioindicadores.....	15
2.2.5. Aguas Residuales.....	16
2.3. BASES LEGALES.....	18
<b>CAPÍTULO 3: DESARROLLO DEL TRABAJO PROFESIONAL</b> .....	<b>19</b>
3.1. DETERMINACIÓN Y ANÁLISIS DEL PROBLEMA.....	19
3.2. MODELO DE SOLUCIÓN PROPUESTO.....	19
3.2.1. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.....	19
a) Variable independiente.....	19
b) Variable Dependiente.....	20

c) Unidad de análisis .....	20
3.2.2. TOMA DE DATOS Y/O MUESTRAS .....	20
3.2.3. DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA.....	21
Etapa 01: obtención de la enzima ureasa .....	22
Etapa 02: aplicación de la enzima ureasa.....	27
3.3. RESULTADOS .....	29
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>31</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>31</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....</b>	<b>32</b>

## INDICE DE ILUSTRACIONES

<b>Figura N° 1</b> Zonificación del distrito de Villa El Salvador.....	1
<b>Figura N° 2</b> Delimitación espacial del Trabajo de Investigación.....	2
<b>Figura N° 3</b> Ciclo del Nitrógeno .....	8
<b>Figura N° 4</b> Nitrógeno Total y Amoniacal en el proceso de tratamiento de aguas residuales .....	9
<b>Figura N° 5</b> Reacción de la ureasa.....	10
<b>Figura N° 6</b> Reacción de la urea en la hidrólisis .....	14
<b>Figura N° 7</b> Reacción de la urea en el suelo .....	14
<b>Figura N° 8</b> Componentes y variables físicas, químicas y biológicas de las aguas residuales .....	17
<b>Figura N° 9</b> Caudal (L/s) de la PTAR de Villa El salvador.....	20
<b>Figura N° 10</b> Muestras de sembrado de plántulas de maíz .....	27
<b>Figura N° 11</b> Diagrama de flujo de la PTAR Velasco.....	28
<b>Figura N° 12</b> Diagrama de flujo incluyendo el tratamiento enzimático .....	28
<b>Figura N° 13</b> Resultados de la aplicación de enzima Ureasa en aguas residuales .....	30

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla N° 1</b> Cálculo de Riego para áreas verdes .....	21
<b>Tabla N° 2</b> Materiales utilizados para el proyecto .....	22
<b>Tabla N° 3</b> Aplicación de la muestra a diversas concentraciones .....	29



## Capítulo 1: ASPECTOS GENERALES

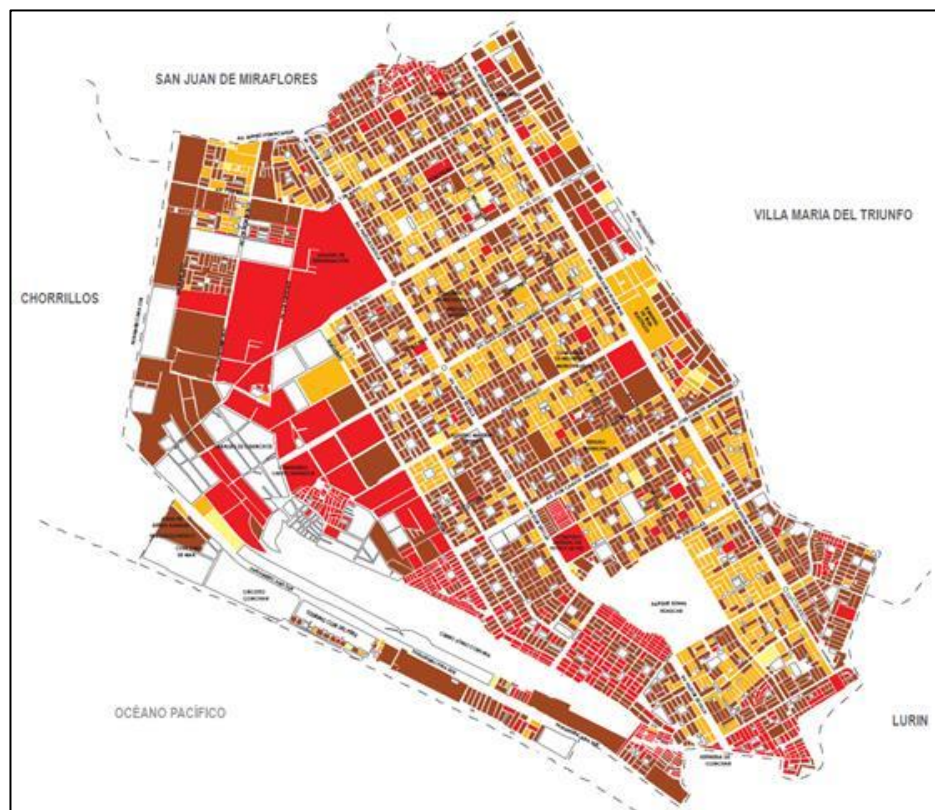
### 1.1. Contexto

El trabajo de investigación desde la evaluación hasta la ejecución se desarrolló en el distrito de Villa El Salvador, cuenta con una superficie de 35,46 km<sup>2</sup> y tiene una altitud media de 143 msnm. Ubicado al sur de Lima Metropolitana, Provincia de Lima, Departamento de Lima; teniendo como límites a los vecinos distritos:

- Por el Norte: San Juan de Miraflores y Villa María del Triunfo.
- Por el Sur: Lurín.
- Por el Este: Villa María del Triunfo.
- Por el Oeste: Chorrillos y el Océano Pacífico.

#### **Figura N° 1**

*Zonificación del distrito de Villa El Salvador*



Nota: información proporcionada por la Gerencia de Desarrollo Urbano. Fuente: Municipalidad de Villa El Salvador, 2019.

Contando con una población de 393 254 habitantes al año 2017, según el instituto Nacional de Estadística e Informática – INEI, indicado en el Compendio Estadístico 2019.

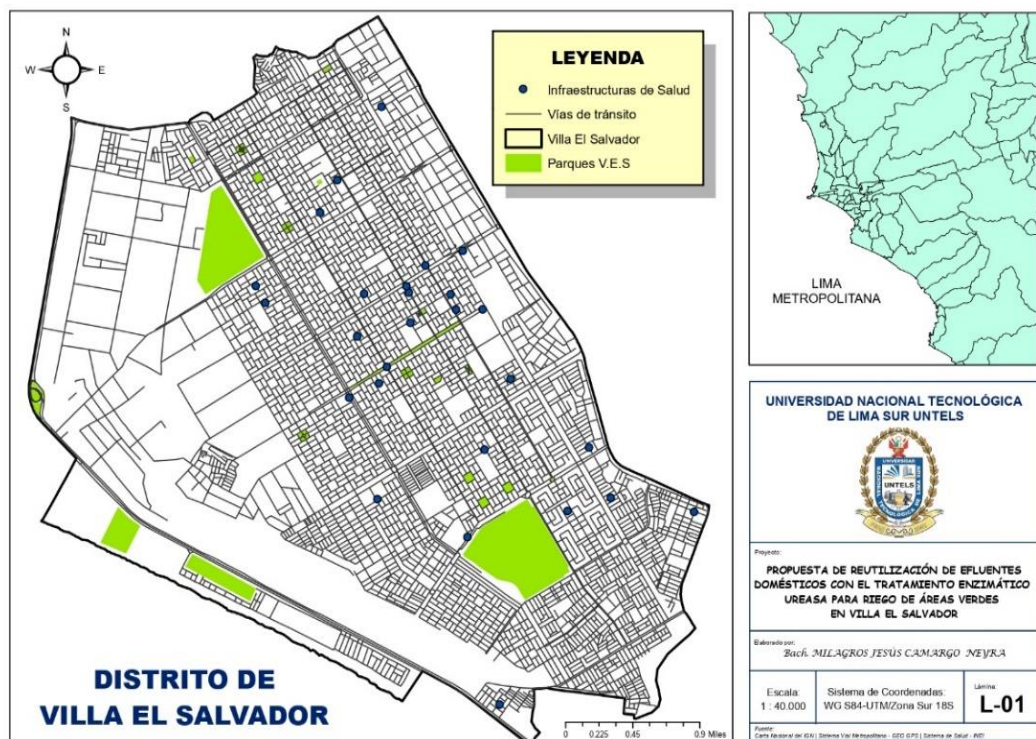
## 1.2. Delimitación temporal y espacial

### 1.2.1. Delimitación Espacial

Este trabajo de investigación se desarrolló la investigación en el laboratorio de Biología de la Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur – UNTELS; por consiguiente, para la posterior aplicación se coordinó llevarlo a cabo en las Áreas verdes pertenecientes al distrito, por ello se coordinó con la Sub Gerencia de Limpieza Pública, Parques y Jardines y Evaluación Ambiental de la Municipalidad de Villa El Salvador para la accesibilidad de información.

### Figura N° 2

#### Delimitación espacial del Trabajo de Investigación



Nota: en la figura presentada se aprecia las áreas que conforman la cobertura vegetal pertenecientes al distrito de Villa El Salvador; como son los parques, berma central y parque zonal.

### **1.2.2. Delimitación Temporal**

La investigación se llevó a cabo en un periodo de 03 meses, debido a la revisión documentaria y la búsqueda de la técnica más adecuada para la obtención de la enzima ureasa; de igual manera, para la identificación de la ureasa como producto final, esto debido a la falta de equipos de espectrofotometría de radiación UV – Visible.

## **1.3. Objetivos**

### **1.3.1. Objetivo General**

- ❖ Proponer la técnica de reutilización de aguas residuales de origen doméstico a través de la aplicación de la enzima ureasa para el riego de áreas verdes.

### **1.3.2. Objetivos Específicos**

- ❖ Proponer la técnica más óptima para la obtención de la enzima ureasa.
- ❖ Determinar la influencia de la concentración de amoníaco y pH en la calidad del efluente tratado.

## CAPÍTULO 2: MARCO TEORICO

### 2.1. Antecedentes de la Investigación

#### 2.1.1. Antecedentes Internacionales

Mediante la evaluación de urea en el laboratorio clínico se realizó una práctica, donde se propuso un método sencillo de extracción y preparación de la ureasa a partir del frijol *Canavalia gladiata DC* como una alternativa para resolver el déficit de este producto (Gonzalez, 2000).

Para la determinación de la urea, la Lic. Martha Martínez utilizó un filtrado libre de proteínas que contenía urea que al momento de incubarlo da lugar al desdoblamiento de la enzima ureasa en amoníaco y dióxido de carbono, posterior a ello le agrego el reactivo "Nessler" que se reactivó con el nitrógeno amoniacal, logrando la formación del compuesto de color amarillo. Esto ayudo a la investigación del proyecto en la etapa de comprobación de la posible extracción de la enzima ureasa, ya que al aplicar este método se confirmaría la realización efectiva de la obtención de la enzima ureasa para la aplicación in situ de la misma.

Otra manera de comprobación de la extracción de la enzima es través de la aplicación del reactivo de Berthelot que a través del proceso hidrolítico que atraviesa el amoníaco que con la presencia del fenol y del compuesto hipoclorito se produce un color azul, para ello se realizó un estudio en el laboratorio clínico para el diagnóstico de algunas enfermedades, motivados por la escasez de los productos en los laboratorios, por esta razón se reconoció en las diversas semillas de leguminosas de tipo *Canavalia spp.* Como *Canavalia brasiliensis spp.*, con nombre común frijol espada por ser uno de los más ricos y poseer bajo porcentaje de grasas ayudando a la investigación, ya que se requería de un compuesto con estas características para aplicarse un método sencillo de extracción como alternativa de solución al déficit de este importante producto.

La Suspensión de *Canavalia glicerol* ejerce un efecto catalítico sobre la urea que permite utilizarlo en esta técnica analítica en los laboratorios clínicos, por lo que constituye una opción importante para mantener el servicio en estos últimos (Martínez, 2010).

A través del uso de enzimas de tipo ureasa se identifica los microorganismos adecuados de transformar el nitrógeno orgánico contenido en efluentes de origen industrial que contienen urea, y los transforma en compuestos susceptibles que fácilmente pueden ser despojados a través de los métodos físico químicos aptos, para lograr que el efluente final abarque los parámetros menores a 40 ppm del nitrógeno total (Sergio A. Perez, Zulay M. Niño, Víctor H. y Carlos H., 2007).

Acercas del proceso de extracción de la enzima ureasa se revisó diversos metodologías, tal cual lo describe Almanza, Rojas, Borda y Galindo (2009, pp 34) “es preciso determinar las fuentes de esta enzima que se encuentran distribuidas en la naturaleza, destacando microorganismos, residuos industriales y orgánicos, y semillas de plantas de las familias anonáceas, leguminosas y cucurbitáceas”, asimismo, se basan la investigación en el método de comprobación por Vicente (1975), quien determinó a la ureasa con una fracción celulósica de la pared de células de cotiledones de diferentes variedades de cucurbitáceas, siendo la especie *Cucúrbita ficifolia* la seleccionada.

Es por ello que se insistió en obtener la enzima ureasa de productos proveídos de nuestra naturaleza, de los cultivos bajo en grasas y ricos en proteínas para darle uso sostenible y orgánicos en la comunidad, y lograr la reducción de residuos desechados, e incrementar la aplicación de residuos como materia prima.

### **2.1.2. Antecedentes Nacionales**

Al hablar de la enzima ureasa nos remite a Arce (2010), quien en su investigación se centra en aplicar microorganismos al tratamiento de aguas residuales en zonas urbanas, las cuales son escasas y busca mejorar la calidad de vida de los pobladores, cuya finalidad es realzar el concepto de “urbanizaciones sostenibles”. Es por ello que aplica 2 etapas para su tratamiento: la autodepuración, transformando las sustancias en dióxido de carbono y nitrógeno amoniacal; y la descomposición orgánica, para eliminar patógenos que causen enfermedades. En el caso de una urbanización,



condominio, universidad o colegio se tiene la necesidad de embellecer el paisaje urbanístico con áreas verdes. Las aguas residuales que atraviesan el proceso de tratamiento proveen la solución alternativa para el riego masivo que contienen cobertura vegetal y son usados como elementos decorativos que involucran la mejora del ornato del distrito; como piletas, caídas de agua, etc. Otro uso primordial que se atribuye al agua residual post tratamiento es aplicarlo en la agricultura, puesto que es una de las actividades con mayor consumo de agua.

La tecnología a emplear nos permite estructurar un conjunto operacional aportando un accesible manejo y de bajo costo; por ello, el tratamiento de las aguas residuales domésticas por biodegradación a través del uso de enzimas catalizadoras, las cuales presentan un diseño adecuado para actuar en temperaturas ambiente acorde al uso de agua y la presión atmosférica propia de la zona, y los procesos anteriormente mencionados, que permiten acelerar la biodegradación de la materia orgánica.

La utilización de enzimas activa el proceso de degradación de los compuestos orgánicos a través de los microorganismos que se encuentran en el agua residual, logrando que el agua tratada puede ser reutilizada en algún cuerpo receptor natural, en riego, sistemas contra incendio, piscícola, lagunas ornamentales, sanitarias, formación de bofedales. (Sayritupac Chihuan, 2016).

El reconocimiento de la enzima en el país aún es escaso, asimismo la información brindada por centros clínicos y/o laboratorios, por ello esta investigación tiene más ámbito internacional, como los países hermanos de Latinoamérica que ya cuentan con fundamento de esta índole.

## **2.2. Bases Teóricas**

### **2.2.1. Urea**

Se tiene por conocimiento que cada organismo (mamíferos, anfibios y algunos invertebrados) descompone los ácidos nucleicos y proteínas, generando residuos nitrogenados, esto debido a que los ácidos nucleicos y proteínas contienen compuestos de nitrógeno, siendo en su mayoría la urea (Lorenc, 2015).

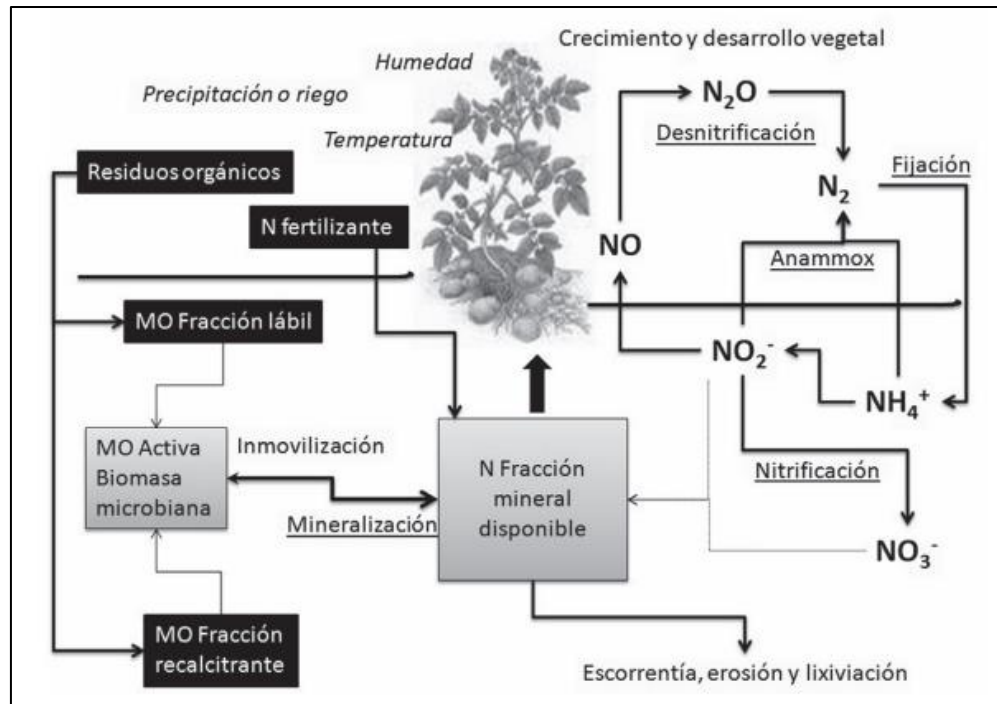
La urea es un compuesto especialmente bueno para la eliminación de nitrógeno debido a la solubilidad en agua y por lo que presenta menor toxicidad que el amoníaco, asimismo, la urea es el primer componente orgánico sintetizado.

#### **El ciclo del Nitrógeno (N).**

En la atmósfera ocurren los ciclos biogeoquímicos propios del ambiente, siendo el Ciclo del Nitrógeno, el cual contiene la Urea, uno de los primordiales para el desarrollo de procesos metabólicos. Acerca del Ciclo del Nitrógeno el N molecular ( $N_2$ ) es muy exuberante, siendo esta molécula no reactiva o inerte debido al triple enlace que posee, el cual lo provee de estabilidad; es por ello, que el Nitrógeno atmosférico debe ser fijado mediante una cadena de reacciones:

- 1) El nitrógeno debe ser reducido a  $NH_3$  (amoníaco), a través del proceso de amonificación, llevado a cabo por los microorganismos y las descargas eléctricas en la naturaleza.
- 2) Posteriormente las bacterias saprofitas oxidan el amoníaco a nitritos y nitratos ( $NO_2$  y  $NO_4$ ), proceso denominado nitrificación.
- 3) Durante la inanición prolongada se realiza la gluconeogénesis, siendo las cadenas carbonadas de los aminoácidos quienes liberan a los aminoácidos y se da paso a la excreción de urea y no se reincorpora a las proteínas.

**Figura N° 3**  
Ciclo del Nitrógeno



Nota: la figura representa las relaciones que se llevan a cabo entre el ciclo del nitrógeno y los compartimentos orgánicos y minerales que se involucran en el proceso; asimismo, los cuadros negros representan las entradas al sistema y los de color gris indica las diversas fracciones disponibles; por último, los procesos y factores que influyen en la disponibilidad del nitrógeno están plasmados en conectores sin recuadro, MO: Materia orgánica. Fuente: Cerón, 2012.

### 2.2.2. Nitrógeno amoniacal y total

Las aguas residuales contienen una elevada carga contaminante de materia orgánica, en la cual se encuentran los compuestos de nitrógeno y sus formas, siendo las de mayor interés en las aguas residuales el nitrógeno amoniacal y total. El amoniaco es un producto natural, ya que proviene de la descomposición de los compuestos orgánicos nitrogenados y es uno de los componentes temporales en el agua, ya que forma parte del ciclo del nitrógeno y es influido por la actividad biológica, por lo general las aguas superficiales no deben estar sujetos al bajo o alto contenido de amoniaco,

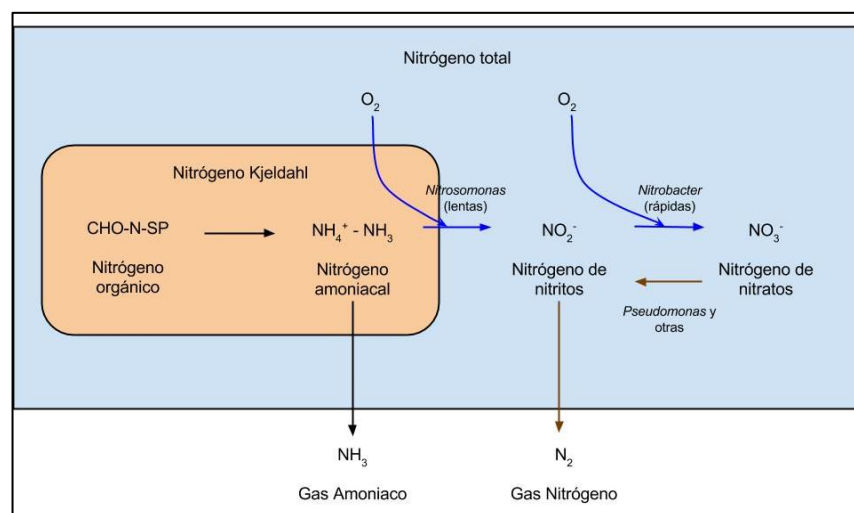
siendo así la presencia de amoniaco libre o ion amonio, el cual se considera como una experiencia química de contaminación naciente y sea el grado y dependiendo del caso podría llegar a ser peligrosa. Si el medio es aerobio, el nitrógeno amoniacal se transforma en nitritos (Sardiñas, O., Pérez, A; 2004)

El nitrógeno total está compuesto por ambos nitrógenos: el nitrógeno amoniacal y el nitrógeno orgánico, este último formado por las composiciones de nitrógeno correspondientes al nitrato, nitrito y amonio.

En las aguas residuales podemos encontrar al nitrógeno en 04 formas básicas, al detalle: nitrógeno orgánico, amonio, nitrito y nitrato; cabe resaltar, que estas formas no se presentan de igual manera en los estados del agua, por ejemplo, para las aguas residuales con reciente descarga de materia orgánica, el nitrógeno se encontrará en forma de urea y compuestos proteínicos, y para lograr transformarlo a su forma amoniacal deberá atravesar la descomposición bacteriana (Lentech,2021).

**Figura N° 4**

*Nitrógeno Total y Amoniacal en el proceso de tratamiento de aguas residuales*



Nota: se representa el proceso que atraviesan el Nitrógeno Total o Kjeldahl en un cuadro principal partiendo del nitrógeno orgánico y con la intervención de los nitrosomonas y el Nitrobacter obtenemos la descomposición del Amoniac y Nitratos. Fuente: Sardiñas, O., Pérez, A.; 2004.

El nitrógeno es un componente importante en las aguas residuales, siendo necesario y primordial para el desarrollo de los microorganismos; si se diera el caso que el agua residual no posea el nitrógeno suficiente pueden surgir inconvenientes por carencia de nutrientes durante el tratamiento secundario. Pero también el nitrógeno es un contribuyente especial para el agotamiento del oxígeno y la eutrofización de las aguas, cuando se encuentra en elevadas concentraciones.

A medida que el agua se estabiliza, por oxidación bacteriana en medio aerobio se generan nitritos y posteriormente nitratos. El agua residual domestica suele contener 20-50 mg/L de nitrógeno total y 12- 40 mg/L de Amonio.

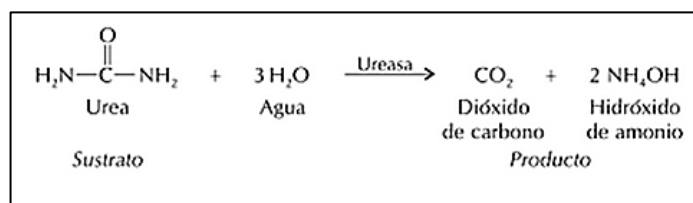
### 2.2.3. Enzima ureasa

La ureasa, cuya denominación sistemática es *amidohidrolasa de urea*, y cataliza la hidrólisis de la urea a dióxido de carbono y amoniaco. A la ureasa la encontramos en semillas, microorganismos e invertebrados, en el caso de las plantas la ureasa es un hexámero, consta de 6 subunidades y/o cadenas equivalentes, y está ubicada en el citoplasma; para el caso de las bacterias, la ureasa contiene dos o tres subunidades diferentes. Para la activación de la enzima ureasa se requiere articular dos iones de níquel por subunidad (Lorenc, 2015).

Las investigaciones recientes sobre la ureasa han reconocido proponer el principio trascendental en las reacciones enzimáticas, lo que resulta la función de los grupos SH (sulfhídrico) y su participación en los procesos de catálisis.

#### Figura N° 5

Reacción de la ureasa





Nota: la reacción química de la aplicación de la enzima ureasa en un compuesto ureico en estado acuoso. Fuente: Página web BIOQUÍMICA, 2015.

Se aprecia la reacción química al separar y/o catalizar la urea en dióxido de carbono e hidróxido de amonio a través de la enzima ureasa en estado acuoso, a continuación se presenta las reacciones químicas con estequiometría de manera general, ya que, este tratamiento podría significar un antecedente para otras experiencias similares:

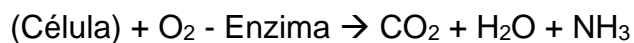
a) Oxidación de la Materia Orgánica



b) Síntesis de la Célula (Crecimiento)



c) Oxidación del material de la Célula



### **Características de la enzima ureasa**

- Peso molecular: 480 kDa para la ureasa de frijol.
- Metal en el sitio activo: Níquel (II).
- pH óptimo: 7.24534219998
- Temperatura óptima: 50 °C
- Especificidad enzimática: urea y agua.
- Inhibidor enzimático: metales pesados.

### **Efectos de la enzima Ureasa**

a) Efecto de la temperatura sobre la actividad de la ureasa

Las enzimas debido a su completo desarrollo necesitan de una temperatura óptima y su velocidad de reacción debe ser la máxima, esto debido a que se requiere su máximo progreso, para el caso de temperaturas bajas, la frecuencia de choques entre la enzima y el

sustrato (urea) será la más baja, de igual manera sucederá con la velocidad de reacción.

En conclusión, acorde se eleve la temperatura, a su vez se incrementará la frecuencia de choques, asistiendo a la velocidad de reacción (representado por la formación del producto); pero si la temperatura es muy elevada perjudicaría el compuesto, inclusive puede destrozar la estructura de Vander Waals y los puentes de hidrogeno, los cuales estabilizan la estructura terciaria y cuaternario de las enzimas; como consecuencia generaría la desnaturalización y perdida de la actividad enzimática (Jean F. MacFaddin, 2015).

b) Efecto de la pH sobre la actividad de la ureasa

La distribución tridimensional que conserva la enzima, determina su área a catalizar y la actividad que desarrolla, dicha estructura se encuentra estable por una serie de enlaces no covalentes (en su mayoría hidrofóbicos, que contienen puentes de hidrogeno, con atracciones electrostáticas) y covalentes (con puentes de disulfuro) que coexisten entre los grupos de los aminoácidos que no poseen neutralidad, por ejemplo: las enzimas aspartato, la lisina, la arginina y el glutamato, y logran interceptarse con las atracciones electrostáticas y su permanencia estructural tridimensional, lo que provoca una pérdida total o parcial de la actividad enzimática.

Según Manahan, en su libro acerca de la Química ambiental de los contaminantes en los efluentes describe la selectividad que presenta cada enzima y que a su vez señala el pH óptimo en relación a la actividad que lleve a cabo, el cual se altera según la región celular donde se encuentre la enzima, en el caso del lisosoma el pH es próximo a grado dos, en cambio para las enzimas presentes en el plasma o en el duodeno el pH óptimo oscila entre 7.0 y 8.0

La ureasa opera en los combinados a nivel de los puentes Carbono – Nitrógeno, a excepción de aquellos compuestos que

contienen puentes peptídicos, en conclusión, el pH óptimo para la actividad de la ureasa es de grado siete.

c) Efecto del tiempo de reacción en la cantidad de urea hidrolizada

En toda reacción la enzima no es totalmente consumida ni sufre alteración alguna, de manera que puede continuar transformando la molécula de sustrato a producto, en nuestro caso sería el amoníaco. Por lo tanto, si se garantiza que la concentración de sustrato no será limitante, a mayor tiempo que se lleve a cabo la reacción, mayor será la formación del producto o la degradación del sustrato (Jean F. MacFaddin, 2015).

d) Efecto de la concentración de enzima sobre la actividad enzimática

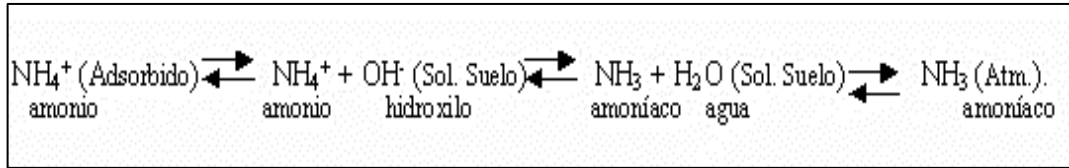
Según lo indicado por Peña A. y Ruedas S. en la revista de investigación "Ingeniería Ambiental", 2005; detallan las reacciones enzimáticas, y explican el incremento de la concentración de enzima, dando a conocer la proporcionalidad de las mismas, se forma mayor cantidad de productos por cada unidad de tiempo. El incremento en la velocidad de reacción es directamente proporcional al incremento en la concentración de enzima, siempre y cuando la cantidad de sustrato no sea limitante, es decir, que el sustrato no llegue a agotarse.

### **Reacción de la urea en el suelo y proceso de volatilización**

La reacción química describe la hidrólisis producida por la aplicación de la enzima ureasa como un fertilizante agrícola, es ahí donde el amonio es liberado en la hidrólisis de la urea, quedando en equilibrio dinámico con el amoníaco de la atmósfera.

### Figura N° 6

Reacción de la urea en la hidrólisis

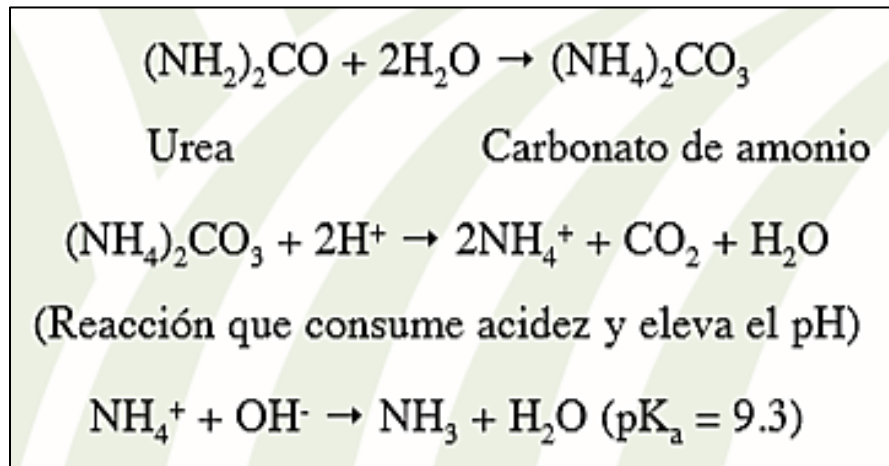


Asimismo, en la investigación realizada por Robert Mikkelsen, acerca de las Emisiones de amoniaco en operaciones agrícolas, especifica la acción del fertilizante cuyo contenido principal es el Amonio (NH<sub>4</sub>) se encuentra considerablemente expuesto a la pérdida por volatilización, sin embargo, las propiedades específicas de los fertilizantes al entrar en contacto con el suelo pueden promover grandes diferencias de pérdida de Nitrógeno (N).

En suelos con pH mayor que 6.3, cuando se agrega urea al suelo, ésta sufre un proceso de hidrólisis, generando como productos de la reacción amonio (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) y anión bicarbonato (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>).

### Figura N° 7

Reacción de la urea en el suelo



Sin importar la forma de aplicación, sea líquida o sólida, la urea experimenta las reacciones descritas en la Figura 07, y reacciona al aplicarse al suelo; por ello, se recomienda las condiciones de campo más favorables para la volatilización del NH<sub>3</sub> de la urea aplicada al suelo:

- La falta de lluvia
- Los residuos de cultivo en la superficie del suelo
- Las altas temperaturas
- Elevado pH
- Bajo contenido en arcilla o materia orgánica, al igual que la Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC).
- Suelo inicialmente húmedo que seca con rapidez.

#### **2.2.4. Bioindicadores**

En los últimos años la investigación acerca de la calidad ambiental a través de Bioindicadores con especies vegetativas o animales se ha incrementado, generando una diversidad de ideas y sustento entre diversos autores, quienes difieren acerca del método biológico a emplear, ya que representa la interpretación y manejo del recurso hídrico, el cual influye el nivel integrativo y el empleo de bajo costo; este último se da en su gran mayoría en las plantas (Guadalupe de la Lanza Espino, 2000).

Un indicador biológico es característico del ambiente, a través del cual se cuantifica la magnitud del estrés, la característica propia del hábitat y el grado de exposición del estresor o en todo caso, el grado de respuesta ecológica a la exposición presentada.

Según Cairns y Dickson (1971) nombran los beneficios de la aplicación de bioindicadores en el ambiente son:

- La accesibilidad que representan los datos biológicos
- La expresión numérica de la información
- Proveen una mejor información, por lo que existen datos biológicos
- Puede realizarse a evaluación por grupos industriales o ajenos, es decir, por su origen netamente biológico o ajeno a la biología (creado).

### **2.2.5. Aguas Residuales**

Las aguas residuales son aquellos líquidos procedentes de las actividades desarrolladas por el ser humano, se caracterizan por presentar una fracción de agua con elevado porcentaje de residuos contaminantes; son vertidas a cursos de aguas o masas de agua continentales y/o marinas (López, 2015)

La Quinta Disposición Complementaria de la Resolución N° 0291-2009-ANA de fecha 01 de Junio del 2009, distingue las definiciones de aguas residuales domésticas y residuales municipales señala al agua residual doméstica, es el agua de origen doméstico, comercial e institucional que contiene desechos fisiológicos y otros provenientes de la actividad humana.

Y el agua residual municipal, es el agua residual doméstico que puede incluir la mezcla con aguas de drenaje pluvial o con aguas residuales de origen industrial siempre que estas cumplan con los requisitos para ser admitidas en los sistemas de alcantarillado de tipo combinado.

Las aguas residuales de origen municipal son típicas, ya que contienen materia orgánica que demanda oxígeno para su biodegradación, sedimentos, grasas, aceites, espumas, bacterias patógenas, virus, sales, nutrientes de algas, plaguicidas, compuestos orgánicos refractarios, metales pesados y una variedad de objetos flotantes. Se usan diversas características para describir a las aguas residuales, incluyen la turbidez, los sólidos en suspensión (ppm) y el oxígeno disuelto (ppm de O<sub>2</sub>). La demanda bioquímica de oxígeno se usa como una medida de las sustancias que demandan oxígeno para su degradación.

Actualmente el tratamiento de aguas residuales se divide en 03 categorías: tratamiento primario, secundario y terciario; de igual manera, se discute los sistemas de tratamiento total de aguas residuales, basados en gran medida en procesos físicos y químicos (Manahan, 2007).

Al respecto sobre dichas definiciones habría que señalar que en realidad todo residuo es producto de la actividad humana, directa o indirectamente, por lo que es observable que se mencione a otros desechos

provenientes de la actividad humana, y de otro lado, no es común que algún municipio cuente con normas que exijan requisitos de los efluentes descargados en las alcantarillas, por lo que en principio se debe detallar a que requisitos se refiere para posteriormente exigir que exista la normatividad pertinente.

Los componentes y variables físicas, químicas y biológicas que tienen las aguas residuales, según lo definido por METCALF & EDDY INC.

**Figura N° 8**

*Componentes y variables físicas, químicas y biológicas de las aguas residuales*

Característica	Variables	Procedencia
<b>Propiedades Físicas</b>	Color	Aguas Residuales (AR) domésticas e industriales, desintegración natural de materiales orgánicos.
	Olor	AR en descomposición, vertimientos industriales.
	Sólidos	Aguas de suministro, AR domésticas e industriales, erosión del suelo, infiltración y conexiones incontroladas
	Temperatura	AR domésticas e industriales
<b>Constituyentes Químicos</b>		
	<b>Orgánicos</b>	
	Carbohidratos	AR comerciales e industriales
	Grasa animal y aceite	AR domésticas, comerciales e industriales.
	Pesticidas	Residuos agrícolas
	Fenoles	Vertidos industriales
	Proteínas	AR domésticas y comerciales
	Agentes termo activos	AR domésticas e industriales
	Otros	Desintegración natural de materiales orgánicos
	<b>Inorgánicos</b>	
Alcalinidad	AR domésticas, agua de suministro, infiltración de aguas subterráneas	
Cloruros	Agua de suministro, AR domésticas, infiltración de aguas subterráneas	
Metales pesados	Vertimientos industriales, AR domésticas y residuos agrícolas	
Nitrógeno	AR domésticas y residuos agrícolas	
PH	Vertimientos industriales	
Fósforo	AR domésticas, industriales, escorrentía residual	
Azufre	Aguas de suministro, aguas residuales, domésticas e industriales	
Compuestos tóxicos	Vertidos industriales	
<b>Constituyentes Gaseosos</b>	Sulfuro de hidrógeno	Descomposición de AR domésticas
	Metano	Descomposición de AR domésticas
	Oxígeno	Agua de suministro, infiltración del agua superficial
<b>Constituyentes Biológicos</b>	Animales	Cursos de Aguas y Plantas de Tratamiento
	Plantas	Cursos de Aguas y Plantas de Tratamiento
	Protistas	AR domésticas, Plantas de Tratamiento
	Virus	AR domésticas



### 2.3. Bases Legales

- **Ley General de las Aguas (LEY N° 17752).** - Cuyos artículos 22 y 122, indican la prohibición de emitir o verter cualquier residuo, sea sólido o líquido, y que pueda generar alguna alteración a los cuerpos de agua y daños a la salud.  
Asimismo, obliga la aplicación del Artículo N°274 del Código Penal, para toda persona natural o jurídica que contamine las aguas superficiales o subterráneas y afecte la salud de los pobladores, la flora y fauna.
- **Ley General del Ambiente (LEY N°28611).** – es la ley primordial que establece los principios y bases en temática ambiental, con la finalidad de asegurar un adecuado ejercicio del derecho a un ambiente equilibrado y saludable.
- **Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua.** – según la categoría de los ECA, se les asigna la Categoría 03, Riego de vegetales y bebida de animales, en la subcategoría D01, Aguas que pueden ser utilizadas para el riego de vegetales, como Riego No Restringido: el cual establece a aquellas aguas cuya calidad permite su utilización en el riego de cultivos alimenticios que se consumen crudos, cultivos de árboles o arbustos frutales, parques públicos, campos deportivos, áreas verdes y plantas ornamentales, o cualquier otro tipo de cultivo.

## CAPÍTULO 3: DESARROLLO DEL TRABAJO PROFESIONAL

### 3.1. Determinación y análisis del problema

En el distrito de Villa El Salvador no cuenta con un sistema de tratamiento de aguas residuales continuo, ello debido a la falta de presupuesto. Es por ello, que el gobierno local posee 02 Plantas de Tratamiento de aguas residuales a un nivel primario.

### 3.2. Modelo de solución propuesto

Ante la problemática descrita, se plantea una nueva manera de tratar las aguas residuales en el distrito de Villa El Salvador, esto a través de la aplicación enzima ureasa en los efluentes domésticos que contengan alto contenido en urea y lograr el proceso de hidrólisis para la obtención de un fertilizante líquido con alto contenido de nitrógeno amoniacal lo cual requiere las áreas verdes para su mantenimiento y conservación.

#### 3.2.1. Diseño de Investigación

$$\begin{array}{l} Y \\ \text{(Técnica óptima de} \\ \text{tratamiento de} \\ \text{aguas residuales)} \end{array} = \begin{array}{c} (X_1; X_2) \\ \left[ \begin{array}{l} \text{Concentración del} \\ \text{amoniaco y Ph del} \\ \text{agua tratada} \end{array} ; \begin{array}{l} \text{Obtención de} \\ \text{enzima ureasa} \end{array} \right] \end{array}$$

#### a) Variable independiente

En la presente investigación se busca **reutilizar** los efluentes de origen doméstico para el riego de áreas verdes, es por ello que debemos hallar los siguientes datos:

- Identificar la técnica más adecuada para la obtención de la enzima ureasa (proceso biológico, físico – químico)
- Concentración del amoniaco (mg/L) y pH

Por el hecho de determinar la influencia de la concentración de amoniaco y el pH en la calidad de agua agrícola.

## b) Variable Dependiente

Técnica óptima de tratamiento de aguas residuales para aplicarlo como agua de riego. Esto es necesario saber, ya que de la calidad del agua residual va a depender nuestro uso destinado a áreas verdes, si estos efluentes no poseen una buena calidad entonces no podríamos aplicarlas a las plantas del estadio, o en este caso al césped natural del estadio.

## c) Unidad de análisis

La unidad de análisis va a comprender aspectos relacionados con el Tratamiento enzimático de la Ureasa en los efluentes provenientes de los urinarios del distrito de Villa El Salvador.

En que observaremos aspectos como:

- El caudal del agua tratada por día
- La concentración del amonio y el pH del agua tratada.
- La aplicación en uso agrícola, destinado a áreas verdes.

### 3.2.2. Toma de datos y/o muestras

La Planta de Tratamiento de Aguas Residuales del distrito de Villa El Salvador cuenta con el sistema de lagunas y/o pozos aireados con una dimensión de 2 metros de alto, 6 metros de largo y 4.50 metros de ancho, siendo la captación máxima de reserva para agua tratada de 54 m<sup>3</sup> equivalente a 13.5 galones.

#### **Figura N° 9**

*Caudal (L/s) de la PTAR de Villa El Salvador*

VOLUMEN DIARIO DE AGUA TRATADA					
PTAR	caudal (litros/seg)	tiempo		volumen	
		horas	segundos	litros	m3
Av. Juan Velazco	1.35	18	64800	87480	87.48
Av. Cesar vallejo	1.15	18	64800	74520	74.52
TOTAL (m3)					162.00

Nota: información proporcionada por la Sub Gerencia de Limpieza Pública, Parques y Jardines y Evaluación Ambiental. Fuente: Municipalidad de Villa El Salvador.

**Tabla Nº 1**

*Cálculo de Riego para áreas verdes*

PTAR	VOLUMEN DE AGUA TRATADA (m <sup>3</sup> /día)	VOLUMEN AGUA TRATADA (L/día)	AREA DE RIEGO (m <sup>2</sup> /día)	AREA DE RIEGO (Ha/día)
VELAZCO	87.48	87 480	19 600	1.96
VALLEJO	74.52	74 520	20 728	2.1
<b>TOTAL</b>	162	162 000	45 328	4.5

Nota: información proporcionada por la Sub Gerencia de Limpieza Pública, Parques y Jardines y Evaluación Ambiental de la Municipalidad de Villa El Salvador.

### 3.2.3. Descripción de la Metodología

La población objeto de estudio de la presente investigación es el distrito de Villa El Salvador.

Para el tamaño de la muestra se contará con el cálculo del volumen por día de un servicio higiénico (baño) debido a la viabilidad y accesibilidad de obtener los cálculos de manera inmediata. Para la selección de la muestra se realizará la proporción para 20 muestras: **concentración de la enzima ureasa / volumen de agua residual.** Como ya hemos venido asimilando la posible realización y por tanto los posibles resultados.

Etapas de la Investigación

Para la ejecución de la investigación se llevó a cabo en 02 etapas:

1. Obtención de la enzima Ureasa, ejecutado a través de las técnicas de baño en hielo, filtración y centrifugación.
2. Aplicación de la enzima ureasa.

Al realizarse la investigación se revisaron trabajos anteriores en los cuales identificaban y obtenían a la enzima ureasa de cepas bacterianas, siendo de un elevado costo y la complejidad que representaban; por ello para la investigación se llevó a cabo la obtención a través de procesos físicos, químicos de menor complejidad, como lo son: el baño en hielo, la filtración y la centrifugación de las muestras.

### **Etapa 01: obtención de la enzima ureasa**

Los materiales e insumos a emplear para la primera etapa y lograr la obtención de la enzima se enlistan en la siguiente tabla:

**Tabla N° 2**

*Materiales utilizados para el proyecto*

		
<p>Molino manual</p>	<p>Soya en grano</p>	<p>Agua destilada</p>
		
<p>Alcohol etílico</p>	<p>Vaso precipitado</p>	<p>Agitador</p>

		
Hielo	Bandeja	Colador
		
Papel filtro	Matraz	Embudo
		
Probeta	Acetona	Tubos de centrifugación
		
Pipeteador	Pipeta	Fiola
		
pH metro	Urea	Muestra de Agua residual

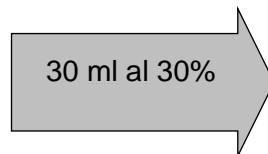
El procedimiento a ejecutar se realiza aplicando técnicas de enfriamiento y centrifugación, detallándose:

### 1. Preparación de la muestra

Con la ayuda de un molino manual se trituro 500 gramos de soya, usándose para este proceso 20 gramos.



En un vaso precipitado agregamos la muestra previamente pesada y 9 ml al 30% de alcohol etílico.



### 2. Baño en hielo

En un vaso precipitado se agregó la muestra con el alcohol etílico y se agito lentamente por 1 hora bajo baño en hielo.



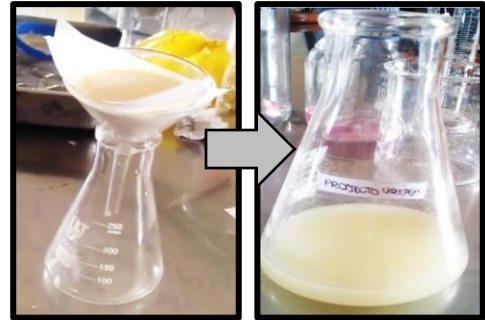
Luego con la solución obtenida se procedió a colar la muestra.





### 3. Filtración

Posteriormente se procedió a filtrar la solución obtenida del vaso precipitado.

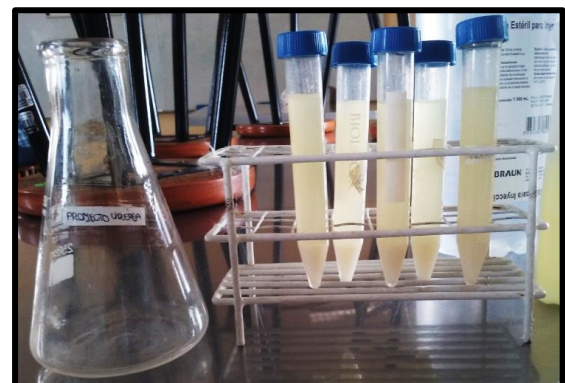


### 4. Centrifugación

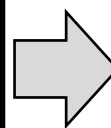
Con el líquido que se filtró se le agregó 50 ml de acetona.



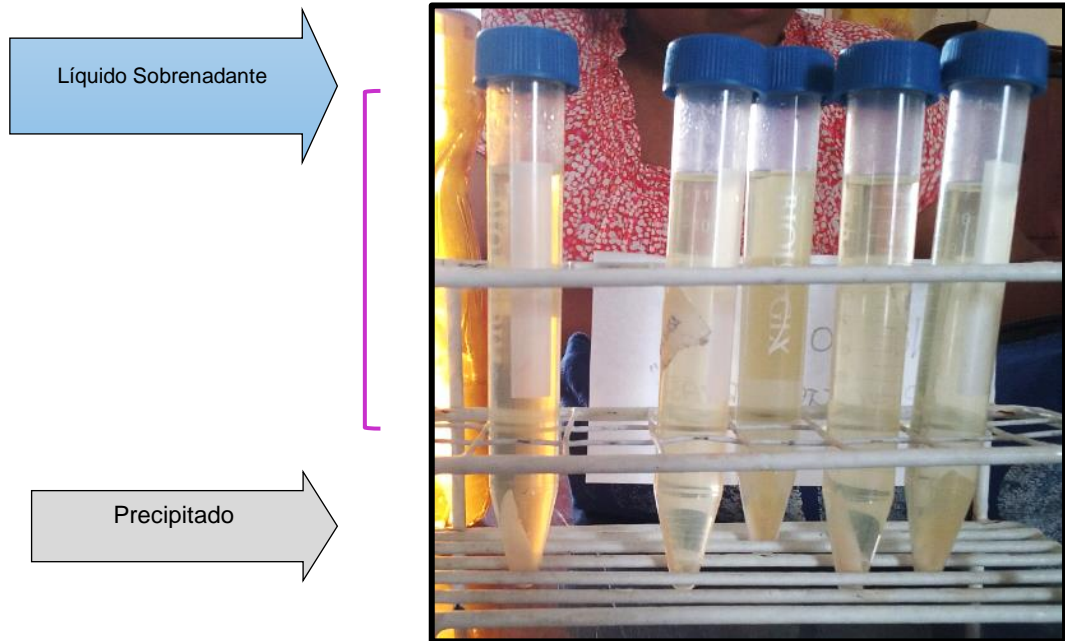
Con la ayuda del pipeteador y una pipeta agregamos a cada tubo de centrifugación 12 ml



Luego se procede a centrifugar a 3500 rpm a 15 minutos.



Se observa que se decanta el líquido sobrenadante, y se disuelve el precipitado con agua destilada.



Finalmente, con el precipitado aforar a los 50 ml en una fiola.

## Etapa 02: aplicación de la enzima ureasa

Al no tener los equipos de espectrofotometría para corroborar la obtención de la enzima se utilizó la prueba de verificación a través del crecimiento y desarrollo de la Planta Bioindicadora, en este caso se usó a la semilla del maíz.

Se realizaron la siembra en placa Petri de 03 muestras las cuales se detallan en la figura N°13. Para la Placa N°01 se utilizó la muestra de ureasa pura, para la placa N°02 se usó agua destilada y para la Placa N°03 se diluyó la muestra obtenida con el agua residual.

### Figura N° 10

Muestras de sembrado de plántulas de maíz



Para analizar las características a reformular en una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales e implementar la propuesta se realizaría algunas modificaciones acordes a los siguientes procedimientos.

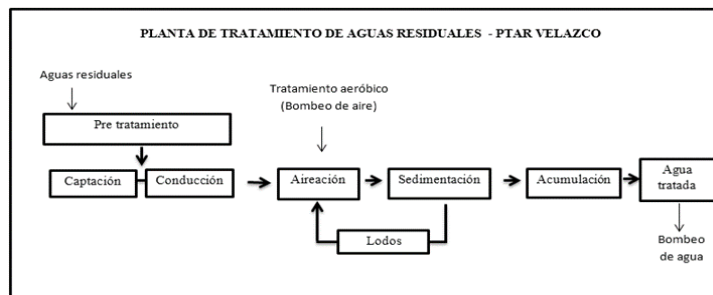
- a) Pre tratamiento: Captación de aguas residuales: la red principal de desagüe de los efluentes del distrito de Villa El Salvador ingresarán a la primera poza de abastecimiento, se abre la válvula y pasa por una rejilla (esta rejilla retiene el paso de residuos sólidos de gran tamaño, como bolsas, papeles y otros), a la segunda poza de abastecimiento, aquí nuevamente se abre la válvula captando sólo el efluente líquido (orina + H<sub>2</sub>O).

Conducción de aguas residuales: en la segunda poza de abastecimiento, se abre una compuerta de entrada para el paso de estas aguas residuales a la poza de tratamiento.

- b) Poza de tratamiento: tiene una capacidad de 195.39 m<sup>3</sup>, tiene 4 tuberías con 3 difusores cada uno, estos proveen enzima ureasa al cuerpo de agua, tratamiento de sistema enzimático.
- c) Poza de acumulación y certificación: el agua de la poza de tratamiento pasa por unas rejillas y cuando llega un nivel apropiado se mide la concentración de amonio y el pH luego del tratamiento enzimático.
- d) Bombeo de agua tratada, esta agua es impulsada por electrobombas mediante un canal de tuberías para regar las áreas verdes del distrito de Villa El Salvador.
- e)

**Figura N° 11**

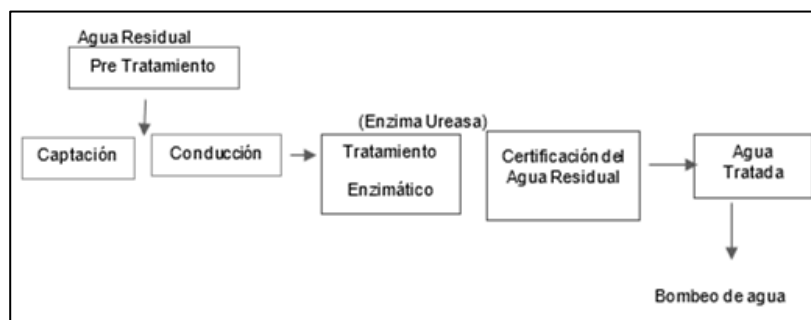
*Diagrama de flujo de la PTAR Velasco*



Nota: información proporcionada por la Sub Gerencia de Limpieza Pública, Parques y Jardines y Evaluación Ambiental

**Figura N° 12**

*Diagrama de flujo incluyendo el tratamiento enzimático*



### 3.3. Resultados

Por último, después de haber aislado la enzima ureasa y haber realizado las 20 muestras, las cuales se determinaron en base a una proporción para determinar la dosis óptima de aplicación como agua de riego, en base a la toma de medida del pH, siendo el rango óptimo de 6,7 a 7 para la aplicación del agua de riego.

**Tabla N° 3**

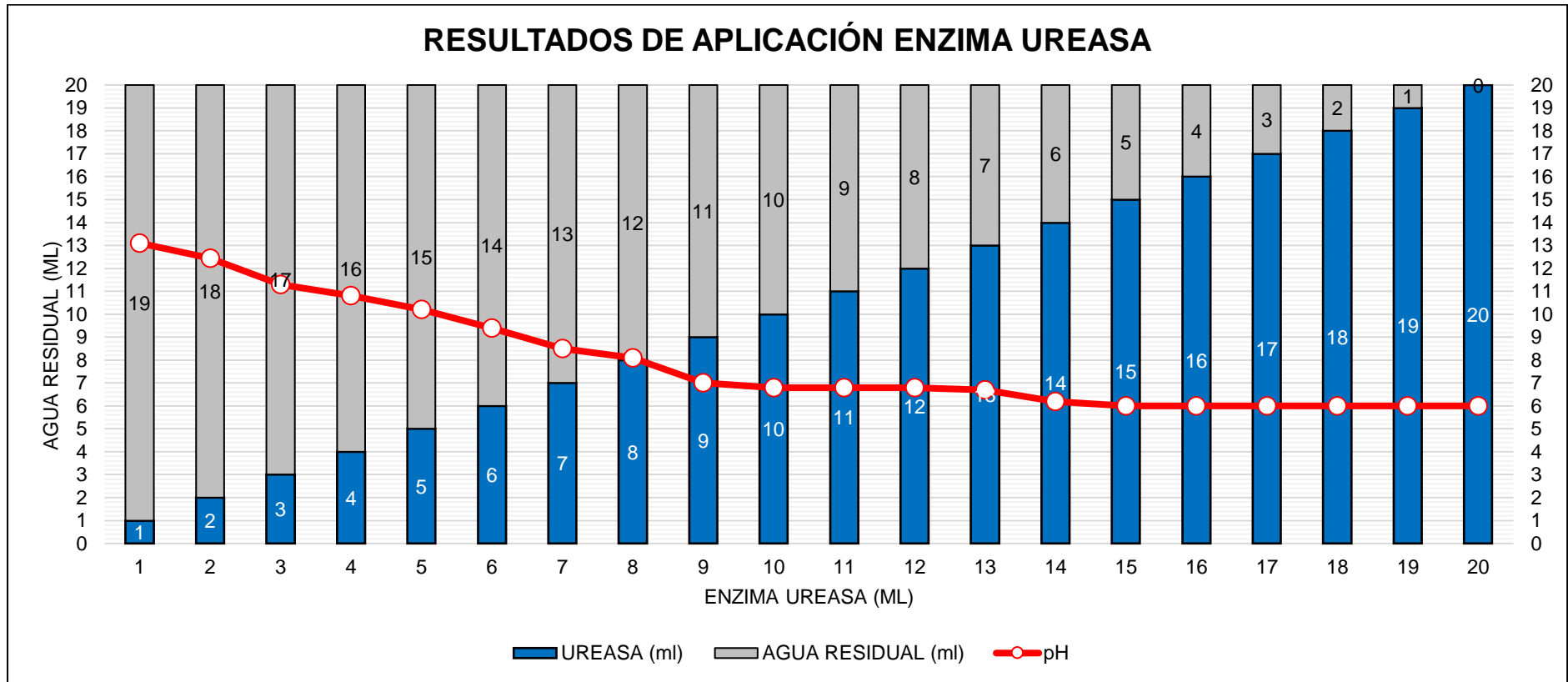
*Aplicación de la muestra a diversas concentraciones*

Muestra	UREASA (ml)	AGUA RESIDUAL (ml)	pH	Estado
1	1	19	13.1	NO APTO
2	2	18	12.44	NO APTO
3	3	17	11.3	NO APTO
4	4	16	10.8	NO APTO
5	5	15	10.2	NO APTO
6	6	14	9.4	NO APTO
7	7	13	8.5	NO APTO
8	8	12	8.1	NO APTO
9	9	11	7	APTO
10	10	10	6.8	APTO
11	11	9	6.8	APTO
12	12	8	6.8	APTO
13	13	7	6.7	APTO
14	14	6	6.2	NO APTO
15	15	5	6	NO APTO
16	16	4	6	NO APTO
17	17	3	6	NO APTO
18	18	2	6	NO APTO
19	19	1	6	NO APTO
20	20	0	6	NO APTO

Se aprecian los resultados de las 20 muestras de 20 ml total de contenido, cuyo contenido es complementario, siendo las muestras del 09 al 13 se consideran las muestras APTAS, debido a que reflejaron el pH óptimo de grado 07.

Figura N° 13

Resultados de la aplicación de enzima Ureasa en aguas residuales



Nota: En el gráfico anterior cada barra representa a un modelo tubular de 20 ml, siendo su contenido el agua residual y la enzima ureasa que al agregarse a los tubos de ensayo sus medidas se complementan hasta alcanzar las muestras de 20ml, de igual manera, se refleja los resultados obtenidos de la Tabla N° 03, en el cual se obtiene a las muestras N°09, 10, 11, 12 y 13, ya que son las muestras con pH oscilante entre 6.7 – 7, que es el pH óptimo para el desarrollo de la enzima ureasa.

## CONCLUSIONES

- Se estableció el tratamiento enzimático ureasa como la técnica principal de reutilización de aguas residuales de origen doméstico para aplicarlo como agua de riego de áreas verdes, siendo el lugar a aplicar el distrito de Villa El Salvador.
- Para la obtención de la enzima ureasa se revisaron investigaciones anteriores y en base al bajo costo y la menor complejidad se seleccionó el proceso físico a través del baño en hielo, la filtración y la centrifugación en el laboratorio de la Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur.
- Acerca de la evaluación de los parámetros para determinar una adecuada calidad de agua de uso agrícola y obtener la dosis óptima a usar, se basó en la influencia de la concentración de la muestra y la medida del pH.

## RECOMENDACIONES

- Se recomienda usar los frejoles de soya *Canavalia gladiata* más maduros para acelerar el proceso de molienda, ya que, en la experiencia en laboratorio se presentaron percances y demora, así como en el proceso de enfriamiento (baño en hielo) para el aislamiento de la muestra de ureasa.
- Para tratamiento posterior se recomienda utilizar cepas bacterianas que refuercen el proceso de reutilización, este aporte se sustenta en la investigación de Sergio A. Perez, Zulay M. Niño, Victor H. y Carlos H. (2007) a través de su publicación científica "Uso de Enzimas de Tipo Ureasa en el Tratamiento de Aguas Residuales con Alto Contenido en Nitrógeno Orgánico", señalan el uso de cepas bacterianas obtenidas del *helicobacter pylori* con alto contenido de enzima ureasa, como refuerzo a la aplicación en aguas residuales para lograr la debida aplicación acorde a la normativa ambiental vigente.
- En investigaciones futuras se sugiere como método comprobatorio el filtro de la espectrofotometría en la identificación de la enzima ureasa de líquido sobrenadante obtenido en laboratorio para la verificación del mismo, a través de la evaluación óptico enzimática.



## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- APHA-American Public Health Association, *Standard methods for the examination of water and wastewater*, 19<sup>th</sup> Edition (1995).
- Carmona, O.; *Microbiología*, 5ta. Edición, McGraw Hill Interamericana (1997).
- Iañez, E., *Bioteconología*, Instituto de Biotecnología, Universidad de Granada (2004).
- Lee, C.C. y S.D. Lin; *Handbook of Environmental Engineering Calculations*, McGraw-Hill (2000).
- Reynolds T.D. y P.A. Richards; *Unit operations and processes in environmental engineering*, 2da. Edición, PWS Publishing Co. (1996).
- Bernal, D. P., Cardona, D. A., Galvis, A. y Peña, M. R, Guía de Selección de Tecnologías para el tratamiento de aguas residuales por métodos naturales, Universidad del Valle, Instituto Cinara.
- Sergio López del Pino y Sonia Martín Calderón, UF1666: Depuración de aguas residuales, Edición 5:1, España, 2015.
- Stanley E. Manahan, Introducción a la Química Ambiental, Universidad Nacional Autónoma de México, 2007.
- Gonzalez, M. M. (2000). Ureasa glicerol obtenida del Frijol Canavalia gladiata D.C. *MULTIMED Revista Medica*, 2.
- Guadalupe de la Lanza Espino, S. F. (2000). *Organismos indicadores de la calidad de agua y de la contaminación*. México: Plaza y Valdés S.A.
- Sayritupac Chihuan, S. (2016). Detección de Helicobacter pylori en muestras de agua de consumo humano, naturales y residuales de la ciudad de Ayacucho. Huamanga, Ayacucho, Lima.
- Sergio A. Perez, Zulay M. Niño, Víctor H. y Carlos H. (2007). Uso de Enzimas de Tipo Ureasa en el Tratamiento de Aguas Residuales con Alto Contenido en Nitrógeno Orgánico. Valencia, Venezuela, Venezuela.

Lentech, <https://www.lenntech.es/ciclo-nitrogeno.htm>, “Ciclo del Nitrógeno”  
revisado el 10 de octubre del 2021.

Ana Lorenc, Universidad Politécnica de Madrid, “La Investigación de la acción  
de la ureasa”, 2015.

Decreto Supremo N°004-2017-MINAM. (07 de junio, 2017) Congreso de la  
República, Diario el Peruano, Normas Legales.

Decreto Supremo N°003-2010-MINAM. (17 de marzo, 2010) Congreso de la  
República, Diario el Peruano, Normas Legales.

Zamora Espitia, H. (2008) Métodos selectos de Bioquímica Ambiental  
Experimental (Tesis de Doctorado, Universidad Nacional de  
Colombia)

[http://ciencias.bogota.unal.edu.co/fileadmin/Facultad\\_de\\_Ciencias/P  
ublicaciones/Archivos\\_Libros/Libros\\_Quimica/Metodos\\_selectos/MS  
BE.pdf](http://ciencias.bogota.unal.edu.co/fileadmin/Facultad_de_Ciencias/Publicaciones/Archivos_Libros/Libros_Quimica/Metodos_selectos/MSBE.pdf)

Almanza M., Pedro José; Rojas S., Hugo Alfonso; Borda G., Gloria del  
Carmen; Galindo A., Alba Ruth; Galindo A., Diana Rocío (2009)  
*Aplicación foliar de níquel en Cucurbita ficifolia Bouché para  
producción de ureasa*, Agronomía Colombiana.

[http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0120-  
99652009000100005](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-99652009000100005)

Mikkelsen R., (2008) Emisiones de Amoniaco de Operaciones Agrícolas  
[http://www.ipni.net/publication/ia-  
lahp.nsf/0/251EB81E3731729F852579A0006A0E4E/\\$FILE/Emisione  
s%20de%20amoniaco.pdf](http://www.ipni.net/publication/ia-lahp.nsf/0/251EB81E3731729F852579A0006A0E4E/$FILE/Emisiones%20de%20amoniaco.pdf)