

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y DE RECURSOS
NATURALES
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y DE RECURSOS
NATURALES



“CONTAMINACIÓN DEL CULTIVO *Lactuca sativa*
(*Var. White boston*) CON *Escherichia coli* Y
HUEVOS DE HELMINTOS, ABONADO CON LODO
RESIDUAL DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO
TOTORA- AYACUCHO”

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AMBIENTAL
Y DE RECURSOS NATURALES

AUTORES

Cuisano Marreros, Pamela Lizbeth
Marca Chileno, Hellen Meliza
Zapata Albújar, Julio César

ASESOR

Blgo. Carlos Tome Ramos
Callao, Setiembre 2018
PERÚ

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERIA AMBIENTAL Y DE RECURSOS
NATURALES

COMISION DE GRADOS Y TITULOS
ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS PARA OPTAR EL
TITULO DE INGENIERO AMBIENTAL Y DE RECURSOS
NATURALES
N° 008-2018-JEDT-FIARN

Siendo las 11:50 horas del día miércoles 17 de octubre de 2018, en el Auditorio de la Facultad de Ingeniería Ambiental y de Recursos Naturales ubicado en la Av. Juan Pablo II 306-Bellavista-Callao; se dio inicio a la Sustentación de la Tesis titulada **"CONTAMINACIÓN DEL CULTIVO *Lactuca sativa* (Var. *White Boston*) CON *Escherichia coli* Y HUEVOS DE HELMINTOS, ABONADO CON LODO RESIDUAL DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO TOTORA-AYACUCHO"** presentada para optar el título profesional de Ingeniero Ambiental y de Recursos Naturales de los Bachilleres Julio César Zapata Albújar, Hellen Meliza Marca Chileno y Pamela Lizbeth Cuisano Marreros.

Contando con la asistencia del Jurado Evaluador y Asesor a fin de dar cumplimiento a la Resolución N° 066-2018-D-FIARN de fecha 12 de octubre de 2018, los mismos que están integrados por los siguientes docentes:

| | | |
|-------|---------------------------------------|------------|
| Ms.C | María Teresa Valderrama Rojas | Presidenta |
| Blg°. | Abelardo Virgilio .Martin Isla Medina | Secretaria |
| Ing. | María Antonieta Gutiérrez Díaz | Vocal |
| Blg°. | Carlos Odorico Tome Ramos | Asesor |

Terminada la exposición y la absolución de las preguntas del Jurado Evaluador, se invita a los Bachilleres y al público en general se retiren del Auditorio para las deliberaciones del caso.

Luego de las deliberaciones el Jurado Evaluador acuerda **APROBAR POR UNANIMIDAD**, no habiendo observación alguna con el Calificativo de **BUENO** y con ello dar por concluido el proceso de Sustentación de Tesis.

En señal de conformidad firman el Jurado Evaluador y Asesor, siendo las 13:00 horas del día 17 de octubre de 2018.

OPICINA DE SECRETARIA GENERAL
EL SECRETARIO GENERAL DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO que suscribe, CERTIFICA: Que la presente es copia fiel del original. Se expide la presente en cumplimiento del (a) inciso (a) del artículo 10 del Reglamento de la Ley N° 27444, Ley Orgánica de Procedimientos Administrativos, en la ciudad de Callao, a las 04 MAR 2019 del 20

Ms.C María Teresa Valderrama Rojas Blg° Abelardo Virgilio M. Isla Medina
Presidenta Secretaria

Ing. María Antonieta Gutiérrez Díaz Blg° Carlos Odorico Tome Ramos
Vocal Asesor



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
Lic. C. Guillermo Jurado
Secretario General



Dedicatoria:

Esta investigación está dedicada a nuestros padres: María Marreros Flores, Richard Cuisano Egusquiza, Julio Zapata Chávez, Haydeé Albújar Medina, Irma Chileno Perez, Crisogono Marca Rivera, por el apoyo incondicional que siempre nos brindaron y a nuestras familias que siempre estuvieron a nuestro lado brindándonos su apoyo.

Agradecimientos

En el presente informe de tesis agradecemos en primer lugar a Dios por bendecirnos en esta etapa de nuestras vidas y hacer realidad este sueño.

A la Universidad Nacional del Callao por darnos la oportunidad de ser profesionales y así contribuir con el desarrollo de nuestro país.

A nuestro asesor de tesis, Blgo. Carlos Tome Ramos por su esfuerzo y dedicación, quien, con sus conocimientos, su experiencia, su paciencia y su motivación ha logrado la culminación del presente trabajo de investigación.

ÍNDICE DE CONTENIDO

| | |
|---|-----------|
| CAPITULO I | 12 |
| PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN | 12 |
| 1.1 Identificación del problema | 12 |
| 1.2 Formulación del problema | 14 |
| 1.2.1. Problema General | 14 |
| 1.2.2 Problemas Específicos | 15 |
| 1.3 Objetivos de la investigación | 15 |
| 1.3.1. Objetivo General:..... | 15 |
| 1.3.2. Objetivos Específicos: | 15 |
| 1.4 Justificación Ambiental | 16 |
| 1.4.1. Justificación Tecnológica | 17 |
| 1.5 Importancia | 18 |
| 1.5.1. Importancia Ambiental | 18 |
| 1.5.2. Importancia Social..... | 18 |
| 1.5.3. Importancia legal | 19 |
| 1.5.4. Importancia Económica..... | 19 |
| 1.6. Limitaciones y facilidades | 20 |
| CAPITULO II | 21 |
| MARCO TEORICO | 21 |
| 2.1 Antecedentes de estudio | 21 |
| 2.2 Base Científica | 31 |
| 2.2.1 Lechuga: | 31 |
| 2.2.2 Contaminación: | 46 |
| 2.2.3 helmintos:..... | 47 |
| 2.2.4 Huevos de helmintos: | 55 |
| 2.2.5 <i>Escherichia coli</i> :..... | 55 |
| 2.2.6. Lodos Residuales..... | 63 |
| 2.2.7 Planta de Tratamiento de Aguas Residuales “LA TOTORA” | 70 |
| 2.3 Definición de términos básicos | 80 |
| 2.4 Base Legal | 84 |
| CAPITULO III | 98 |
| VARIABLES E HIPÓTESIS | 98 |
| 3.1 Variables de la investigación | 98 |
| 3.1.1 Variable Independiente..... | 98 |

| | |
|---|------------|
| 3.1.2 Variable Dependiente | 98 |
| 3.2 Operacionalización de variables | 98 |
| 3.2.1 Variable Independiente:..... | 98 |
| 3.2.2 Variable Dependiente: | 99 |
| 3.3 Hipótesis General e Hipótesis Específica..... | 101 |
| 3.3.1 Hipótesis General:..... | 101 |
| 3.3.2 Hipótesis específicas..... | 101 |
| CAPITULO IV | 102 |
| METODOLOGÍA..... | 102 |
| 4.1. Tipo de Investigación..... | 102 |
| 4.2 Diseño de Investigación | 102 |
| 4.3. Población y muestra: | 105 |
| 4.3.1 Localización:..... | 105 |
| 4.3.2 Condiciones climáticas: | 106 |
| 4.3.3 Delimitación de la investigación: | 107 |
| 4.3.4 Población | 107 |
| 4.3.5 Muestra: | 111 |
| 4.4. Técnicas e Instrumentos para la investigación..... | 113 |
| 4.4.1. Técnicas:..... | 113 |
| 4.4.2. Instrumentos:..... | 114 |
| 4.5. Análisis de datos | 114 |
| CAPITULO V | 117 |
| RESULTADOS | 117 |
| CAPITULO VI..... | 118 |
| DISCUSIÓN DE RESULTADOS | 118 |
| 6.1. Contrastación de hipótesis con los resultados. | 118 |
| CAPITULO VII..... | 122 |
| CONCLUSIONES | 122 |
| CAPITULO VIII..... | 124 |
| RECOMENDACIONES..... | 124 |
| CAPITULO IX..... | 126 |
| REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 126 |
| ANEXOS | 131 |

TABLAS DE CONTENIDO

| | |
|--|-----|
| TABLA 1: Cifras clínicas..... | 18 |
| TABLA 2: Valor nutricional de la <i>Lactuca sativa</i> de 100g | 35 |
| TABLA 3: Tipos y variedades de la lechuga | 46 |
| TABLA 4: Principales grupos de Organismos Patógenos y Parásito contenidos en los lodos residuales..... | 64 |
| TABLA N° 5: Caracterización de Lodos..... | 65 |
| TABLA 6: Cantidad de Procesos de estabilización de lodos | 68 |
| TABLA 7: Aplicaciones de los Lodos Residuales..... | 70 |
| TABLA 8: Dimensiones de las lagunas de rehabilitación de la planta la Totora | 77 |
| TABLA 9: Parámetros de higienización..... | 87 |
| TABLA 10: LMP para efluentes de plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas o municipales..... | 89 |
| TABLA 11: Estándares de Calidad Ambiental para el Suelo | 95 |
| TABLA 12: Operacionalización de variables..... | 100 |
| TABLA 13: Distribución de componentes del cultivo <i>Lactuca sativa</i> | 112 |
| TABLA 18: Análisis microbiológico | 118 |
| TABLA 15: Análisis de monitoreo microbiológico para <i>E. coli</i> | 119 |
| TABLA 16: Análisis de monitoreo microbiológico para Huevos de Helminos..... | 120 |
| TABLA 17: Cuadro comparativo | 121 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1: Alternativas planteadas para tratamiento y disposición de lodos | 47 |
| Figura 2: Ubicación de la PTARD TOTORA..... | 73 |
| Figura 3: Dos rejillas automáticas | 74 |
| Figura 4: Dos rejillas automáticas | 75 |
| Figura 5: Desarenador | 76 |
| Figura 6: Parte superior de los tanques IMHOFF | 78 |
| Figura 7: Vista externa del filtro percolador | 78 |
| Figura 8: Laguna facultativa | 79 |
| Figura 9: Dosificador de cloro | 80 |
| Figura 10: Efluente final | 58 |
| Figura 11: Terreno de experimento | 75 |
| Figura 12: Verificación de terreno vacío | 76 |
| Figura 13: Delimitación del terreno | 77 |
| Figura 14: Cultivos y Rangos de pH | 78 |
| Figura 15: Elementos solubles en 100 g de suelo seco a 105 °C | 79 |
| Figura 16: Caracterización y composición de lodos | 80 |

RESUMEN

La investigación titulada contaminación del cultivo *Lactuca sativa* con *Escherichia coli* (var. White boston) y huevos de helmintos, abonado con lodo residual de la planta de tratamiento Totorá- Ayacucho, tuvo como objetivo general determinar la presencia de *Escherichia coli* y huevos de helmintos en los cultivos de lechuga abonados con lodos de la planta de tratamiento de aguas residuales. La metodología aplicada fue de diseño experimental de enfoque cuantitativo. La población estuvo conformada por 200 cultivos de *Lactuca sativa* (Var. White Boston), habiéndose realizado el estudio a una muestra de 20 unidades de análisis. Se utilizaron análisis microbiológicos a cargo del laboratorio de Ecología Microbiana y Biotecnología de la universidad Nacional Agraria La Molina y del Laboratorio de Control de Calidad de alimentos, agua y ambiente de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Los **Resultados** revelaron que existe la presencia de *Escherichia coli* y huevos de helmintos en los cultivos de lechuga abonados con lodos de la planta de tratamiento de aguas residuales de la PTR de Ayacucho. **La conclusión** es que la presencia *Escherichia coli* y huevos de helmintos en los cultivos no genera un gran daño como contaminación a la agricultura ni el consumo humano, ya que se encuentra dentro lo límites permisibles.

Palabras clave: Contaminación, *Escherichia coli*, helmintos, *Lactuca sativa*, lodo residual.

ABSTRACT

The research entitled Contamination of the cultivation *Lactuca sativa* with *Escherichia coli* and helminth eggs, fertilized with residual sludge from the Totorá - Ayacucho treatment plant, had the general objective of determining the presence of *Escherichia coli* and helminth eggs in lettuce crops fertilized with sludge from the wastewater treatment plant. The applied methodology was an experimental design with a quantitative approach. The population consisted of 200 crops of *Lactuca sativa* (Var White Boston), having conducted the study to a sample of 20 units of analysis. Microbiological analyzes were carried out by the Microbial Ecology and Biotechnology Laboratory of the “Universidad Nacional Agraria La Molina”. The results revealed that there is the presence of *Escherichia coli* and helminth eggs in lettuce crops fertilized with sludge from the wastewater treatment plant of the PTR de Ayacucho. The conclusion is that the presence of *Escherichia coli* and helminth eggs in the crops does not generate great damage as contamination to agriculture or human consumption, since it is within the permissible limits.

Key words: Pollution, *Escherichia coli*, helminths, *Lactuca sativa*, residual mud.

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

1.1 Identificación del problema

De acuerdo al informe de la Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (SUNASS, 2015) Diagnóstico de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas (PTARD) en el ámbito de operación de entidades prestadoras de servicio de saneamiento, mencionan que se encontraron registros de entrega de lodos de las Plantas de Tratamientos de Totorá y Chilipina (ubicadas en Ayacucho y Arequipa respectivamente) hacia los agricultores. Sin embargo se observa una falta de seguimiento y control ya que en el Decreto Supremo N°57-2004-PCM Anexo 4 Lista A: Residuos Peligrosos, indica en el numeral A 1.11 que los “Lodos residuales, excluidos los fangos anódicos, de los sistemas de depuración electrolítica de las operaciones de refinación y extracción electrolítica del cobre”, pertenecen a dicha lista, y no se detalla cómo es la entrega de estos lodos, ya que siendo residuos peligrosos estos deben ser tratados antes de ser reutilizados.

Actualmente se tiene evidencia que la planta de tratamiento de aguas residuales Totorá (Ayacucho) entrega de forma directa e indiscriminada los lodos residuales a los agricultores de la zona, sin tener algún tratamiento previo, siendo considerado este lodo residual como residuo peligroso.

Comúnmente ante los estudios de contaminación de suelos se identifica la presencia de compuestos orgánicos e inorgánicos ya que contamos con el Decreto Supremo N° 011-2017-MINAM Estándares de Calidad Ambiental para el Suelo, pero no hay un estudio que mencione el daño biológico como la presencia de la *Escherichia coli* y huevos de helmintos que pueden generar una contaminación de suelos hacia las plantas y/o personas.

El presente estudio centra el interés en la especie *Lactuca sativa* (var. White boston) por ser uno de los productos con mayor movimiento en el mercado y teniendo como referencia la entrega indiscriminada de lodos residuales, se formulan las siguientes preguntas: ¿Realmente existe algún tipo de contaminación en las cosechas de lechuga abonadas con lodos provenientes de plantas de tratamiento de agua residual?

En los últimos 50 años, la situación de las parasitosis intestinales en América Latina se ha modificado relativamente poco, Su elevada prevalencia y diversidad de manifestaciones clínicas representan un problema relevante dentro de la salud pública, especialmente en los países en vías de desarrollo, donde todavía son insatisfactorias las condiciones de saneamiento y de educación de las poblaciones, particularmente de las clases sociales menos favorecidas.

Las parasitosis de origen alimentario en el largo plazo se pueden convertir en un problema a gran escala en nuestro país, ya que los hábitos de higiene y sanidad desde el momento de la producción no se

tienen en cuenta, iniciando así un camino de agentes infecciosos que pueden afectar a los consumidores.

Es importante dar a conocer la problemática a nivel nacional en el Perú y dejar un precedente que dé lugar a futuras investigaciones que contribuyan al establecimiento de las verdaderas causas de la presencia de parásitos y su impacto en la salud de la población, así como los riesgos de un inadecuado manejo sanitario en el cultivo de las hortalizas abonadas con lodos de las plantas de tratamiento de aguas residuales provenientes de las PTAR, sumado a ello el incumplimiento de la normatividad vigente para la gestión de residuos sólidos.

Las enfermedades intestinales más importantes son causadas por protozoos y/o helmintos, su transmisión se produce principalmente por la ingestión de formas parasitarias, tales como huevos, larvas, quistes y ooquistes.

1.2 Formulación del problema

1.2.1. Problema General

¿Existe contaminación con *Escherichia coli* y huevos helmintos en los cultivos de *Lactuca sativa* (Var. White Boston) abonados con lodo residual de la planta de tratamiento Totorá?

1.2.2 Problemas Específicos

PE1: ¿El análisis microbiológico informa la presencia de *Escherichia coli* y huevos de helmintos en los lodos provenientes de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas “Totorá” – Ayacucho?

PE2: ¿Existe variación en el incremento de la población de *Escherichia coli* y huevos de helmintos en un período de 15, 30 y 45 días en el cultivo de *Lactuca sativa* (Var. White boston)?

PE3: ¿Cuál es la calidad sanitaria e inocuidad para el consumo humano de la *Lactuca sativa* (Var. White boston) en relación a la Norma Sanitaria que establece los Criterios Microbiológicos de Calidad Sanitaria e Inocuidad para Alimentos y Bebidas de Consumo Humano R.M. N° 591-2008/MINSA, 2008?

1.3 Objetivos de la investigación

1.3.1. Objetivo General:

Determinar la contaminación de *Escherichia coli* y huevos de helmintos en los cultivos *Lactuca sativa* (Var. White Boston) abonados con lodo residual de la planta de tratamiento Totorá.

1.3.2. Objetivos Específicos:

OE1: Determinar la presencia de *Escherichia coli* y huevos de helmintos en los lodos provenientes de la Planta de tratamiento de aguas residuales domésticas “Totorá”.

OE2: Determinar la variación en el incremento de la población de *Escherichia coli* y huevos de helmintos en un período de 15, 30 y 45 días en el cultivo de *Lactuca sativa* (Var. White boston).

OE3: Determinar la calidad sanitaria e inocuidad para el consumo humano de la *Lactuca sativa* (Var. White boston) en relación a la Norma Sanitaria que establece los Criterios Microbiológicos de Calidad Sanitaria e Inocuidad para Alimentos y Bebidas de Consumo Humano, R.M. N° 591-2008/MINSA,2008.

1.4 Justificación Ambiental

El presente estudio de investigación justifica la modificación de la Ley 27314 Ley General Residuos Sólidos al Decreto Legislativo N°1278 que aprueba la ley de gestión integral de residuos sólidos. Ya que en la versión anterior menciona que todos los lodos son considerados residuos peligrosos, y en el D.L N°1278 menciona en la quinta de las Disposiciones complementarias De los lodos provenientes de Plantas de Tratamiento *“Los lodos generados por las plantas de tratamiento de agua para consumo humano, las plantas de tratamiento de aguas residuales y otros sistemas vinculados a la prestación de los servicios de saneamiento, son manejados como residuos sólidos no peligrosos, salvo en los casos que el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento determine lo contrario.*

En ningún caso los lodos provenientes de los mencionados sistemas son utilizados sin considerar condiciones sanitarias y ambientales mínimas apropiadas, conforme lo dispone el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.”

1.4.1. Justificación Tecnológica

Al estar contaminado el cultivo de *Lactuca sativa* (Var. White boston) por *Escherichia coli* y huevos helmintos de los lodos provenientes de las plantas de aguas residuales sin ningún tratamiento previo, pueda causar que la bacteria *E.coli* produzca la toxina Shiga presentando síntomas como calambres abdominales y diarrea, la cual pueda desarrollarse a diarrea sanguinolenta (colitis hemorrágica). Así como los huevos de helmintos pueden provocar la helmintiasis transmitida por el suelo, siendo los más comunes las ascárides (*Ascaris lumbricoides*), el tricocéfaló (*Trichuris trichiura*), el anquilostoma (*Necator americanus* y *Ancylostoma duodenale*) causando la pérdida de crecimiento y daños intestinales. Dichas enfermedades dependiendo de su gravedad pueden llegar a ser mortales. Por tal motivo, es necesario conocer la forma de transmisión y las consecuencias generadas por dichos patógenos.

La OMS (Organización Mundial de la Salud) continúa investigando las enfermedades descritas, las cuales cuentan con antibióticos y algunas normas de saneamiento, sin embargo, en el Perú aún no son tomados en cuenta por su gravedad, ya que no hay suficiente conocimiento,

normativas, fiscalización, ni supervisión en los cultivos agrícolas a nivel nacional.

TABLA N° 1: Cifras clínicas

| Cantidad de población infectado | Transmisión de enfermedad |
|--|--------------------------------------|
| 1500 millones de personas infectadas en el mundo | Helminthiasis transmitidas del suelo |
| 550 millones de personas con enfermedades diarreicas | <i>Escherichia coli</i> |

Fuente: Organización Mundial de la Salud, 2015

1.5 Importancia

1.5.1. Importancia Ambiental

El análisis que de parámetros como la *Escherichia coli* y huevos helmintos a los lodos de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas ayuda al descarte o reúso de los mismos si es que los microorganismos estuvieran presentes o no en los lodos finales del tratamiento e indirectamente indicar si los lodos de esta PTAR doméstica pueden ser o no ser residuos peligrosos.

1.5.2. Importancia Social

Informar a la PTAR que dona los residuos sólidos (lodos) según los resultados obtenidos de la investigación abstenerse a seguir entregando los lodos a los agricultores puesto que si se encuentran microorganismos estos podrían causar daños a las personas que adquieren los productos agrícolas, sin embargo si salen dentro del rango solicitado por el Decreto

Supremo que aprueba el Reglamento para el Reaprovechamiento de los Lodos generados en las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales, D.S N°015-2017-VIVIENDA, 2017, la PTAR continuaría entregando sus lodos para ser utilizados en actividades agrícolas.

1.5.3. Importancia legal

Validar la información que estipula el Decreto Supremo que aprueba el Reglamento para el Reaprovechamiento de los Lodos generados en las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales, D.S N°015-2017-VIVIENDA, 2017. Para el caso específico de la PTAR "TOTORA". Y establecer según los resultados de los análisis del lodo, asegurar que se puede reaprovechar o no para actividades agrícolas.

1.5.4. Importancia Económica

Con el nuevo Decreto Legislativo N° 1278 de residuos, que eliminan el ítem de la Ley derogada N° 27314, donde declaran que los lodos de PTAR son considerados como residuos peligrosos automáticamente, sino que con previa evaluación y análisis se podrían reutilizar como abonos para suelos agrícolas y otros, según los resultados de estos análisis. Los lodos son ricos en materia orgánica por ende tienen un valor económico en el mercado, y con la nueva ley se generará mayor comercialización de estos residuos (lodos).

1.6. Limitaciones y facilidades

La principal limitación que se presentó para la realización de la investigación fue que el experimento lo tuvimos que realizar en Lima, y no en el mismo lugar del problema, puesto que presentó limitaciones en el tema de recursos por parte de los tesisistas, y el tema de análisis de muestras que no se podían realizar en la misma ciudad de Ayacucho.

Sin embargo, los representantes de la PTAR "TOTORA" brindaron su apoyo y facilidad para tener acceso a los lodos, para realizar y conocer los procesos de la planta de tratamiento de aguas residuales.

CAPITULO II

MARCO TEORICO

Se consideraron las revisiones bibliográficas para fortalecer el presente trabajo de investigación, detallándose a continuación:

2.1 Antecedentes de estudio

Campos, Contreras y Leiva (2015), publicaron el artículo *Evaluación del riesgo sanitario en un cultivo de lechuga (*Lactuca sativa*) debido al riego con aguas residuales sin tratar en el Centro Agropecuario Marengo (Cundinamarca, Colombia)*. Revista Biosalud 2015; 14(1): 69-78. DOI: 10.17151/biosa.2015.14.1.8

El objetivo del trabajo fue evaluar el riesgo sanitario debido al riego con aguas residuales sin tratar en un cultivo de lechuga (*Lactuca sativa*). Para el efecto se analizó la calidad microbiológica del agua utilizada para riego, del suelo y de las lechugas en el Centro Agropecuario Marengo, en una zona agrícola que distribuye alimentos a la capital del país y otros municipios. Se seleccionó un cultivo de lechuga con riego por aspersión y se evaluaron las concentraciones de indicadores de contaminación fecal bacterianos (coliformes fecales y *Salmonella sp.*), virales (colifagos somáticos) y parasitarios (huevos de helminto).

Teniendo como conclusión lo siguiente: Las concentraciones de coliformes fecales ($2,7 \times 10^3$ - $1,1 \times 10^4$ UFC/100 ml) y huevos de helminto (1,2 HHV/L) encontradas en el agua utilizada para riego, superan las

concentraciones sugeridas por la OMS e implican riesgos sanitarios para los encargados de los cultivos y los consumidores. En el caso de los suelos se encuentran bajas concentraciones de colifagos somáticos (3,6 x 10² PFP/4 g ST) y de huevos de helminto viables (< 0,4-1,2 HHV/4 g ST), aunque con mayores periodos de supervivencia comparados con las de las bacterias. En las lechugas no se detectó *Salmonella sp.* y si bien las concentraciones de colifagos somáticos (6PFP/25 g PF) y huevos de helminto viables (1,4 HHV/kg PF) son bajas, no descartan la contaminación para los consumidores si no se cuenta con sistemas de lavado y desinfección eficientes.

El estudio evidencia que las prácticas relacionadas con el cultivo de hortalizas conllevan riesgo de tipo microbiológico por la presencia de patógenos que pueden causar alteraciones en la salud de la población.

Ortiz C., López M., Rivas F. (2012) *“Prevalencia de helmintos en la planta de aguas residuales del municipio El Rosal, Cundinamarca”*. El objetivo fue determinar la prevalencia de huevos de helmintos en lodos, agua residual cruda y tratada, provenientes de un sistema de tratamiento de aguas residuales del municipio el Rosal, Cundinamarca. Para la metodología se tomaron 30 muestras de agua residual, y 10 de lodos en la Planta El Rosal, durante 10 semanas. Las muestras de aguas y lodos se procesaron siguiendo los métodos de BAILENGER, y el método de la Norma Oficial Mexicana, respectivamente. La viabilidad de los huevos se

determinó por el método de Victórica & Galván y la Norma Oficial Mexicana.

Resultados: Los datos fueron analizados con estadística descriptiva. El 100 % de las muestras de agua residual sin tratar evidenció presencia de huevos, encontrándose al menos un huevo viable de helminto/litro en el 90 % de las mismas. El 90 % de las aguas residuales tratadas fueron positivas para la presencia de huevos, encontrándose que el 70 % presentaba al menos 1 huevo viable. Todas las muestras de agua residual cruda que se vierten directamente a la quebrada, fueron positivas a helmintos, igual situación se encontró al momento de realizar la prueba de viabilidad. Todos los lodos fueron positivos para helmintos, encontrándose que en el 100 % de estos, al menos un huevo fue viable. Conclusión El uso de estas aguas para riego de hortalizas, y el uso de estos lodos como abono, representa un riesgo potencial para la salud pública. Los lodos solo pueden ser usados en actividades forestales, siempre y cuando no estén en contacto con humanos.

De los ángeles (2014), publicó para Minerva Revista en Línea el *Estudio microbiológico de muestras de hortalizas comercializadas en mercados públicos de San Salvador*, teniendo como objetivo evaluar la contaminación fecal en muestras de hortalizas frescas originarias de huertas de El Salvador, de Quezaltenango (Guatemala) y comercializadas en siete mercados públicos de San Salvador, utilizó como metodología al

estudio bacteriológico y parasitológico de 262 muestras de hortalizas frescas para identificar enterobacterias en medios de cultivo selectivo, y huevos y quistes de parásitos intestinales mediante el método de concentración por centrifugación y obtuvo como resultado lo siguiente: Se aislaron las siguientes enterobacterias: *Escherichia coli* en muestras de cilantro (67%), rábano (56%), apio (22%), lechuga (22%), y *Salmonella sp.* en el 10% de rábanos y lechugas, respectivamente. Así mismo, se identificaron huevos de *Ascaris lumbricoides* y quistes de *Endolimax nana* y de *Giardia intestinalis*. Las muestras de pepino y zanahoria fueron las únicas hortalizas que no presentaron contaminación por bacterias ni parásitos.

Llegando así a la conclusión, que existe una alta contaminación fecal de muestras de hortalizas por *E. coli* y *Salmonella sp.*, por huevos y quistes de parásitos intestinales, lo que puede relacionarse con deficientes prácticas agrícolas y de higiene en el cultivo, recolección, transportación y comercialización de las hortalizas investigadas, cuyo consumo representan un riesgo para la salud.

Polo (2014) *Determinación de enteroparásitos en lechuga (Lactuca sativa) en Fincas dedicadas a su producción en el municipio de San Juan de Pasto-Nariño.* Para obtener el grado de médico veterinario, Facultad de ciencias pecuarias, programa de medicina veterinaria, Universidad de Nariño.

El objetivo de la investigación fue determinar la presencia o ausencia de enteroparásitos en la lechuga (*Lactuca sativa*) cultivada en los predios rurales de municipio de San Juan de Pasto. Se realizó un estudio transversal doble ciego de tipo descriptivo. La muestra fue conformada por 21 predios, en un periodo de seis meses en el año 2013.

Conclusiones: Los horticultores en la zona rural de Pasto, realizan rotación de cultivos y generalmente trabajan lotes dentro de una hectárea y en algunos casos supera la medida de la hectárea para el cultivo.

La lechuga por ser una hortaliza que está a nivel del suelo tiene más probabilidad de contaminación parasitaria.

Los niveles de contaminación parasitaria hallados en las muestras de lechuga representan un claro riesgo a la salud pública.

Los parásitos encontrados provienen de fuentes animales y humanas como sus principales reservorios y otros están presentes en el medio ambiente.

Se determinó que la lechuga puede actuar como un vector de parásitos desde el momento de la producción y que estos pueden llegar finalmente al consumidor.

El desconocimiento de la seguridad sanitaria en los alimentos, la falta de recursos económicos y la desidia hacia el productor hace que los agentes parasitarios contaminen las hortalizas con más facilidad.

El mal manejo de aguas residuales o la contaminación de fuentes hídricas con heces fecales de animales o humanas influyen de forma directa en la presencia de enteroparasitos en la lechuga.

Canassa C., De Camargo D., Fontoura S. (2007) *Evaluación parasitológica en lechugas (Lactuca sativa) comercializadas en restaurantes Self-Service por kilo, de la ciudad de Curitiba, Paraná, Brasil.*

El objetivo del presente estudio fue evaluar la posible presencia de enteroparásitas en lechugas (*Lactuca sativa*) de la clase crespa servidas en restaurantes self-service por kilo de la ciudad de Curitiba, Paraná, a fin de analizar la seguridad alimentaria en el momento del consumo de esta hortaliza.

Fueron analizadas 50 muestras, por el método de sedimentación espontánea de Hoffman, Pons & Janer (1934) siendo lo sedimento resultante analizado en microscopio binocular. De entre todas las lechugas analizadas, 10% (5 muestras) se presentaron contaminadas por estructuras parasitarias. Los parásitos encontrados fueron: *Iodamoeba butschlii* (4%), *Entamoeba histolytica* (2%), *Fasciola hepática* (2%) y *Trichocephalus trichiurus* (2%), siendo la mayoría de peso en relación a la salud pública por presentar Patogenicidad al hombre. Estos resultados indican que las lechugas provenientes de restaurantes pueden presentar patrón de calidad higiénico-sanitaria inadecuado lo que destaca la necesidad de mayor orientación a los productores y manipuladores en

cuanto a la correcta manipulación e higienización de las hortalizas, reduciendo, de esta forma, enfermedades parasitarias vinculadas por alimentos.

Los resultados del estudio muestran que las condiciones higiénico-sanitarias de las lechugas (*Lactuca sativa*) servida en restaurantes self-service en Curitiba son buenas.

Los resultados del estudio muestran que las condiciones higiénico-sanitarias de las lechugas (*Lactuca sativa*) en relación a la presencia de huevos o cistos de enteroparásitos, toda vez que en 90% de las muestras no fueron encontradas estas estructuras

Por otro lado, 10% de las muestras analizadas si presentaron estar contaminadas y en desacuerdo con la legislación vigente trayendo riesgo a la salud de los frequentadores de estos restaurantes. En estos locales, hay necesidad de un repaso de los procedimientos de selección lavado e higienización de las lechugas (*Lactuca sativa*) servidas, pues la correcta higienización de las hortalizas, anteriormente al consumo, puede presentar relevancia considerable en el sentido de minimizar los riesgos de transmisión de enteroparásitosis, una vez que el lavado simple no reduce la contaminación por completo.

Es también relevante una mayor orientación a los horticultores y manipuladores en cuanto a la importancia de la correcta higienización y manipulación, siendo viable la obligatoriedad de la realización del examen coproparasitológico en la emisión y renovación de la bolsa de salud de los

manipuladores de alimentos. El fortalecimiento en la fiscalización de hortalizas productoras por la Vigilancia Sanitaria, así como en los restaurantes self-service podrían también contribuir para mayor seguridad alimentaria en el momento del consumo de esta hortaliza.

Devera R., Blanco Y., González H., García L. (2006), “*Parásitos intestinales en lechugas comercializadas en mercados populares y supermercados de Ciudad Bolívar, Estado Bolívar, Venezuela*”. Revista de la Sociedad Venezolana de Microbiología [en línea] 2006, 26 (Julio-Diciembre).

El objetivo de este estudio fue evaluar la contaminación por enteroparásitos en lechugas (*Lactuca sativa*) comercializadas en Ciudad Bolívar, estado Bolívar, Venezuela. Fueron estudiadas 102 muestras de lechugas de los tipos criolla, romana y americana procedentes de cuatro lugares: dos supermercados (sitios I y II), una feria libre (sitio III) y un mercado popular (sitio IV). Cada lechuga obtenida fue sometida a dos lavados consecutivos con agua destilada estéril, filtración y sedimentación espontánea por 24 horas; el sedimento se sometió a examen microscópico. Otra porción del sedimento se analizó mediante la técnica de formol éter y finalmente se realizó coloración de Kinyoun. El 53,9% de las muestras presentaron estructuras compatibles con parásitos de humanos. Los parásitos identificados con mayor frecuencia fueron *Blastocystis hominis* (21,6%), coccidios intestinales (16,7%) y

Strongyloides stercoralis (15,7%). No hubo diferencias significativas entre la presencia de formas parasitarias y el tipo de lechuga y lugar de comercialización.

Se concluye que el elevado porcentaje de contaminación determina un riesgo de infección entre los consumidores de lechuga en Ciudad Bolívar. Se sugiere aumentar la vigilancia sanitaria de este vegetal antes de ser ofrecido a la población.

Contreras, (2012). Realizó el *Estudio de la contaminación por enteroparásitos de importancia en salud pública en hortalizas expendidas en los mercados del mercado de Tacna*, para optar el Título Profesional de Médico Veterinario y Zootecnista de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann – Tacna. Utilizó los métodos de sedimentación, observación directa y técnica de coloración ZiehlNeelsen modificado para estudiar 522 muestras. El trabajo de investigación se realizó en los mercados del mercado de Tacna, cuyo objetivo fue evaluar la contaminación de hortalizas por enteroparásitos expendidos en los mercados del mercado de Tacna.

Concluyendo lo siguiente: El 21,26% de las hortalizas expendidas en los mercados del mercado de Tacna están contaminados por enteroparásitos. Se han encontrado las siguientes especies de enteroparásitos *Isospora sp.* (17,06%) seguido de *Cryptosporidium parvum* (2,48%) y *Giardia sp.* (1,71%). Según mercados la contaminación

de las hortalizas por enteroparásitos es ligeramente mayor en la lechuga con 6,13% y rabanito 5,55%, con respecto a la espinaca con 4,98% y repollo con 4,59%; mientras que el mercado más contaminado es el mercado Grau 12,84% seguido del mercado Central con 3,07% y el mercado Dos de Mayo con 2,86%.

Aller, Otero, Garzón y Morán (1999) realizaron la investigación de la *“Utilización de biosólidos en la agricultura”* trabajo presentado a la fundación MAPFRE, cuyo objetivo fue conocer las posibles repercusiones sobre el cultivo y a nivel edáfico que presenta la utilización de lodos (biosólidos) procedentes de una depuradora de aguas residuales urbanas y de una industria agroalimentaria, utilizando como método experimental la aplicación de lodos a parcelas de trigo, cultivo de cereales (trigo y cebada) en macetas, cultivo en macetas de rye-grass y plantas ornamentales (amarantos y violetas), obteniendo como resultado satisfactorio ya que se desarrollaron las plantas, y no se detectaron mayor nivel de metales pesados en suelos o en distintas partes de las plantas que se analizaron.

Dando, así como conclusión final que la aplicación racional de lodos en la agricultura, siempre que éstos no presenten ningún problema debido a una alta concentración de metales pesados, aumentará la producción y/o vigor, sin que esto lleve consigo un aumento de metales pesados en las plantas o en el suelo.

Tananta I. (2002). *Presencia de enteroparasitos en lechuga (Lactuca sativa) en establecimiento de consumo público de alimentos del distrito de cercado de Lima (tesis de pregrado). Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Perú.* El objetivo del estudio fue la determinación del grado de contaminación a causa de enteroparasitos en verduras crudas que se brindan en lugares públicos de consumo en el distrito de Cercado de Lima. Se escogieron de manera aleatoria 105 lechugas como muestra de distintos establecimientos cercas a la zona donde se realizó el estudio. Las lechugas (muestras) fueron trabajadas por la técnica Ziehl Neelsen (coloración), en la cual se encontró un porcentaje de $12.38 \pm \%$ de contaminación de enteroparásitos.

2.2 Base Científica

2.2.1 Lechuga:

(Osorio & Lobo, 1983; Díaz et al., 1995; Valadez, 1997), define: es una planta herbácea anual, dicotiledónea, autógena, perteneciente a la familia Compositae, cuyo nombre botánico es *Lactuca sativa* y está ampliamente relacionada con la lechuga silvestre *Lactuca serriola*; cuando joven contiene en sus tejidos un jugo lechoso llamado látex, cuya cantidad disminuye con la edad de la planta.

Origen: Sergio Fajardo (2016) en la impresión del Modelo Tecnológico para la Lechuga bajo buenas prácticas agrícolas en el Oriente Antioqueño, relata que el origen de la lechuga es bastante antiguo; existen pinturas que representan esta hortaliza en una tumba de Egipto

que data del año 4500 antes de Cristo (Valadez, 1997). Es originaria de Asia Menor, de la costa sur del Mediterráneo, y fue domesticada, probablemente, en Egipto. Algunos autores creen que procede de la India (Vallejo & Estrada, 2004). De Egipto pasó a Grecia y es mencionada en escritos de Sócrates (450 a. C.), Aristóteles (356 a. C.), Teofrasto (332 a. C.) y Dioscorides (60 a. C.) (Granval & Graviola, 1991).

Importancia: Colmenares (2015), menciona en su blog que el cultivo de lechuga, contribuye al tema de salud manteniendo los niveles de azúcar en la sangre, ayuda a combatir la inflamación y en la reducción del riesgo de contraer enfermedades cardíacas, etc. Por ello menciona los 10 principales beneficios de la lechuga para la salud.

1. **Nutrición:** La lechuga por lo general se consume cruda, siendo el aporte de micronutrientes mucho mayor en comparación con vegetales que pasan por proceso de cocción. Se debe considerar realizar un lavado de la lechuga antes de ser consumida, para evitar presencia de químicos y bacterias.
2. **Buena para el corazón:** Se considera a la lechuga, específicamente la romana, como uno de los vegetales más saludables, debido a su gran contenido de vitamina C y beta-caroteno, los cuales ayudan en la reducción de la presión sanguínea. En general ayuda a minimizar el riesgo de contraer enfermedades cardíacas.

3. Ayuda a la pérdida de peso: Las elevadas concentraciones de fibra que se encuentran en las lechugas contribuyen a una digestión saludable y a perder peso. Asimismo, te reduce el apetito y prolonga la sensación de saciedad.
4. Bajo en calorías: un tazón de lechuga picada aproximadamente contiene 5 calorías y cero en grasa. Es por esto que la lechuga es el snack ideal cada vez que sientas hambre.
5. Combate el insomnio: Un bol pequeño de lechuga ayuda a combatir el insomnio con más facilidad, esto debido a su contenido de niacina, mejorando así la calidad de sueño.
6. Fuente de proteínas: Permite sanar daños del tejido muscular, como también combatir inflamaciones. Las personas pueden aumentar los niveles de proteína cuando mezclan la lechuga con algunas legumbres, carnes y derivados de lácteos.
7. Reducir el índice glucémico: Este índice mide el impacto de hidratos de carbono en los niveles de azúcar o en la sangre de las personas. Si el índice glucémico es bajo, entonces se reduce totalmente el riesgo de contraer o desarrollar diabetes tipo II y otro tipo de enfermedades.
8. Vegetal rico para las personas: La lechuga tiene alto contenido de agua, que lo convierte en verduras preferidas para las ensaladas, además de frescos.

9. Cuenta con omega 3: La lechuga cuenta con altas concentraciones de omega 6 y omega 3, que permite ayudar a combatir ciertas enfermedades como el alzheimer, asma y otros.
10. Alto Contenido alcalino: Los minerales presentes en la lechuga eliminan toxinas del organismo, ayudan a la memoria, limpian poros y suministran energía.

Valor Nutricional: Ministerio de Salud del Perú (2009) en su publicación en las Tablas Peruanas de Composición de Alimentos por el Centro Nacional de Alimentación y Nutrición Instituto Nacional de Salud.

TABLA N° 2: Valor nutricional de la *Lactuca sativa* de 100g

| | Lechuga americana | Lechuga Larga | Lechuga Redonda |
|--------------------------------------|-------------------|---------------|-----------------|
| Energía (kcal) | 11 | 19 | 12 |
| Energía (kJ) | 46 | 79 | 50 |
| Agua (g) | 96,6 | 93,4 | 95,7 |
| Proteínas (g) | 0,6 | 1,5 | 1,3 |
| Grasa Total (g) | 0,1 | 0,2 | 0,2 |
| Carbohidratos Totales (g) | 2,4 | 3,9 | 2,1 |
| Carbohidratos disponibles (g) | 1,2 | 1,8 | 0,8 |
| Fibra cruda (g) | 0,7 | 1,0 | 0,8 |
| Fibra dietaria (g) | 1,2 | 2,1 | 1,3 |
| Cenizas (g) | 0,3 | 1,0 | 0,7 |
| Calcio (mg) | 52 | 64 | 47 |
| Fósforo (mg) | 20 | 63 | 49 |
| Zinc (mg) | 0,15 | 0,23 | 0,18 |
| Hierro (mg) | 0,10 | 1,60 | 1,00 |
| Retinol (µg) | 6,00 | 120,00 | 63,00 |
| Vitamina A equivalentes totales (µg) | 25,00 | 290,00 | 370,00 |
| Tiamina (mg) | 0,02 | 0,06 | 0,06 |
| Riboflavina (mg) | 0,06 | 0,08 | 0,05 |
| Niacina (mg) | 0,13 | 0,52 | 0,48 |
| Vitamina C (mg) | 1,50 | 14,50 | 7,40 |

Fuente: Ministerio de Salud del Perú (2009)

Clasificación taxonómica: Mallar. (1978). *Introducción de cinco variedades de lechuga (Lactuca sativa L.) en el barrio Santa Fe de la parroquia Atahualpa en el Cantón Ambato* (tesis de pregrado), Universidad Técnica de Ambato, Ecuador. Nos indica que la clasificación de la lechuga se presenta de la siguiente manera:

- Reino : Vegetal
- División : Spermatophyta
- Clase : Dicotiledónea
- Orden : Sinandrales
- Familia : Compositaceae
- Especie : Sativa
- Género : Lactucae
- Nombre común : Lechuga
- Nombre científico : *Lactuca sativa L.*

Sistema radicular: Sergio Fajardo (2016) en la impresión del Modelo Tecnológico para la Lechuga bajo buenas prácticas agrícolas en el Oriente Antioqueño menciona a Granval & Graviola (1991), Valadez (1997), Alzate & Loaiza (2008). La raíz principal es pivotante, corta, puede llegar a penetrar hasta 30 cm de profundidad, con pequeñas ramificaciones; crece muy rápido, con abundante látex, tiene numerosas raíces laterales de absorción, las cuales se desarrollan en la capa superficial del suelo con una profundidad de 5 a 30 cm.

Tallos: Sergio Fajardo (2016) en la impresión del Modelo Tecnológico para la Lechuga bajo buenas prácticas agrícolas en el Oriente Antioqueño subscribe que Valadez (1997). El tallo es pequeño, muy corto, cilíndrico y no se ramifica cuando la planta está en el estado óptimo de cosecha; sin embargo, cuando finaliza la etapa comercial, el tallo se alarga hasta 1,2 m

de longitud, con ramificación del extremo y presencia, en cada punta, de las ramillas terminales de una inflorescencia.

Hojas: Rubio. (2000 Mallar. (1978). *Introducción de cinco variedades de lechuga (Lactuca sativa L.) en el barrio Santa Fe de la parroquia Atahualpa en el Cantón Ambato* (tesis de pregrado), Universidad Técnica de Ambato, Ecuador. Nos indica que las hojas de las lechugas se encuentran colocadas en forma de roseta. En el caso de los bordes de los limbos, estos pueden presentarse en tres tipos: liso, ondulado o aserrado.

Semilla: Granval & Graviola (1991); Valadez (1997), el fruto es un aquenio típico y la semilla es exalbuminosa, picuda y plana, la cual botánicamente es un fruto. Osorio & Lobo (1983); tiene forma aovada, achatada, con tres a cinco costillas en cada cara, de color blanco, amarillo, marrón o negro, mide de 2 a 5 mm. En su base se encuentra el vilano o papus plumoso, que facilita la diseminación por el viento; este se desprende fácilmente, con lo cual el aquenio de la semilla queda limpio.

Condiciones de desarrollo:

Suelo; Maroto (1983), señala que, aunque la lechuga vegeta bien en suelos diversos, le conviene sobre todo los terrenos francos y frescos, que no retengan la humedad excesivamente y con alto contenido de materia orgánica, su límite óptimo de pH se cifra de 6,8 y 7,4 no resiste la acidez del suelo y se adapta a terrenos ligeramente alcalinos.

Materia Orgánica para el cultivo de Lechuga: Fersini (1974); La lechuga exige un terreno rico en materia orgánica y bien descompuesta, los terrenos oscuros, con sustancias fosfóricas y potásicas, provocan que las lechugas se repollen mal, cuya cabeza carecerá de estabilidad y de fuerza lo que ocasionará la apertura de las hojas. Los suelos con alto contenido de materia orgánica según Cásseres (1980) son los mejores. El sistema radicular de la lechuga no es muy extenso y por eso los suelos que retienen bien la humedad, pero a la vez son bien drenados, son los más apropiados. El pH más apropiado es el de 5,2 a 5,8 en suelos orgánicos y de 5,5 a 6,7 en suelo de origen mineral, pero la lechuga no se da bien en suelos minerales muy ácidos.

Clima para el cultivo de Lechuga: Infoagro (2010), la lechuga es un cultivo de clima fresco. Debe ser plantada a inicios de primavera o finales de verano. En altas temperaturas, se impide el crecimiento, las hojas pueden ser amargas y se forma el tallo donde se producen flores, el cual se alarga rápidamente. Fenómeno indeseable llamado "espigado". Durante el verano las lechugas espigan muy rápido si no se tiene cura de ellas. Algunos tipos y variedades de lechuga soportan el calor mejor que otras.

Agua para el cultivo de Lechuga: Havercort (1982), señala que las lechugas requieren de dos riegos semanales como mínimo. Riegos ligeros frecuentes causan que las hojas desarrollen

rápidamente. Exceso de riego, especialmente en suelos pesados, puede producir enfermedades, crecimiento lento y escaldaduras o quemaduras de los bordes de las hojas.

Manejo del cultivo: Selección de la plántula según FINTRAC (2008), para un sano y vigoroso crecimiento, las plantas de lechuga necesitarán desarrollarse en una zona soleada o de semi-sombra. La temperatura ideal para ellas es un clima fresco, pero hay variedades que consiguen adaptarse bien a temperaturas más elevadas siempre que dispongan de adecuada humedad.

Época de siembra: Fundagro (1991), expresa que la lechuga se siembra durante todo el año; Asimismo, las zonas tropicales y subtropicales se inclinan más por la producción de lechuga de cabeza debido a sus condiciones de temperatura. La lechuga es una hortaliza típicamente de trasplante, aunque también se siembra de forma directa. Al practicar la siembra directa deben hacerse aclareos y las plantas sacadas pueden trasplantarse. Cuando se realice siembra directa se recomienda utilizar de 2 a 3 kg de semilla/ha, aunque actualmente ya existen en el mercado semillas peletizadas, las cuales rinden a razón de 1 kg/ha.

Distancias y densidades: Infoagro (2010), cita que en lo que se refiere a siembra indirecta o de trasplante, que es lo más utilizado comercialmente, si se realiza a campo abierto se recomienda la distribución de las plantas entre planta y planta de 20 a 30 cm.

Fertilización y abonadura: Maroto (1983), recomienda para la lechuga fertilizar el suelo incorporando nitrógeno en dosis de 120 kg/ha, fósforo en dosis de 50 kg/ha y potasio, 150 kg/ha. El nitrógeno en fracción: el 50% de la dosis junto con el fósforo y el potasio y los otros 50% de la dosis 30 días después del trasplante. Mientras que la aplicación de materia orgánica es de 20 Tm/ha antes del trasplante.

Cásseres (1980), asegura que los promedios de requerimiento del cultivo en condiciones normales son: nitrógeno 90 kg/ha, P₂O₅ 35 kg/ha y K₂O 160 kg/ha. Mientras que Mallar (1978), indica que las lechugas de cabeza absorben como promedio de 95 kg de nitrógeno, 27 kg de ácido fosfórico; la lechuga responde de forma satisfactoria a las aplicaciones de fósforo, produciendo un aumento de rendimiento, mejorando la calidad y reducción del ciclo; y, 208 kg de potasio por hectárea, manifestando también que el 70% del total de los nutrientes es absorbido por la planta durante los 21 días anteriores a la cosecha.

Además, Cásseres (1980), manifiesta que el 60- 65% de todos los nutrientes son absorbidos en el periodo de formación del cogollo, estos nutrientes se deben suspender al menos una semana antes de la recolección. El aporte de estiércol en el cultivo de lechuga se realiza a razón de 30 Tm/ha, cuando se trata de un cultivo principal desarrollando de forma independiente de otros. La lechuga es una

planta exigente en abonado potásico, debiendo cuidar los aportes de este elemento, especialmente en épocas de bajas temperaturas; y al consumir más potasio va a absorber más magnesio, por lo que abra que tenerlo en cuenta en la hora de equilibrar esta posible carencia.

Sin embargo, hay que evitar los excesos de abonado, especialmente el nitrogenado, con objeto de prevenir posibles toxicidades por exceso de sales y conseguir una buena calidad de hoja y una adecuada formación de los cogollos. También se trata de un cultivo bastante exigente en molibdeno durante las primeras fases de desarrollo, por lo que resulta conveniente la aplicación de este elemento vía foliar, tanto de forma preventiva como para la corrección de posibles carencias.

Riego para el cultivo: FINTRAC (2008), cita que las lechugas requieren de dos riegos semanales como mínimo. Riegos ligeros frecuentes causan que las hojas desarrollen rápidamente. Exceso de riego, especialmente en suelos pesados, puede producir enfermedades, crecimiento lento y escaldaduras o quemaduras de los bordes de las hojas.

Rascadillo: Oyarzum et al (2002), señalan que consiste en remover el suelo, lograr el control oportuno de malezas y permitir que el suelo se aire. Esta labor se hace a los 30 o 35 días después de la siembra cuando las plantas tienen de 10 a 15 cm de altura.

Se puede realizar en forma manual con azadón o en forma mecánica con un tiller.

Plagas: Verónica Cañedo, Armando Alfaro y Jürgen Kroschel (2011); realizaron el Manejo Integrado de Plagas de insectos en hortalizas, siendo los siguientes:

Pulgones: Las *Myzus persicae* y *Macrosiphum euphorbiae*; las ninfas y los adultos succionan la savia ocasionando deformación de los tejidos infestados, reduciendo el crecimiento y pudiendo ocasionar la muerte. Con los restos de los insectos muertos y mudas contaminan las lechugas además de poder transmitir virus. El control de esta plaga se basa exclusivamente en el uso de insecticidas fosforados (dimetoato, metamidofos) y piretroides. Cuando no se realizan aplicaciones de insecticidas, las poblaciones de su parasitoide *Diaeretiella rapae* se incrementan.

Las cigarritas (*Paratanus sp.*, *Empoasca sp.*) y los **mosquitos** o sítidos (*Russelliana solanicola*): cobran importancia en el cultivo de zanahoria por ser un probable transmisor de enfermedades como la punta morada. Una plaga que no está constituida por insectos son las babosas, moluscos que se alimentan de diferentes partes de las hortalizas y que viven en ambientes muy húmedos. Atacan una amplia variedad de plantas como acelga, apio, coliflor, lechuga, repollo, entre otras. El daño lo producen los adultos y los estados juveniles, al alimentarse de las plantas, principalmente de noche y

en días nublados y lluviosos. Los agricultores aplican insecticidas fosforados para su control.

Trips (*Thrips tabaci*). Maroto (1983). El adulto de *Frankliniella occidentalis* mide 1,5 mm de longitud, es alargado. Es una plaga dañina, más que por el efecto directo de sus picaduras, por transmitir a la planta el virus del Bronceado del Tomate (TSWV). La presencia de este virus en las plantas empieza por provocar grandes necrosis foliares y mueren.

Minadores (*Liriomyza trifolii* y *Liriomyza huidobrensis*). Forman galerías en las hojas y si el ataque de la plaga es muy fuerte la planta queda debilitada. Dar un tratamiento cuando se vean las primeras galerías.

Mosca blanca (*Trialeurodes vaporariorum*). Maroto (1983). Produce un debilitamiento general de la planta picando y absorbiendo los jugos fotosintéticos.

Gusano de alambre (*Agriotes lineatus*). Maroto (1983). Estos gusanos viven en el suelo y producen daños graves al comer raíces. Además, son puerta de entrada de enfermedades producidas por hongos del suelo. Conviene tratar al suelo antes de sembrar.

Gusano gris. Maroto (1983). Esta oruga produce daños seccionando por el cuello a las plantas más jóvenes y quedan tronchadas. Escarba al pie de las plantas para descubrirlos.

Mosca del cuello. Maroto (1983). Son las larvas de dípteros que atacan a la lechuga depreciando su valor comercial. Se combatirá este problema con los EM (microorganismos efectivos). Caracoles y babosas. Muerden las hojas estropeando la cosecha. Gorriones. Semilleros picoteados. Les encantan las semillas. Cubre las bandejas con una malla hasta que germinen. Los pájaros pueden atacar también a los plantones.

Agromática Web (2014), menciona las siguientes enfermedades:

Alternaria, es una enfermedad que se da a causa de un hongo, esta se detecta por la presencia de leves manchas oscuras en las hojas. Por lo general se desarrolla en condiciones que presenten humedad elevada.

Antracnosis, Normalmente aparece encima de las hojas más viejas, se presenta sobre todo por el nervio central, peciolo y limbo. Se presentan como manchas leves, con un color amarillento acompañado de un margen rojizo. Con el pasar de los días el color rojizo ingresa al interior, necrosando la mancha.

Oídio, se trata de una enfermedad producida por hongos, bastante conocido y no solo es exclusivo de las lechugas. Se desarrolla en el haz y en el envés de la hoja, cubriendo así las hojas externas de un micelio color blanco. Normalmente aparece en climas de poca humedad y cuando no hay lluvia.

Podredumbre gris, este tipo de hongo aparece en cualquier momento de la fase vegetativa en el cultivo de la lechuga. Por lo general sucede cuando tenemos entornos de excesiva humedad, por lo que se debe tener bastante cuidado con el control de riego. El acondicionamiento de aire debe realizarse con una buena técnica para evitar la propagación de la presente enfermedad. La enfermedad inicia en la base de la lechuga, aunque también es usual que se presente en las hojas que tienen heridas o algún tipo de problemas.

Septoria, genera manchas en la parte inferior de la hoja. Este aparece cuando se encuentran en zonas con excesiva humedad o en lluvias prolongadas. Las manchas que aparecen de forma irregular y son cloróticas pequeñas.

Esclerotinia, Esta enfermedad genera la aparición de podredumbres de color blanco y textura blanda sobre las hojas. El inicio de la infección se da en la parte basal de la planta y se prolonga con el tiempo. Se sugiere aplicar técnicas de saneado (ejemplo solarización) ya que este hongo puede permanecer en el suelo hasta 5 años.

Tipos y Variedades: Ernestor Casseres en su libro Producción de hortalizas (1966), clasifica en tres tipos principales de los cuales se pueden colocar todas las variedades comerciales: de cabeza, de hoja suelta y cos. Las lechugas que forman cabezas, que en

muchos países son llamadas “lechugas arrepolladas”, son las que figuran con más frecuencia en el comercio. Las de hoja suelta no forman cabezas y sus manojos de hojas son útiles en los huertos porque permiten aprovechar algunas hojas.

TABLA N° 3: Tipos y variedades de la lechuga

| TIPO | DESCRIPCIÓN | VARIEDAD REPRESENTATIVA |
|----------------|---|---|
| De cabeza | Cabeza dura Cabeza suave Cabeza suave semiabierta | Great Lakes White Boston Salad Bowl, Bibb |
| De hoja suelta | Hojas ásperas o rústicas Hojas suaves | Grand Rapids Simpson |
| Cos o romana | Manejo de hojas semicerrado | White Paris |

Fuente: Ernest Casseres (1966)

2.2.2 Contaminación:

Pérez J. y Merino M. (2008) El término contaminación proviene del *contaminatio* (latín) y se refiere a la acción y efecto de contaminar (verbo). Este término es usado para denotar la alteración nociva de algo en estado puro o de algo en condiciones normales a causa de agentes químicos o físicos.

Las aguas residuales presentan una gran variedad de microorganismos, entre los cuales vamos a encontrar a los helmintos, que son los causantes de varias enfermedades al llegar a través del agua. El regado de hortalizas con agua sin previo tratamiento, o el abonado de

cultivos con lodos residuales no tratados, a través del tiempo ha llevado a una pérdida considerable en la calidad de los productos, teniendo como consecuencia la exclusión de los mercados a nivel regional, nacional e internación.

Según las condiciones de desarrollo de la Lechuga, esto crece a nivel del suelo por tener tallo corto, por tal motivo es expuesta a los microorganismos del abono como de los cambios climáticos, siendo un motivo principal para mencionar que es una herbácea delicada y expuesta a diferentes tipos de contaminación.

2.2.3 helmintos:

Conjunto de gusanos invertebrados que lo único común que comparten es que son parásitos del hombre. Sin embargo, que los gusanos adultos son alargados, macroscópicos y con simetría bilateral. Estos no poseen extremidades y afectan a miles de millones de seres humanos. El tamaño que presentan estos gusanos se puede encontrar entre milímetros y metros, según la especie.

Estos gusanos se dividen en los siguientes dos grupos:

- *Platelmintos* o gusanos planos.
- *Nematodos* o gusanos redondos.

Tipos de Helmintos

Jawetz, Melnick y Adelberb, (2010), Microbiología Médica p. 668-669. Los helmintos parásitos o gusanos de seres humanos pertenecen a

dos tipos: **nematodos** o vermes redondos, y **platelmintos** o vermes planos.

Los nematodos constituyen un tipo de organismos con muchas especies y que afectan animales diversos. Su aspecto es alargado y ahusado en ambos extremos; en el corte transversal son redondos y no segmentados. Poseen sólo un conjunto de músculos longitudinales que les permiten desplazarse de manera penetrante “como un látigo”; un aparato digestivo completo adaptado de modo apropiado para la ingestión del contenido intestinal, las células, la sangre o productos de degradación celular del hospedador, y un aparato reproductor muy desarrollado diferenciado en sexos. De ellos se desprenden sus cutículas resistentes (descamación o muda) al pasar de larvas a formas adultas y los huevos y las larvas están perfectamente adaptados para sobrevivir en el entorno externo. Los humanos adquieren las infecciones por estos parásitos por la ingestión de huevos o larvas, pero las infecciones por nematodos también se producen por la participación de insectos vectores y penetración de la piel.

Los platelmintos son gusanos o vermes aplanados dorsoventralmente en el corte transversal, y son hermafroditas, con pocas excepciones. Todas las especies de importancia en medicina pertenecen a dos clases: **trematodos (duelas)** y **cestodos (tenias)**.

Los trematodos, en forma típica, son aplanados y su aspecto es foliáceo con dos ventosas musculares. Poseen un intestino bifurcado y

músculos circulares y longitudinales; no tienen la cutícula que es característica de los nematodos y en vez de ella tienen un epitelio sincitial. Son hermafroditas, con excepción de los esquistosomas o duelas hemáticas, que tienen vermes macho y hembra que coexisten acoplados dentro de los vasos finos de sus hospedadores.

Los cestodos, o vermes planos, tienen tal característica y poseen una serie de segmentos acintados (proglótides), que contienen las estructuras reproductivas masculina y femenina.

Los cestodos adultos pueden llegar a tener 10 metros de longitud y cientos de segmentos, y cada segmento liberará miles de huevos. En el extremo anterior de un cestodo adulto está el escólex, que suele poseer ventosas musculares, ganchos o estructuras que facilitan su capacidad de fijarse a la pared intestinal. Los cestodos adultos no poseen boca ni intestino y absorben los nutrientes de manera directa de su hospedador a través de su integumento.

Transmisión de Huevos de Helmintos

Organización Mundial de la Salud, (2016). La transmisión de los helmintos por el suelo es ocasionada por los huevos eliminados a través de las heces de las personas infectadas. Los gusanos adultos viven en el intestino, donde producen miles de huevos cada día. En las zonas que carecen de sistemas adecuados de saneamiento, esos huevos contaminan el suelo, lo que puede ocurrir por distintas vías:

- A través de hortalizas insuficientemente cocidas, lavadas o peladas.
- A partir de fuentes de agua contaminadas.

En el caso de los niños, al jugar en el suelo contaminado y llevarse las manos a la boca sin lavárselas.

Además, los huevos de helminto se desarrollan en el suelo y liberan larvas que maduran hasta transformarse en una forma que puede penetrar de forma activa en la piel. La infección se produce principalmente por caminar descalzo sobre suelo contaminado.

No hay transmisión directa de persona a persona, ni infección a partir de heces frescas, porque los huevos expulsados por las heces necesitan alrededor de tres semanas para madurar en el suelo antes de hacerse infecciosos. Como estos gusanos no se multiplican en el huésped humano, solo hay reinfección en caso de contacto con las formas infectivas presentes en el medio.

Patogenicidad por Huevos de Helmintos

Jawetz, Melnick y Adelberb, (2010), Microbiología Médica p. 683-693. Muchas de las helmintosis intestinales son benignas, excepto cuando el número de vermes es grande, y el de las formas adultas en el intestino llega a sumar cientos. En las infecciones del intestino por vermes, dicho órgano suele tener la forma adulta del parásito, excepto *Strongyloides*, *Trichinella* y *Taenia solium*, que además de estar en la

forma adulta en ese órgano, también incluye larvas que migran a través de diversos tejidos.

Se ha calculado que a nivel mundial 1 500 millones de personas están infectadas por *Ascaris lumbricoides*, el verme redondo gigante de los seres humanos; mil trescientos millones están infectadas por *Uncinaria* o *Anquilostomas* (*Ancylostoma duodenale* o *Necator americanus*), y 800 millones están infectadas por tricuros (*Trichuris trichiura*).

Casi todas las infecciones por nematodos se contagian por la vía fecal-oral, y contribuyen a la transmisión comportamientos irregulares, así como deficiencias de sanidad e higiene. En el caso de las tres infecciones intestinales más frecuentes (por oxiuros, anquilostomas y áscaris) los huevos necesitan ser incubados en la tierra varios días o semanas en climas cálidos tropicales.

La costumbre de consumir alimentos crudos o poco cocidos contribuye a muchas de las infecciones por trematodos y cestodos; ellas se adquieren por la ingestión de hospedadores intermedios mal cocidos, que incluyen hortalizas, peces, carnes de res y de cerdo. La cocción y la congelación perfectas destruyen los parásitos y con ello evitan infecciones transmitidas por alimentos.

Las infecciones intestinales que fueron causadas por la contaminación de cultivo de lechugas con aguas residuales no tratadas. Entre las más comunes se puede mencionar a la lombriz estomacal

“Ascaris Lumbricoides”, “taena solitaria”, la lombriz intestinal “Ancylostoma duodenale” y el “Necator americanus”.

Las etapas realmente infecciosas las encontramos en la etapa adulta de los helmintos (estado de larva) y en algunos lo encontramos en la etapa de huevo.

Ascaris Lumbricoides: Los áscaris adultos tienen gran tamaño: las hembras miden 20 a 50 cm de largo y los machos, 15 a 30 cm. Las personas se infestan después de ingerir los huevos: las larvas nacen en el duodeno, penetran su mucosa, migran hasta llegar al sistema circulatorio, se alojan en los capilares pulmonares y penetran en los alvéolos y de ahí migran desde los bronquiólos a la tráquea y la faringe; son deglutidas y vuelven al intestino y maduran hasta la forma adulta. Después de aparearse las hembras liberan 200 000 huevos al día que son expulsados por las heces. Los huevos son infectantes después de estar un mes, aproximadamente en la tierra y conservan tal característica durante varios meses.

Los vermes adultos, si se concentran en gran número, pueden ocasionar obstrucción mecánica del intestino y de los conductos biliares y pancreáticos. Los parásitos tienden a migrar si la persona recibe anestésicos y corticoesteroides y pueden surgir perforación intestinal y peritonitis, expulsión de los parásitos, vómito y dolor abdominal. Las larvas, al migrar a través de los pulmones inducen una respuesta inflamatoria (neumonitis), en particular después de la segunda infección,

lo cual culmina en espasmo bronquial, producción de moco y síndrome de Loeffler (tos, eosinofilia e infiltrados en pulmones).

Ancylostoma Duodenale y Necator americanus: Las uncinarias hembra tienen unos 10 mm de longitud; los machos son poco menores y poseen como una característica taxonómica una bolsa copulatoria (extremo posterior ensanchado), que usan para aparearse con las hembras. Ellas liberan más de 10 000 huevos al día en las heces, y de cada huevo es expulsada una larva en cuestión de 24 a 48 h. Las larvas sobreviven en suelo húmedo durante varias semanas y esperan el paso de una persona descalza y descuidada; penetran en la piel del hospedador y migran en el cuerpo en forma similar a como lo hace *Ascaris*, para terminar en el intestino delgado en donde maduran hasta la forma de parásitos adultos.

En el intestino, los parásitos adultos se fijan a las vellosidades con su aparato bucal y succionan sangre y tejidos con el auxilio de una sustancia anticoagulante.

Unos cuantos cientos de parásitos en el intestino originan uncinariosis que se caracteriza por anemia intensa y ferropenia. Los síntomas también incluyen molestias abdominales y diarrea. La infección cutánea inicial por las larvas ocasiona un cuadro conocido como “dermatitis verminosa” caracterizada por eritema y prurito intenso. Los sitios de infección son los pies y los tobillos, por la exposición de ellos al caminar descalzo.

Strongyloides Stercoralis: Las hembras adultas (de 2mm de largo en promedio) de *Strongyloides stercoralis* que viven en el intestino muestran partenogénesis, es decir, no necesitan de los machos para reproducirse. Depositán sus huevos en el intestino y de ellos nacen larvas que son expulsadas en las heces. Las larvas se desarrollan hasta llegar a las formas parasitarias o transformarse en parásitos macho o hembra de vida libre que se aparean y producen generaciones de vermes en la tierra, ejemplo notable de adaptación evolutiva para mantener una población. Las larvas de estas formas libres, en algunas situaciones ambientales, como medios cálidos, pueden transformarse en parásitos.

Strongyloides, parásito de importancia en medicina, produce a veces reinfección o autoinfección internas si las larvas recién nacidas nunca abandonan al hospedador y en vez de ellos experimentan sus transformaciones en el intestino. Dichas larvas penetran en el órgano en cuestión, emigran por todo el aparato circulatorio, llegan a los pulmones y en el corazón (en forma semejante a como migran las uncinarias después de penetrar la piel) para convertirse en hembras parasíticas dentro del intestino.

Los nematodos estudiados pueden perpetuar una infección durante muchos años y en el caso de la inmunodepresión ocasionar una hiperinfección, en que hay un cuadro fulminante y mortal. En las infecciones diseminadas los signos y síntomas clínicos afectan predominantemente las vías gastrointestinales (diarrea intensa, dolor

abdominal, hemorragia gastrointestinal, náusea y vómito), pulmones (tos, sibilancias, hemoptisis) y piel (erupción, prurito, larva migratoria), Las larvas que migran desde el intestino y que transportan bacterias intestinales pueden ocasionar infecciones locales y sepsis y culminar en la muerte.

2.2.4 Huevos de helmintos:

Los huevos de helmintos constituyen la etapa más contagiosa de este parásito; son expulsados a través de las heces y extienden hasta las aguas residuales, en los alimentos o en el suelo. Este huevo es bastante resistente a la desinfección del cloro y a las tensiones ambientales en la planta de tratamiento de aguas residuales.

La guía de la OMS (2006) señala que se necesita que el agua de riego tenga un contenido de huevos de helmintos menor de 1 huevo/L para el riego con restricciones. La sedimentación por un tiempo de 10 días en una PTAR de lagunas o una unidad de filtración correctamente operada asegura la remoción de estos huevos.

2.2.5 *Escherichia coli*:

El microorganismo *E. coli* es una enterobacteria, perteneciente al grupo bacilo gramnegativo anaeróbico facultativo, considerado el miembro más frecuente e importante del género *Escherichia*.

“***Escherichia coli (E. coli)*** es una bacteria que se encuentra normalmente en el intestino del ser humano y de los animales de sangre caliente. La mayoría de las cepas de *E. coli* son inofensivas. Sin embargo,

algunas de ellas, como *E. coli* productora de toxina Shiga, pueden causar graves enfermedades a través de los alimentos. La bacteria se transmite al hombre principalmente por el consumo de alimentos contaminados, como productos de carne picada cruda o poco cocida, leche cruda, y hortalizas y semillas germinadas crudas contaminadas”. (OMS, 2016)

“Este microorganismo se asocia a múltiples enfermedades, que incluyen la gastroenteritis e infecciones extra intestinales, como las ITU, meningitis y sepsis. Multitud de cepas son capaces de producir enfermedad y algunos serotipos se asocian a una mayor virulencia (p. ej., *E. coli*O157 es la causa más frecuente de colitis hemorrágica y el síndrome hemolítico urémico)”. (Patrick R. Murray, 2014)

“Debido a su alta prevalencia en Intestino, se usa a la bacteria *E. coli* como indicador para detectar y medir la contaminación en la evaluación de alimentos y agua. Considerado como comensales inofensivos. Cepas de *E. coli* constituyen aproximadamente el 1 por ciento de la población microbiana normal del intestino, mientras que la mayoría de las cepas dentro del intestino son patógenos gastrointestinales humanos beneficiosos, otros son dañinos. Las *E. coli* patógenas se distinguen de otras *E. coli* por su capacidad para causar enfermedades graves como resultado de sus elementos genéticos para la producción de toxinas, la adhesión a, y la invasión de las células huésped, Interferencia con el metabolismo celular y la destrucción de tejidos”. (FAO, 2011)

Tipos de *E. Coli* patógena

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), (2011), boletín de “Enfermedades transfronterizas de los animales”. Las bacterias *E. coli* patógenas se dividen en seis grupos o variedades, según los mecanismos comunes de patogenicidad y síndromes clínicos: *E. coli* Shigatoxigénica (STEC) o *E. coli* verotoxigénica (ECVT), *E. coli* enterohemorrágica (ECEH), *E. coli* enterotoxigénica (ECET), *E. coli* enteroinvasiva (ECEI), *E. coli* enteropatogénica (ECEP), *E. coli* enteroagregativa (ECEA), y *E. coli* de adherencia difusa (ECAD). Las características de las variedades no son exclusivas y pueden ser compartidas por más de un grupo. En general, el período de incubación de la enfermedad de *E. coli* en los seres humanos oscila entre tres y ocho días, con la aparición de una variedad de síntomas gastrointestinales que van desde la diarrea leve hasta la diarrea sanguinolenta, la mayoría de las veces sin fiebre. Las personas y los animales infectados (con síntomas o sin ellos) pueden diseminar hasta 10^6 a 10^9 unidades formadoras de colonias (ufc) por gramo de heces.

Las siguientes son las principales características y diferencias entre las seis variedades:

La STEC o ECVT provoca síntomas que van desde una diarrea suave hasta una diarrea sanguinolenta grave. La STEC produce citotoxinas denominadas verotoxinas (VT) o toxinas Shiga (Stx) (debido a su semejanza con la toxina producida por *Shigella dysenteriae*). Hasta en

un 10 por ciento de los casos, la infección puede transformarse en una enfermedad con riesgo vital como el SUH, particularmente en pacientes jóvenes y ancianos.

La ECEH es un subconjunto de la STEC que se asocia generalmente a diarrea sanguinolenta y el SUH. La ECEH y la ECEP producen cambios en la célula del epitelio intestinal denominados lesiones adherentes y destructoras. Animales sanos como los bovinos, las ovejas, las cabras y los animales silvestres son portadores asintomáticos de la STEC y la ECEH.

La ECET provoca normalmente diarrea acuosa en los niños y en los viajeros a zonas del mundo con deficientes condiciones de sanidad e higiene. La ECET se adhiere al intestino delgado mediante antígenos del factor de colonización y produce enterotoxinas semejantes a la toxina producida por el *Vibrio cholerae*, que son toxinas termoestables (ST) mediadas por plásmido o bien toxinas termolábiles (LT) mediadas por cromosomas. Estas enterotoxinas y sus respectivas variantes provocan una alteración del balance de cloruro de sodio en el intestino que da lugar a una intensa diarrea acuosa.

La ECEI penetra y se difunde entre las células intestinales, destruyéndolas y provocando una diarrea sanguinolenta similar a la disentería. La ECEP provoca una intensa diarrea acuosa y a veces sanguinolenta, particularmente entre los niños en los países en desarrollo. La ECEP se adhiere al epitelio intestinal alterando la función celular. La

patología se asocia con la producción de lesiones adherentes y destructoras semejantes a las de la ECEH.

La ECEA provoca diarreas acuosas y mucosas agudas y persistentes en los niños de corta edad. La ECEA se adhiere en la superficie celular formando una estructura agregativa característica. Una toxina termoestable enteroagregativa codificada en plásmidos (EAST1) puede contribuir a los síntomas diarreicos.

La ECAD tiene un perfil menos claro y provoca diarrea en niños de mayor edad. La ECAD se diferencia de la ECEA por su adherencia difusa a la superficie celular.

Transmisión de *E. coli*

Organización Mundial de la Salud, (2016). La transmisión de *E. coli* se da a través del consumo de alimentos contaminados. Esta contaminación se presenta generalmente en alimentos crudos, como carne picada cruda, leche cruda u hortalizas contaminadas con materia fecal.

E. coli produce toxinas conocidas como toxinas Shiga por su semejanza con las toxinas producidas por *Shigella dysenteriae*. *E. coli* productora de toxina Shiga puede crecer a temperaturas que oscilan entre 7 °C y 50 °C, con una temperatura óptima de 37 °C. Algunas pueden proliferar en alimentos ácidos, hasta a un pH de 4,4, y en alimentos con una actividad de agua (aW) mínima de 0,95.

La actividad de agua es un factor intrínseco que te indica desarrollo microbiano en los alimentos, mientras más alto el factor, más desarrollo microbiano existe. La actividad de agua presenta un rango de 0 a 1, siendo la de la *E. coli* de 0.95, es decir una cifra bastante alta.

Patogenicidad por *E. coli*

Patrick R. Murray, (2014), Microbiología Médica p.261-262. Esta bacteria es la causante de múltiples enfermedades como la gastroenteritis e infecciones extra intestinales, debido a que posee una gran eficacia si se habla de patogenicidad. Esta eficacia se debe principalmente a tres indicadores:

- Los bacilos gramnegativos se aíslan con facilidad mayormente en pacientes con sepsis, es decir que tienen una respuesta grave a bacterias u otros microorganismos.
- Esta bacteria es la causante de más de 80% de infecciones tracto urinarias.
- Es el principal causante de gastroenteritis, también conocido como virus estomacal, el cual es una inflamación que se da en la membrana interna del intestino causado por un virus, una bacteria o parásito.

E. coli es una bacteria patógena oportunista, ya que aprovechan cuando los intestinos se perforan y las bacterias tienen acceso a la cavidad peritoneal.

Jawetz, Melnick y Adelberb, (2010), *Microbiología Médica* p. 214-218. Las manifestaciones clínicas más comunes causadas por *E.coli*, entre las cuales se tienen las siguientes:

Infección del sistema urinario: *E. coli* es la causa más frecuente de infección de las vías urinarias y contribuye a casi 90% de las primeras infecciones urinarias en mujeres jóvenes.

Los síntomas y signos consisten en polaquiuria, disuria, hematuria y piuria. El dolor en la fosa renal se relaciona con infección urinaria alta. Ninguno de estos síntomas o signos es específico de la infección por *E. coli*. La infección del sistema urinario puede ocasionar bacteriemia con signos clínicos de septicemia.

La mayor parte de las infecciones urinarias que afectan a la vejiga o al riñón en un hospedador por lo demás sano son causadas por un pequeño número de tipos de antígeno o que han elaborado específicamente factores de virulencia que facilitan la colonización y las infecciones clínicas subsiguientes. Tales microorganismos se designan como *E. coli* uropatógena. Por lo general estos microorganismos producen hemolisina, que es citotóxica y facilita la invasión de los tejidos. Las cepas que producen pielonefritis expresan el antígeno K y elaboran fimbrias P que se unen al antígeno del grupo sanguíneo P.

Enfermedades diarreicas: *E. coli* que produce diarrea es muy frecuente en todo el mundo. Estos microorganismos *E. coli* se clasifican según las características de sus propiedades de virulencia (véase

adelante) y cada grupo causa enfermedad por diferentes mecanismos. Las propiedades de adherencia a las células epiteliales del intestino delgado o grueso son codificadas por genes presentes en los plásmidos. Asimismo, las toxinas a menudo son mediadas por plásmido o fago.

Septicemia: Cuando las defensas normales del hospedador son inadecuadas, *E. coli* puede llegar al torrente sanguíneo y producir septicemia. Los recién nacidos son muy susceptibles a septicemia con *E. coli* porque carecen de anticuerpos IgM. La septicemia puede presentarse como consecuencia de la infección del sistema urinario.

“**La mortalidad** que se asocia a la septicemia por *E. coli* es elevada en pacientes cuya inmunidad está alterada, o en los que la infección primaria se localiza en el abdomen”. (Patrick R. Murray, 2014)

Meningitis: *E. coli* y estreptococos del grupo B son las principales causas de meningitis en los lactantes (niños menores de 1 mes). Casi 75% de las *E. coli* de casos de meningitis tienen el antígeno K1. Este antígeno reacciona en forma cruzada con el polisacárido capsular del grupo B de *N. meningitidis*. No se ha esclarecido el mecanismo de virulencia relacionado con el antígeno capsular k1.

“Este serogrupo está habitualmente presente en el aparato digestivo de las mujeres embarazadas y de los recién nacidos. Sin embargo, no se conoce cuál es el mecanismo que gobierna la predilección de este serogrupo por la enfermedad de los neonatos”. (Patrick R. Murray, 2014)

2.2.6. Lodos Residuales

Los lodos residuales son restos sólidos que provienen del proceso de tratamiento de aguas residuales y que se encuentran compuestos por microorganismos, compuestos tóxicos y materia orgánica residual no descompuesta que han sido removidos durante el tratamiento. Estos se pueden presentar en sus formas originales o con algunas variaciones durante el proceso.

El reglamento de la Ley derogada de los Residuos Sólidos dispone que todos los lodos de los sistemas de tratamiento de aguas residuales sean considerados como residuos peligrosos y deben ser depositados en rellenos de seguridad.

Según la SUNASS (2015), En el Perú aún no se ha considerado el potencial nutritivo del lodo de los sistemas de tratamiento de las aguas residuales, tampoco existe normativa peruana que establezcan criterios que permitan demostrar que el lodo de las PTAR no es peligroso si se somete a determinados tratamientos. Tampoco existen criterios para el uso de lodos tratados.

Sin embargo, Dickerson (2000), señala la potencialidad de los lodos residuales como abonos orgánicos, debido a la gran carga de organismos patógenos y parásitos para el hombre, no pueden ser utilizados en hortalizas.

Algunos de los organismos patógenos y parásitos que se encuentran presentes en los lodos residuales se mencionan en la siguiente tabla:

TABLA N° 4: Principales grupos de Organismos Patógenos y Parásito contenidos en los lodos residuales

| GRUPO | AGENTES | EFFECTOS EN LA SALUD |
|--------------|--|--|
| Bacterias | <i>Salmonella Typhi</i> <i>Salmonella paratyphi A y B</i> <i>Shigella sp</i> <i>Vibrio cholerae</i> <i>Escherichia coli</i> <i>Salmonella sp.</i> | Fiebre tifoidea, paratifoidea Disentería bacilar Cólera Gastroenteritis agudas diarreas Diarreicas |
| Virus | Virus hepatitis A y E Virus de la Polio Virus de Norwalk Rotavirus Enterovirus Adenovirus | Hepatitis Poliomelitis Gastroenteritis aguda y diarreicas Meningitis Enteritis Infecciones respiratorias |
| Protozoos | <i>Entamoeba histolytica</i> <i>Giardia lamblia</i> <i>intestinales</i> | Disentería amebiana Gastroenteritis. |
| Helmintos | <i>Taenia saginata</i> <i>Ascaris lumbricoides</i> <i>Trichouris trichiuria</i> <i>Toxocara sp</i> | Cisticercosis Ascariasis Tricocefalosis o tricuriasis Toxoplasmosis |

Fuente: Flores, 2001

En varios casos la mayor parte de los lodos residuales son descargados directamente al sistema de alcantarillado, tiraderos abiertos o cuerpos de agua sin haber recibido ningún tipo de tratamiento previo que sirva como medida de protección para evitar la contaminación de agua subterránea, suelo o que atraiga la presencia de vectores, generando así problemas a la salud o a los mantos freáticos.

En la tabla N°05 se presenta la composición de los lodos residuales domésticos, encontrándose variación en las características según el proceso que dará origen a los lodos.

TABLA N° 5: Caracterización de Lodos

| Parámetros | Lodos primarios | Lodos secundarios | Lodos digeridos |
|---|------------------------|--------------------------|------------------------|
| Contenido de agua (%) | 92-96 | 97.5-98 | 94-97 |
| pH | 5.5-6.5 | 6.5-7.5 | 6.8-7-6 |
| Metales pesados (%ss) : Zn,Cu,Pb | 0.2-2 | 0.2-2 | 0.2-2 |
| Bacterias patógenas (NMP/100ml) Número más probable | 10000-1000000 | 100-1000 | 10-100 |
| Proteínas - %ss | 4-14 | 20-30 | 10-20 |
| Nitrógeno | 2-5 | 6-8 | 5-8 |
| Grasas - %ss | 12-14 | 3-5 | 4-12 |

Ss: Sólidos suspendidos

Tratamiento de Lodos Residuales

Según Oropeza, En su mayor parte en Estados Unidos y Europa, las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales en realizan los siguientes procesos:

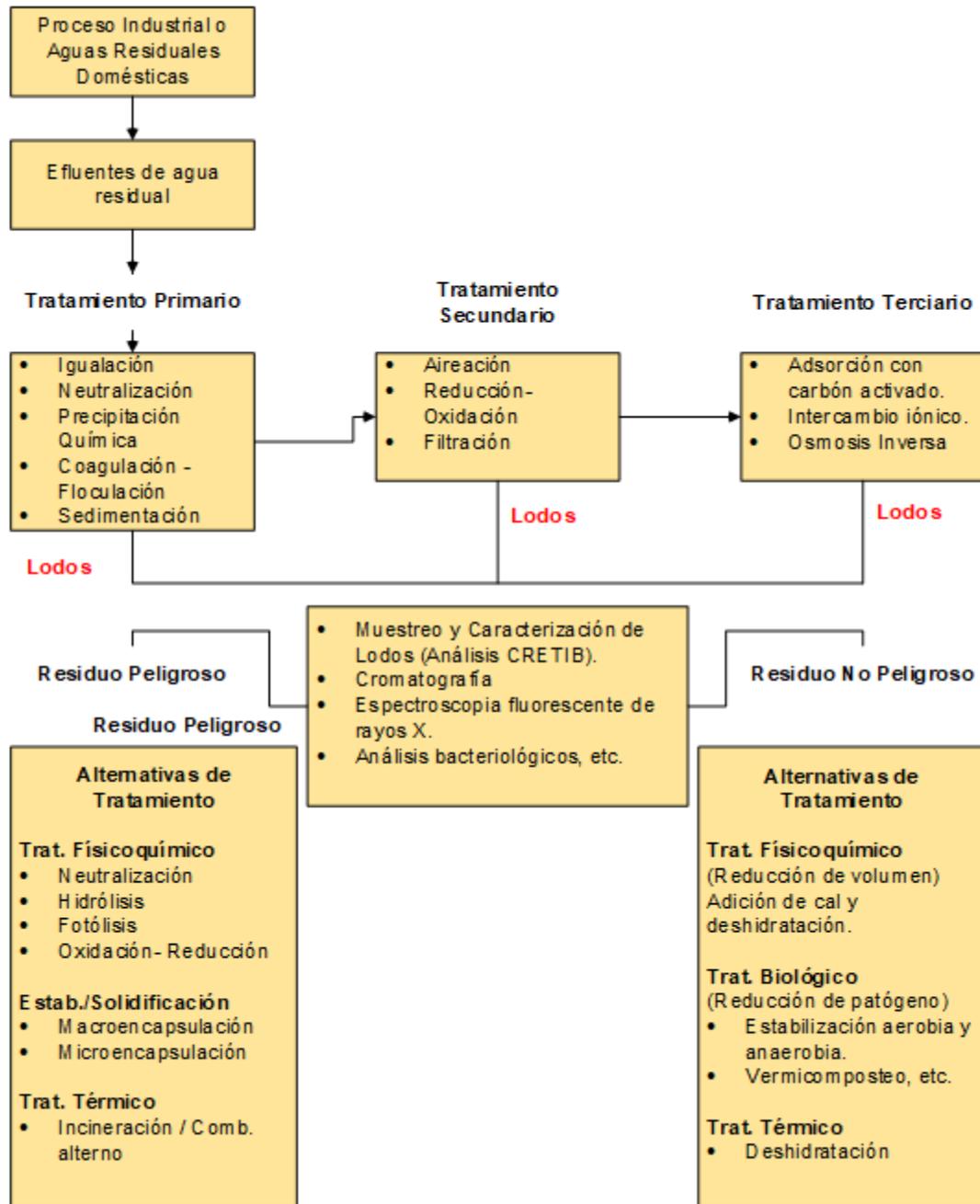
“Digestión Anaerobia: Tiene dos fases, en la primera fase se llegan a formar los llamados ácidos volátiles y en la segunda fase las bacterias anaerobias utilizan dichos ácidos para producir gas metano. Al ser anaerobias toda esta reacción se realiza en ausencia de oxígeno molecular.

Digestión Aerobia: Este proceso se realiza en presencia de oxígeno molecular, considerando una aireación constante, para generar el desarrollo de microorganismos aerobios, hasta que se sobrepase el periodo de síntesis de las células y se pueda llevar a cabo su propio proceso de auto oxidación. Con este proceso se reduce el material celular.

Tratamiento Químico: En este proceso se realiza una acción química, más conocida como una acción bactericida, provocando que se bloquee la fermentación de ácidos. La cal es el químico más utilizado en este proceso.

Incineración: Como última etapa se tiene el proceso de incineración en la cual se consigue menor masa en el producto residual a través de la combustión de los lodos. Dicho producto residual está constituido únicamente por materias de minerales de lodo.

Figura 1: Alternativas planteadas para disposición y tratamiento de lodos



Fuente: Oropeza, 2006.

Según la SUNASS (2015), en el Perú, los lodos generados en las EPS tienen concentraciones elevadas de sustancias volátiles requieren ser estabilizados por separado (estabilización aeróbica, anaeróbica o química). En otros casos, como por ejemplo en PTAR de lagunas de estabilización y lodos activados con aireación extendida, el lodo ya sale estabilizado del proceso de tratamiento de aguas residuales. Para facilitar el manejo del lodo generalmente se aplica alguna forma de deshidratación del lodo antes de su disposición final.

En la tabla 6, se apreciará el proceso de estabilización de lodos.

TABLA N° 6: Cantidad de Procesos de estabilización de lodos

| EPS | PTAR | | | | | | | | |
|---------------------|---------------------------------|-----------------------------------|------------------|--------------------|--------------------|-----------|------------|-----------------|---------------------|
| | Dentro del tratamiento primario | Dentro del Tratamiento Secundario | Digestor Aerobio | Digestor Anaerobio | Espesador Estático | Flotación | Centrifuga | Lecho de secado | Dentro de la laguna |
| SEDA HUÁNUCO | 3 | | | | | | | | |
| EMAPACOP S.A. | | 1 | | | | | | | 1 |
| EPS SEDALORETO S.A. | | 1 | | | | | | | |
| EMAPA CAÑETE S.A. | | 2 | | | | | | | 2 |
| EMSA PUNO S.A | 1 | 2 | | | | | | 1 | 2 |
| AGUAS DE TUMBES | 1 | 16 | | | | | | | 16 |
| EMAPISCO S.A. | | 2 | | | | | | | 2 |
| EPS TACNA S.A. | | 2 | | | | | | | 2 |
| EMAPAVIGS S.A.C. | | 2 | | | | | | | 2 |
| SEDACHIMBOTE S.A. | | 6 | | | | | | | 6 |

| | | | | | | | | | |
|------------------------|----|-----|---|---|---|---|---|----|-----|
| EPSASA | 2 | 2 | | | | | | 2 | 2 |
| EMAPA SAN MARTIN S.A. | | 1 | | | | | | | 1 |
| SEMAPACH S.A. | | 5 | | | | | | | 5 |
| EPS SELVA CENTRAL S.A. | 1 | 2 | | | | | | 1 | 2 |
| EPS MOQUEGUA S.A. | | 3 | | | | | | | 3 |
| EMAPA Y SRL | | | 1 | | 1 | | 1 | | |
| SEDAPAL | 1 | 16 | 3 | | 5 | | 7 | 10 | 6 |
| EPS ILO S.A. | | 1 | | | | | | | 1 |
| SEDALIB S.A. | | 12 | | | | | | | 12 |
| EPSEL S.A. | | 24 | | | | | | | 24 |
| SEDAPAR S.A. | 3 | 5 | | | | | | 2 | 5 |
| SEDACUSCO S.A. | | | | 1 | 1 | | 1 | | |
| EPS GRAU S.A. | 1 | 27 | | | | | | 2 | 27 |
| SEMAPA BARRANCA S.A. | | 1 | | | | | | | 1 |
| EMAPICA S.A. | | 4 | | | | | | | 4 |
| NORPUNO S.A. | | 1 | | | | | | | 1 |
| SEDAJULIACA S.A. | | 1 | | | | | | | 1 |
| EPS MANTARO S.A. | | 1 | 1 | | | | | | 1 |
| EPS MARAÑON S.R.L | | 3 | | | | | | | 3 |
| TOTAL | 13 | 143 | 5 | 1 | 7 | 1 | 9 | 19 | 132 |

Fuente: SUNASS, 2015.

Disposición Final de los Lodos Residuales:

En la siguiente **tabla 7**: se explican los distintos tipos de aplicación que tienen los lodos residuales de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas.

TABLA N° 7: Aplicaciones de los Lodos Residuales

| Aplicación en terrenos | Aplicación en Suelos Agrícolas |
|---|---|
| Los lodos residuales principalmente se disponen en rellenos sanitarios, basureros clandestinos y barrancos, generando así contaminación a los suelos, aguas superficiales, mantos acuíferos, flora y fauna del lugar y salud del hombre ya que antes no ha recibido ningún tratamiento para su estabilización (Martín del Campo, 1996). | El uso de lodos en la agricultura, recuperación de canteras, reforestación y producción de materiales de construcción, entre otros. Actualmente es común la incorporación de lodos residuales en suelos agrícolas, ya que reduce la incorporación de fertilizantes comerciales, mejora su fertilidad, aumenta la capacidad de retención de agua y reduce la erosión del suelo (Franco et al. 2000). |
| Compostaje y Lombricompostaje | |
| <p>Ambas son consideradas tecnologías viables debido a que son medios económicas y eficientes.</p> <p>En el lombricompostaje, las lombrices llevan a cabo un proceso fisiológico d digestión de los residuos orgánicos, sin dejar fuera la participación de los microorganismos, provocando que la materia orgánica en los lodos se fragmente, descompongan y estabilicen. (Pastorelly, 2001), menciona que la lombriz estabiliza a neutro los valores de pH, airea el sustrato y favorece la proliferación de una importante población microbiana.</p> | |

Fuente: Elaboración Propia

2.2.7 Planta de Tratamiento de Aguas Residuales “LA TOTORA”

La planta se encuentra ubicada en las siguientes coordenadas UTM:

| | |
|-------|-------------------------|
| NORTE | 585.654 E - 8 547.489 N |
| SUR | 585.762 E – 8 546.611 N |
| ESTE | 585.996 E – 8 547.037 N |
| OESTE | 585.442 E – 8 547.220 N |

Colinda por el norte con la carretera Ayacucho-Huanta, el sur con el río Alameda, este con varias chacras donde las principales actividades de agricultura y ganadería, y oeste con una zona poblada caracterizada por casas unifamiliares con huertos que están emplazadas a lo largo del

camino de acceso es decir directamente colindantes con la planta o al frente del mencionado camino.

Figura 2 : Ubicación de la PTARD TOTORA



La PTAR La Tatora cuenta con tres tipos de tratamiento preliminar, primario y secundario; siendo de la siguiente manera:

Tratamiento Preliminar: Consta de una cámara de rejillas compuesta de tres canaletas de aproximación hacia las rejillas. La concepción constructiva de tales canaletas, ha previsto aguas arriba de las rejillas una forma trapezoidal en la parte inferior de las mismas por medio de cuñas de 25 cm de ancho y 50 cm de altura a manera de asegurar las velocidades requeridas, por ello para alcanzar una distribución proporcionada del afluente hacia las tres cámaras o canaletas, se cuenta con muros guía (pilas) en la entrada y salida de las mismas, con el objeto de aislar cada una de las unidades, han sido

provistas compuertas deslizantes de canal con vástago no ascendente ubicadas al inicio y a la salida de las canaletas.

En lo referente a los equipos de rejillas se han previsto 2 unidades de rejillas escalonadas de limpieza automática, siendo este tipo de rejillas conformadas por láminas o barras en forma de escalera de manera que unas láminas son fijas y otras móviles, formando parte éstas últimas de un conjunto móvil que se mueve por ciclos en dirección ascendente de manera que los sólidos se van depositando y transportando al siguiente escalón de forma sucesiva hasta alcanzar el punto más alto donde se produce el vertido hacia tolvas ubicadas en la parte superior del transportador tipo tornillo sin eje para su conducción hacia el container.

El tornillo se encuentra encapsulado en toda su longitud de manera que su transporte es higiénico y la generación de malos olores mínima.

El ciclo de trabajo se regula automáticamente según el nivel de agua frente a la rejilla y la determinación del nivel de agua ocurre mediante sondas, alcanzado un valor preestablecido se pone en marcha el equipo iniciando así un ciclo de limpieza.

Figura 3: Cámara de rejas gruesas - efluente de las aguas residuales domésticas



Fuente: Elaboración Propia

Figura 4: Dos rejillas automáticas (solo uno se encuentra en funcionamiento)



Fuente: Elaboración Propia

Además, cuenta con desarenadores rectos de flujo horizontal, sin aeración, con un sistema de limpieza hidráulico. Consta de tres cámaras de 1,20 m de ancho cada una con una profundidad de canal de 2,50 m y una longitud efectiva de 30 metros.

Figura 5: Desarenador



Fuente: Elaboración Propia

Tratamiento Primario: Contando con 6 tanques Imhoff, los que son alimentados por las aguas procedentes del efluente de los desarenadores. Los tanques Imhoff 3, 4, 5 y 6 tienen un área en planta de 30,50 x 17,80 m de dimensiones internas a los que se adicionan el área de 30,10 x 12 m de dimensiones internas de los 2 tanques Imhoff 1 y 2. Su período de retención nominal recomendado se encuentra en el rango de 1 a 2,5 horas acorde al período de retención se produce una mayor o menor remoción de la carga orgánica, como una acotación adicional cual señala que el período de

retención ha sido calculado en función del caudal horario, en realidad el cálculo debería referirse al caudal medio diario con lo que los períodos de retención para los tanques existentes ascenderían a 1,2 h y en los nuevos a 1,8 h, obteniéndose un tiempo de retención ponderado mayor a 1,6 h y por tanto una mayor remoción. En lo referente a los coliformes fecales o termotolerantes, se acepta para tanques Imhoff una remoción del 60% y en lo que respecta a la remoción DBO5 de un 25%.

Figura 6: Parte superior de los tanques IMHOFF



Fuente: Elaboración Propia

Tratamiento Secundario: Cuenta con 4 filtros percoladores, 2 Lagunas facultativas y 3 Lagunas de Maduración, teniendo las siguientes dimensiones:

TABLA N° 8: Dimensiones de las lagunas de rehabilitación de la planta la Totorá

| LAGUNA | FONDO | LONGITUD | ANCHO | VOLUMEN |
|------------------------|------------------------|----------|-------|---------------------|
| | ÁREA (m ²) | L (m) | W (m) | V (m ³) |
| Laguna facultativa 1 | 1593 | 344 | 56 | 35100 |
| Laguna facultativa 2 | 1333 | 341 | 49 | 29700 |
| Laguna de maduración 1 | 1028 | 269 | 50 | 24000 |
| Laguna de maduración 2 | 14583 | 262 | 66 | 32000 |
| Laguna de maduración 3 | 15081 | 253 | 70 | 32600 |

Fuente: Consulting Engineers Salzgitter. 2002.

Figura 7: Vista externa del filtro percolador



Fuente: Elaboración Propia

Figura 8: Laguna facultativa



Fuente: Elaboración Propia

Tratamiento Terciario: En la última etapa de tratamiento, cuya finalidad es la inactivación de microorganismos, que pueden causar enfermedades.

Figura 9: Dosificador de cloro



Fuente: Elaboración Propia

Finalmente, las aguas tratadas por la PTARD "TOTORA" se descargan en el Río Alameda-Ayacucho; donde las aguas río abajo son utilizadas para bebida de animales y riego de plantas.

Figura 10: Efluente final (se mezcla con agua del río)



Fuente:Elaboración Propia

2.3 Definición de términos básicos

Planta de tratamiento de aguas residuales domésticas: Esta planta trata agua proveniente principalmente de las casas o como se conoce comúnmente de origen residencial, la cual contienen desechos fisiológicos entre otros desechos que provienen de la actividad humana.

Estándar de calidad ambiental (ECA): Son instrumentos de gestión ambiental con parámetros para cumplir las leyes

ambientales nacionales, como la determinación de la concentración o el grado de elementos, sustancias químicas o biológicas que se encuentran en el aire, suelo, agua. Según el OEFA (2012).

Número más probable: Viene a ser la estimación de densidades poblacionales cuando no es posible realizar una evaluación cuantitativa de células individuales.

Límite máximo permisible: Según el MINAM (2008), es un estándar que sirve como nivel límite de referencia, para comparar la concentración o grado de elementos, elementos o sustancias biológicas y químicas que excediendo a este nivel límite pueden causar daños a la salud de las personas, afectando su calidad de vida y el ambiente que los rodea.

Organización mundial de la salud: “La OMS es la autoridad directiva y coordinadora de la acción sanitaria en el sistema de las Naciones Unidas”.

Ministerio del ambiente (MINAM): Viene a ser un organismo del Poder Ejecutivo, cuyo objetivo es que se propicie y asegure el uso sostenible, responsable, racional y ético de los recursos naturales y del medio que los sustenta, que permita contribuir al desarrollo integral social, económico y cultural de la persona humana, en permanente armonía con su entorno, y así asegurar a las presentes y futuras generaciones para que puedan aprovechar un entorno adecuado para su desarrollo.

Helmintiasis: Son enfermedades causadas por helmintos, parásitos (gusanos) que se transmiten por la ingestión de agua o alimentos contaminados. Estas enfermedades afectan a los seres humanos y a los animales. Incluyen los oxiuros, los anquilostomas, las estrongiloidiasis y las ascariasis. El paciente presenta trastornos digestivos como náuseas, vómitos y diarrea. (Salud CCM.NET).

Agentes patógenos: Son las bacterias, protozoarios, hongos, virus, huevos de helmintos en lodos y/o biosólidos capaces de provocar enfermedades y epidemias en el ser humano R.M.128-2017/VIVIENDA, 2017.

Biosólido: Es el subproducto que resulta de la estabilización de la fracción orgánica de los lodos generados en el tratamiento de aguas residuales, con características físicas, químicas y microbiológicas, las cuales permiten reaprovechamiento como acondicionador del suelo. No son biosólidos las cenizas producto de la incineración de lodos R.M.128-2017/VIVIENDA,2017.

Concentración de contaminante: Es la característica relacionada necesariamente al peso seco (Sólidos Totales –ST) de lodo residual o biosólido. La concentración de los indicadores para la contaminación fecal está medida en No o NMP (número más probable) por kg ST. (R.M.128-2017-VIVIENDA)

Colifagos Somáticos: Los bacteriófagos (fagos) son virus que sólo utilizan bacterias como hospedadores para la replicación. Los colifagos que se utilizan en la evaluación de la calidad del agua se dividen en dos grupos principales: colifagos somáticos y colifagos de ARN F-específicos (específicos para E. Coli F+). Una de las diferencias entre ambos grupos es la vía de infección. Los colifagos somáticos inician la infección uniéndose a receptores ubicados permanentemente en la pared celular de los hospedadores; suelen replicarse en el aparato digestivo de los animales de sangre caliente, pero también pueden hacerlo en medios acuáticos. Los colifagos somáticos incluyen una gran variedad de fagos (que pertenecen a las familias *Myoviridae*, *Siphoviridae*, *Podoviridae* y *Microviridae*) con diferentes tipos morfológicos. También sirven como indicadores de contaminación fecal en aguas marinas. (Ver: http://www.bvsde.paho.org/CDGDWQ/docs_microbiologicos/Indicadores%20PDF/Colifagos.pdf)

Generador de lodos: Es el prestador de servicios de saneamiento y las empresas del sector privado que operan PTAR domésticas y/o municipales. (R.M.128-2017-VIVIENDA)

Huevo de helminto: Es el huevo proveniente del grupo de gusanos parásitos que afectan a la salud. Se consideran huevos de helmintos viables a aquellos susceptibles de desarrollarse e infectar, R.M.128-2017/VIVIENDA,2017.

Humedad: Es la concentración de agua contenida en los lodos y biosólidos, R.M.128-2017/VIVIENDA,2017.

Indicadores de contaminación de origen fecal: El grupo de coliformes termotolerantes indica el nivel de riesgo de presencia de agentes patógenos. Dentro del grupo existen indicadores específicos que se aplican como: *Escherichia coli*, R.M.128-2017/VIVIENDA,2017.

Lodos: Son residuos sólidos provenientes de los procesos de tratamiento de aguas residuales, que se caracterizan por tener alta concentración de materia orgánica, principalmente en los lodos obtenidos en el tratamiento primario y secundario, así como las excretas de instalaciones sanitarias in situ, R.M.128-2017/VIVIENDA,2017.

Degradable: Estructura o compuesto que puede ser descompuesto bajo algunas condiciones ambientales biodegradables que involucra la acción de microorganismos, como ejemplo los fotodegradables que implica la acción de la luz.

2.4 Base Legal

La Constitución Política de 1993

Título I: De la Persona y de la Sociedad

Capítulo I: Derechos Fundamentales de la Persona

Toda persona tiene derecho a gozar de la paz, de la tranquilidad, al disfrutar del tiempo libre y al descanso, así como a gozar de un ambiente

equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida (Const.,1993, Art 2, Inciso 22).

Capítulo II.- Del Ambiente y los Recursos Naturales

Los recursos naturales renovables y no renovables son patrimonio de la Nación, es decir el Estado es soberano en su aprovechamiento. Mediante la Ley Orgánica para el Aprovechamiento Sostenido de los Recursos Naturales, se fijan condiciones para su uso y cesión a particulares (Ley N°26821, 1997). La concesión otorga a su titular un derecho real y sujeto a dicha norma legal (Const.,1993, Art 66).

Por lo consiguiente, el Estado determina la política nacional del ambiente y promueve el uso sostenible de los recursos naturales (Const.,1993, Art 67).

Ley General del Ambiente

Toda persona tiene el derecho irrenunciable a vivir en un ambiente saludable, equilibrado y adecuado para el pleno desarrollo de la vida, y el deber de contribuir a una efectiva gestión ambiental, así como la protección del ambiente, y sus componentes, asegurando particularmente la salud de las personas en forma individual y colectiva, la conservación de la diversidad biológica, el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales y el desarrollo sostenible del país (Ley N°28611, 2005).

Decreto Legislativo N° 1278

Gestión de residuos peligrosos sólidos peligrosos

Se denomina como residuos peligrosos a los residuos que presenten por lo menos una de las siguientes características: autocombustibilidad, explosividad, corrosividad, reactividad, toxicidad, radioactividad o patogenicidad (Ley N°1278, Art. 30, 2016).

Disposición final

Los residuos que no puedan ser valorizados por la tecnología u otras condiciones debidamente sustentadas, deben ser aislados y/o confinados en infraestructuras debidamente autorizadas, de acuerdo a las características físicas, químicas y biológicas del residuo con la finalidad de eliminar el potencial peligro de causar daños a la salud o al ambiente (Ley N°1278, Art. 41, 2016).

DISPOSICIONES COMPLEMENTARIAS FINALES

Séptima. - Sobre la Disposición Final de lodos provenientes de Plantas de Tratamiento

La disposición final de los lodos generados por el tratamiento de agua para consumo humano y de aguas residuales vinculadas a la prestación de los servicios de saneamiento y otros sistemas vinculados, están a cargo de los operadores de los sistemas respectivos. El Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento establece las instalaciones donde se realiza la disposición final de los mencionados lodos.

Reglamento para el Reaprovechamiento de los Lodos generados en las plantas de tratamiento de aguas residuales, D.S N°015-2017/VIVIENDA, 2017.

En el reglamento cuya finalidad es promover el reaprovechamiento de los lodos generados en las PTAR, que luego de ser transformados en biosólidos, pueden ser utilizados en actividades agrícolas, forestales, industria cerámica, entre otras, considerando los riesgos a la salud y el ambiente.

Se indica el ámbito de aplicación:

1. Los generadores de lodos provenientes de la PTAR.
2. Los productores, los comercializadores, las empresas de transporte, los adquirentes y los usuarios finales de biosólidos.

Parámetros de Higienización:

Para los biosólidos de Clase A y Clase B deben cumplir con los parámetros de higienización a continuación:

TABLA N° 9: Parámetros de higienización

| Indicador | Clase A* | Clase B |
|------------------------------------|--|--|
| Indicadores de contaminación fecal | <p><i>Escherichia coli</i> < 1000 NMP/1g ST</p> <p>○</p> <p>Salmonella sp.< 1 NMP/10g ST</p> | El nivel de higienización se puede evidenciar con el cumplimiento previsto en el Anexo N°01, en su defecto, mediante alguna de las tecnologías indicadas para la higienización, en la Sección B del Anexo N°01 |

*Clase A: Son aquellos aplicables al suelo sin restricciones sanitarias.

Clase B: Son aquellos aplicables al suelo con restricciones sanitarias según localización de los suelos y/o tipo de cultivo.

Fuente: Decreto Legislativo N°1278,2016

Límites Máximos Permisibles (LMP) para efluentes de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales.

El Límite Máximo Permissible (LMP), se refiere a la medida de la concentración o la cantidad de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan a un efluente o una emisión, que al ser excedida causa o puede causar daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente; cuyo cumplimiento es obligatorio legalmente por el Ministerio del Ambiente y los organismos que conforman el Sistema Nacional de Gestión Ambiental.

Para los titulares de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales es obligatorio la medición de los Límites Máximos Permisibles para los efluentes que se encuentren en operación, quienes deberán realizar el monitoreo de sus efluentes de acuerdo al Programa de Monitoreo aprobado por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, siendo considerado válido sólo el monitoreo ejecutado por laboratorios acreditados por el Instituto Nacional de Defensa del Consumidor y de la Propiedad Intelectual-INDECOPI. Los resultados de dicho monitoreo serán reportados periódicamente al Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (D.S. 003-2010/MINAM,2010).

A continuación, se presentan los LMP establecidos para los efluentes de PTAR:

TABLA N° 10: LMP para efluentes de plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas o municipales

| Parámetro | Unidad de medida | Límite Máximo Permisible de efluentes para vertidos a cuerpo receptor |
|-------------------------------------|-------------------------|--|
| Aceites y grasas (AyG) | mg/L | 20 |
| Coliformes Termotolerantes (CT) | NMP/100 mL | 10,000 |
| Demanda bioquímica de oxígeno (DBO) | mg/L | 100 |
| Demanda química de oxígeno (DQO) | mg/L | 200 |
| pH | Unidad | 6.5 - 8.5 |
| Sólidos Totales en Suspensión (STS) | mg/L | 150 |
| Temperatura (T°) | °C | < 35 |

Fuente: D.S. N° 003-2010/MINAM,2010.

Protocolo para el Monitoreo de la Calidad de los Efluentes de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas (PTARD) o Municipales.

El Protocolo de Monitoreo es un instrumento de gestión ambiental de cumplimiento obligatorio para todas las entidades públicas y/o privadas titulares de las PTAR Domésticas o Municipales en el territorio nacional, para efectuar el monitoreo, supervisión y fiscalización ambiental, así como para la verificación del cumplimiento de los LMP, de conformidad con lo establecido en el Artículo 4 del Decreto Supremo N°003-2010-MINAM, el cual aprueba los LMP para los efluentes de Plantas de Aguas Residuales Domésticas (PTARD) o Municipales. También es de obligatorio

cumplimiento para la evaluación y seguimiento de la eficiencia de las PTAR.

El protocolo establece procedimientos y metodologías que deben cumplirse en la ejecución de los Programas de Monitoreo. Su aplicación contribuye al cumplimiento de las normas ambientales y la protección de los ecosistemas acuáticos. La aplicación de los procedimientos establecidos en el Protocolo de Monitoreo representa asimismo una herramienta de evaluación, fiscalización y mejora de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) existentes.

En el caso de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales-PTAR San Bartolo, dado que su caudal promedio de operación es de 958.34 l/s, le corresponde una frecuencia de monitoreo mensual de su afluente y efluente, de acuerdo a lo señalado en el Anexo N° 02 del protocolo de monitoreo (R.M N° 273-2013/VIVIENDA,2013).

Valores Máximos Admisibles (VMA) de las descargas de aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado sanitario.

Los Valores Máximos Admisibles (VMA), regulan las descargas de aguas residuales no domésticas del sistema de alcantarillado sanitario a fin de evitar el deterioro de las instalaciones, infraestructura sanitarias, maquinaria, equipos y asegurar su adecuado funcionamiento, garantizando la sostenibilidad de los sistemas de alcantarillado y tratamiento de aguas residuales.

Los Valores Máximos Admisibles (VMA) son aplicables nacionalmente y son de cumplimiento exigible para todos los usuarios que efectúen descargas de aguas residuales no domésticas en los sistemas de alcantarillado sanitario, y por las Entidades Prestadoras de Servicios de Saneamiento (EPS), o las entidades que hagan sus veces (D.S N°021-2009/VIVIENDA,2009).

Modificación de diversos artículos del Decreto Supremo N°021-2009 VIVIENDA, que aprobó los Valores Máximos Admisibles (VMA) de las descargas de aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado sanitario (D.S N°001-2015/VIVIENDA,2015), así como de su Reglamento, aprobado mediante Decreto Supremo N° 003-2011 VIVIENDA y modificado por el Decreto Supremo N° 010-2012-VIVIENDA

Se modificaron los artículos 2, 4, 5, 7, 8 y el Anexo N° 2 del Decreto Supremo N° 021-2009-VIVIENDA, que aprueba Valores Máximos Admisibles (VMA) de las descargas de aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado sanitario.

Decreto Supremo N° 003-2011-VIVIENDA, Reglamento del D.S. N° 021-2009-VIVIENDA

Regula los procedimientos para el control de las descargas de las aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado sanitario.

El Reglamento es obligatorio para el cumplimiento de los usuarios no domésticos que realizan descargas de aguas residuales bajo el ámbito de las Empresas Prestadoras de Servicios de Saneamiento (EPS) o las entidades que hagan dicha función a nivel nacional. Los usuarios deben presentar anualmente una declaración jurada de usuario No Doméstico a la EPS, asimismo están obligados a crear un sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas cuando sus descargas excedan los Valores Máximos Admitidos (VMA), así como informar a la EPS o entidad que haga sus veces en los municipios cuando la descarga de sus aguas residuales presente modificaciones derivadas de la ampliación o modificación de sus actividades, entre otras obligaciones.

**Resolución de Consejo Directivo N° 011-2007-SUNASS-CD -
Reglamento de Calidad de la Prestación de Servicios de
Saneamiento**

Por medio de la Resolución de Consejo Directivo N° 011-2007-SUNASS-CD se aprobó el Reglamento de Calidad de la Prestación de Servicios de Saneamiento y su correspondiente Documento de Análisis de Impacto Regulatorio. El Reglamento regula entre otros:

- ❖ La Calidad en el Acceso a los Servicios de Saneamiento (Contratación de prestación de servicios, piletas públicas, etc.)
- ❖ La Calidad en la Prestación de los Servicios de Saneamiento (obligaciones generales de la EPS, calidad del agua potable,

control de calidad, calidad en la facturación y comprobantes de pago.)

- ❖ El Cierre de los Servicios (cierre de los servicios por iniciativa de la EPS, por solicitud del titular, etc.)
- ❖ Las Infracciones y Sanciones.

Resolución Jefatural N° 274 – 2010 –ANA. Programa de Adecuación de Vertimiento y Reúso de Agua Residual - PAVER

De acuerdo a su artículo 1° el PAVER tiene como objetivo la adecuación a las disposiciones de la Ley de Recursos Hídricos de los vertimientos y reúsos de aguas residuales domésticas en curso que, a la actualidad, al entrar en vigencia del Reglamento de la citada ley no cuenten con las autorizaciones correspondientes. Dicho proceso de adecuación concluye con el otorgamiento de los permisos de autorización a los vertimientos o reúsos de aguas residuales tratadas que cumplan con las disposiciones del Título V de la Ley de Recursos Hídricos.

De acuerdo a lo señalado en el Art. 2 inciso 3, la inscripción en el PAVER obliga a ejecutar los compromisos asumidos en la “Declaración Jurada de Vertimiento o Reúso”, la que está sujeta a fiscalización posterior y no exime del cumplimiento de las medidas que dicte la Autoridad Nacional del Agua, en atención al principio precautorio cuando exista amenaza de grave riesgo a la salud humana o al medio ambiente.

Asimismo, la inscripción al PAVER implica el compromiso de pago de la retribución económica por vertimiento de agua residual tratada por metro cúbico, cuyo importe será notificado por la Administración Local del Agua.

Resolución Jefatural N° 224-2013-ANA - Reglamento para el Otorgamiento de Autorizaciones de Vertimiento y Reúso de Aguas Residuales Tratadas

El presente Reglamento tiene por objeto regular los procedimientos administrativos a seguir para el otorgamiento de autorizaciones, modificaciones y renovaciones de vertimiento de aguas residuales tratadas a cuerpos naturales de agua continental o marina y de reúso de aguas residuales tratadas. Mediante su artículo 4° se deroga la Resolución Jefatural N° 218-2012- ANA.

En su numeral 20.2, se señala que los requisitos del literal f), g), h) e i) del numeral 20.1 se entienden cumplidos con la aprobación del instrumento de gestión ambiental. Con lo cual, estos documentos que comprenden la memoria descriptiva del proceso industrial, memoria descriptiva del sistema de tratamiento de aguas residuales, copia de planos del sistema de tratamiento y dispositivo de descarga, manual de operación y mantenimiento; serán evaluados con el instrumento de gestión ambiental.

Según su cuarta disposición complementaria transitoria, el requisito j) del numeral 20.1 sólo será presentado cuando el instrumento de gestión ambiental haya sido aprobado con anterioridad a la vigencia de la Ley N°

29338 Ley de Recursos Hídricos. Es decir, la evaluación ambiental del efecto del vertimiento del cuerpo receptor que incluya el cálculo de la carga y dilución en el cuerpo receptor, la extensión de la zona de mezcla y los impactos en los ecosistemas acuáticos en la zona de mezcla, serán considerados en los instrumentos ambientales a presentarse a la autoridad ambiental competente.

Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo

Son aplicables a todo proyecto y actividad, cuyo desarrollo dentro del territorio nacional genere o pueda generar riesgos de contaminación del suelo en su emplazamiento y áreas de influencia. Los ECA - Suelo son objeto de uso exigible en el diseño y ejecución de todos los instrumentos de gestión ambiental, lo que incluye planes de descontaminación de suelos o similares (D.S N°002-2013/MINAM,2013).

TABLA N° 11: Estándares de Calidad Ambiental para el Suelo

| N° | Parámetros | Unidad | Aprovechamiento del Suelo | | | Método de Ensayo |
|----|------------------|-------------|---------------------------|------------------------------|--|------------------------------|
| | | | Suelo en Agricultura | Suelo en Residencia/ Parques | Suelo en Centros Comerciales / Industrias/ Extractivos | |
| I | Orgánicos | | | | | |
| 1 | Benceno | (mg/kg MS) | 0,03 | 0,03 | 0,03 | EPA 8260 - B EPA 8021 - B |
| 2 | Tolueno | (mg/kg MS) | 0,37 | 0,37 | 0,37 | EPA 8260 - B EPA 8021 - B |
| 3 | Etilbenceno | (mg/kg/ MS) | 0,082 | 0,082 | 0,082 | EPA 8260 - B EPA 8021 - B |
| 4 | Xileno | (mg/kg MS) | 11 | 11 | 11 | EPA 8260 - B EPA 8021 - B |
| 5 | Naftaleno | (mg/kg MS) | 0,1 | 0,6 | 22 | EPA 8260 - B |

| N° | Parámetros | Unidad | Aprovechamiento del Suelo | | | Método de Ensayo |
|-----------|------------------------------|----------------------------|---------------------------|------------------------------|--|--------------------------------------|
| | | | Suelo en Agricultura | Suelo en Residencia/ Parques | Suelo en Centros Comerciales / Industrias/ Extractivos | |
| 6 | Fracción de hidrocarburos F1 | (C5-C10) (MG/KG MS) | 200 | 200 | 500 | EPA 8015 - B |
| 7 | Fracción de hidrocarburos F2 | (C10-C28) (MG/KG MS) | 1200 | 1200 | 5000 | EPA 8015 - M |
| 8 | Fracción de hidrocarburos F3 | (C28-C40) (MG/KG MS) | 3000 | 3000 | 6000 | EPA 8015 - D |
| 9 | Benzo (a) pireno | | 0,1 | 0,7 | 0,7 | EPA 8270 - D |
| 10 | Bifelinos policlorados - PCB | (mg/kg MS) - (MG/KG MS) | 0,5 | 1,3 | 33 | EPA 8270 - D |
| 11 | Aldrin | (mg/Kg MS) | 2 | 4 | 10 | EPA 8270 - D |
| 12 | Endrin | (mg/kg MS) | 0,01 | 0,01 | 0,01 | EPA 8270 - D |
| 13 | DDT | (MG/Kg MS) | 0,7 | 0,7 | 12 | EPA 8270 - D |
| 14 | Heptacloro | (mg/kg MS) | 0,01 | 0,01 | 0,01 | EPA 8270 - D |
| II | Inorgánicos | | | | | |
| 15 | Cianuro libre | (mg/kg MS) | 0,9 | 0,9 | 8 | EPA 9013 - A/APHAWWA - WEF 4500 CN F |
| 16 | Arsénico total | (mg/kg MG) | 50 | 50 | 140 | EPA 3050 - B EPA 3051 |
| 17 | Bario total | (mg/kg MS) | 750 | 500 | 2000 | EPA 3050 - B EPA 3051 |
| 18 | Cadmio total | (mg/kg MS) | 1,4 | 10 | 22 | EPA 3050 - B EPA 3051 |

| N° | Parámetros | Unidad | Aprovechamiento del Suelo | | | Método de Ensayo |
|----|----------------|------------|---------------------------|------------------------------|--|--------------------------|
| | | | Suelo en Agricultura | Suelo en Residencia/ Parques | Suelo en Centros Comerciales / Industrias/ Extractivos | |
| 19 | Cromo VI | (mg/kg MS) | 0,4 | 0,4 | 1,4 | DIN 19734 |
| 20 | Mercurio total | (mg/kg MS) | 6,6 | 6,6 | 24 | EPA 7471 - B |
| 21 | Plomo total | (mg/kg MS) | 70 | 140 | 1200 | EPA 3050 - B EPA 3051 |

Fuente: D.S. N° 002-2013/MINAM, 2013.

Resolución Ministerial N° 085-2014-MINAM

Aprueban la Guía para el Muestreo de Suelos, que como Anexo N° 1 forma parte integrante de la Resolución Ministerial.

Asimismo, aprueban la Guía para la Elaboración de Planes de Descontaminación de Suelos, que como Anexo N° 2 forma parte integrante de la Resolución Ministerial.

Se establece que lo dispuesto en la Resolución, es de aplicación y cumplimiento obligatorio para los procesos de descontaminación de sitios contaminados, en trámite o por iniciarse, independientemente de su ámbito de ejecución.

CAPITULO III

VARIABLES E HIPÓTESIS

3.1 Variables de la investigación

3.1.1 Variable Independiente

Abono con lodo residual

Definición de la variable:

Los lodos residuales vienen a ser los subproductos obtenidos en las plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas o industriales y que en varios países son reutilizados como abonos para campos agrícolas debido a sus componentes.

3.1.2 Variable Dependiente

Contaminación del cultivo *Lactuca sativa*.

Definición de la variable:

Según Peñaloza (2012), contaminación viene a ser la modificación indeseable de la composición natural de un medio, y en cultivos viene ser la alteración de sus propiedades químicas o físicas.

3.2 Operacionalización de variables

3.2.1 Variable Independiente:

Abono con lodo residual

Definición operacional:

La definición operacional del abono con lodo residual se va a expresar mediante un solo indicador: la cantidad (en kilogramos) del lodo que se va a utilizar en cada una de las cuatro parcelas, considerando siempre que se utiliza el mismo lodo residual, solo que en diferentes cantidades; excepto en la parcela N°4 la cual no es abonada con lodo residual, ya que está considerada como la muestra de control.

3.2.2 Variable Dependiente:

Contaminación de cultivo *Lactuca sativa*

Definición operacional:

La definición operacional de la contaminación de cultivo *Lactuca sativa* se va a expresar mediante un solo indicador: la cantidad de *Escherichia coli* y huevos de helmintos, las cuales se expresan en sus unidades que son NMP/g (Enumeración de *Escherichia coli*) y N°/g (Conteo de huevos de helmintos) respectivamente, los cuales serán obtenidos mediante pruebas microbiológicas de laboratorio. Este indicador se utilizará para ser comparado con estándares internacionales para poder cumplir con los fines de la presente investigación.

TABLA N° 12: OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

| VARIABLES | DIMENSIONES | SUBDIMENSIONES | INDICADORES |
|--|--|-----------------|------------------|
| INDEPENDIENTE Abono con lodo residual | Parcela N°1: 3 kg. lodo/m ² | Características | Cantidad (kg) |
| | Parcela N°2: 2 kg. lodo/m ² | Características | Cantidad (kg) |
| | Parcela N°3: 1 kg. lodo/m ² | Características | Cantidad (kg) |
| | Parcela N°4: 0 kg. lodo/m ² (Muestra control) | Características | Cantidad (kg) |
| DEPENDIENTE Contaminación del cultivo <i>Lactuca sativa</i> | Presencia de <i>Escherichia coli</i> | Características | Cantidad (NMP/g) |
| | Presencia de Huevos de Helmintos | Características | Cantidad (N°/g) |

Fuente: Elaboración propia

3.3 Hipótesis General e Hipótesis Específica

3.3.1 Hipótesis General:

El abono con lodo residual de la planta de tratamiento Totorá sí contaminan con *Escherichia coli* y huevos helmintos a los cultivos de *Lactuca sativa*.

3.3.2 Hipótesis específicas

HE1: El análisis microbiológico sí demuestra la presencia de *Escherichia coli* y huevos de helmintos en los lodos provenientes de la Planta de tratamiento de aguas residuales domésticas “Totorá”.

HE2: Si existe variación en el incremento de la población de *Escherichia coli* y huevos de helmintos en un período de 15, 30 y 45 días en el cultivo de *Lactuca sativa* (Var. White boston).

HE3: El cultivo de *Lactuca sativa* (Var. White boston) no cuenta con la Calidad sanitaria e inocuidad para el consumo humano en relación a Norma Sanitaria que establece los Criterios Microbiológicos de Calidad Sanitaria e Inocuidad para Alimentos y Bebidas de Consumo Humano R.M. N° 591-2008/MINSA, 2008.

CAPITULO IV

METODOLOGÍA

4.1. Tipo de Investigación

Según VALDERRAMA SANTIAGO. Pasos para Elaborar Proyectos de Investigación Científica. Pág. (39). Perú. Editorial San Marcos. Quinta reimpresión octubre 2015, teniendo en cuenta la finalidad que persigue es aplicada porque el estudio busca conocer para hacer, actuar, construir y modificar, le preocupa la aplicación inmediata sobre una realidad concreta.

De acuerdo a lo citado anteriormente, la presente investigación realizada se alinea a las características de una investigación aplicada ya que se busca comprobar la contaminación de lechugas con *Escherichia coli* y huevos de helmintos, debido a que fueron abonadas con lodo residual de la planta de tratamiento de aguas residuales La Totorá en Ayacucho.

4.2 Diseño de Investigación

Para HERNANDEZ SAMPIERI. **Metodología de la Investigación**. Pág. 129. México. Editorial McGraw-Hill / Interamericana Editores S.A de C.V. Sexta edición 2014, un diseño experimental se utiliza cuando el investigador pretende establecer el posible efecto de una causa que se manipula. Se refiere a un diseño en el cual se va a realizar un

experimento. “Una acepción particular de experimento se refiere a un estudio en el que se manipulan intencionalmente una o más variables independientes, para analizar las consecuencias que la manipulación tiene sobre unas variables dependientes, dentro de una situación de control para el investigador” (Fleiss, 2013; O’ Brien, 2009 y Green, 2003). Menciona Sampieri que un tipo de diseño experimental son los diseños cuasiexperimentales, en la cual se manipulan al menos una variable independiente para observar su efecto sobre una o más variables dependientes.

Para Carrasco Díaz S. **Metodología de la Investigación Científica**. Pág. (70). Perú. Editorial San Marcos. Segunda Impresión 2009. “Los diseños cuasiexperimentales presentan los mismos tipos que los diseños experimentales puros o auténticos, con la única diferencia de que los grupos experimentales y de control no son formados al azar”. A su vez, Carrasco Díaz nos menciona que “en el diseño con posprueba únicamente y grupos intactos se presentan dos grupos, uno que recibe el estímulo experimental y el otro que no. La posprueba se administra con el propósito de medir los efectos de variable independiente sobre la independiente”

Esquema:

| | | |
|----------------|---|----------------|
| G ₁ | X | O ₁ |
| G ₂ | - | O ₂ |

De acuerdo a lo mencionado anteriormente se puede indicar que el presente trabajo de investigación presenta un diseño cuasiexperimental, debido a que manipulamos el abono con lodo residual (variable independiente) en diferentes cantidades según las parcelas del terreno, para poder observar el efecto que se genera sobre las lechugas, referente a la contaminación con *Escherichia coli* y huevos de helmintos. Asimismo, las parcelas fueron definidas antes del experimento, según experiencias de otros trabajos de investigación. No fueron formados al azar. El diseño con posprueba únicamente y grupos intactos que se presenta en nuestro trabajo de investigación contempla 4 grupos (G₁, G₂, G₃, G₄), teniendo 3 grupos que reciben el estímulo experimental (abono con lodo residual) y otro que no recibe ningún tipo de estímulo. El esquema se representa de la siguiente manera:

| | | |
|----------------|---|----------------|
| G ₁ | - | O ₁ |
| G ₂ | X | O ₂ |
| G ₃ | X | O ₃ |
| G ₄ | X | O ₄ |

4.3. Población y muestra:

Para realizar el presente experimento se requería escoger un huerto fértil para la siembra del cultivo de Lechuga *Lactuca sativa* (var. White de Boston), tomando como ejemplo a experiencias anteriores en tesis similares por diferentes autores utilizando huertos en sus propias casas verificando la fertilidad del suelo. Por tal motivo, se buscó y encontró un área cerca a la casa de uno de los tesisistas, donde se coordinó con el dueño del terreno para poder proceder.

4.3.1 Localización:

El terreno se encuentra en la Av. Apolio Ponce Mz. H lote 16 de la Urbanización Vipol – San Martín de Porres.

Figura 11. Terreno de experimento



Fuente: Google maps

Figura 12. Verificación del terreno vacío



Fuente: Google maps

4.3.2 Condiciones climáticas:

El Clima de Lima es muy variado. La temperatura media anual es de 18°C. Las temperaturas máximas de verano que pueden llegar a 30 ° C y las mínimas en invierno a 12 ° C, producen sensación de excesivo calor o de frío, en cada caso, debido a la alta humedad atmosférica. (ATLAS DEL PERÚ, 1989).

Según lo descrito en nuestra Base Científica 2.2.1, la lechuga puede crecer en cualquier época del año, manteniendo un clima fresco ni mucho ni mucho calor. Por lo que se concluye, que teniendo Lima un clima variado, no hay impedimento en el crecimiento de Lechuga.

4.3.3 Delimitación de la investigación:

Para la delimitación de la investigación se tuvo en consideración a experiencias anteriores de tesistas y confirmación de la confiabilidad por el Ing. Manuel Baca Rueda, tomando de la totalidad del terreno un parte del terreno para realizar la experimentación, siendo:

- Terreno a experimentar: 32 m²
- Parcela: 2m x 4m
- Separación de parcelas: 0.20m
- Separación de cada lechuga: 0.30m

Figura 13: Delimitación del terreno



Fuente: Elaboración Propia

4.3.4 Población

(Hernandez Sampieri Roberto, Fernandez Collado Carlos, Baptista Lucio Pilar, 2014) Definen población: “como el conjunto de todos los casos que concuerdan con una serie de especificaciones” (p. 174).

Para la población del terreno en elección, se debe considerar a todos los terrenos que cuenten con un suelo con pH 6,8 y 7,4 según la base científica en 2.2.1.

Según Juan José Ibáñez publicó en Madrid blogs que *“El pH del suelo es generalmente considerado adecuado en agricultura si se encuentra entre 6 y 7. En algunos suelos, incluso con un pH natural de 8, pueden obtenerse buenos rendimientos agropecuarios. Sin embargo, a partir de tal umbral las producciones de los cultivos pueden mermarse ostensiblemente. En la mayoría de los casos, los pH altos son indicadores de la presencia de sales solubles, por lo que se requeriría acudir al uso de cultivos adaptados a los ambientes salinos. Del mismo modo, un pH muy ácido, resulta ser otro factor limitante para el desarrollo de los cultivares, el cual puede corregirse mediante el uso de enmiendas como la cal. Del mismo modo, a veces se aplican de compuestos de azufre con vistas a elevar el pH de los suelos fuertemente ácidos.”*

Para ello se consideró 2 tipos de suelos y se eligió el AL-0001, porque cuenta con un Ph 7.51.

Interpretación de la tabla con el suelo AL-001: (Anexo 2.2)

El suelo del terreno cuenta con un pH de 7.51 y para el cultivo de lechuga se requiere de un rango de 6.2 y 7.3, contando con una variación de 0.21.

Figura 14 : Cultivos y Rangos de pH

| CULTIVOS Y RANGO DE pH | | | |
|-------------------------------|-----------------|----------------|-----------------|
| <u>Cultivo</u> | <u>Rango pH</u> | <u>Cultivo</u> | <u>Rango pH</u> |
| Alfalfa | 6.2-7.8 | Col | 5.6-7.3 |
| Espárragos | 6.2-7.8 | Pepino | 5.6-7.3 |
| Coliflor | 5.8-7.3 | Melón | 5.6-7.3 |
| Lechuga | 6.2-7.3 | Calabaza | 5.4-6.8 |
| Espinaca | 6.2-7.8 | Pimiento | 5.2-6.8 |
| Trébol | 5.5-7.5 | Nabo | 5.2-6.8 |
| Col | 5.5-7.2 | Tomate | 5.2-6.7 |
| Zanahoria | 5.7-7.0 | Berenjena | 5.2-6.0 |
| Cebada | 6.0-8.0 | Membrillo | 5.6-7.2 |
| Dactilo | 5.6-7.5 | Peral | 5.3-7.2 |
| Trigo | 6.0-7.5 | Manzano | 5.1-6.8 |
| Maíz | 6.0-7.0 | Vid | 6.0-7.5 |
| Soya | 5.0-7.5 | Melocotón | 5.0-6.8 |
| Avena | 5.0-7.5 | Fresa | 4.7-6.2 |
| Centeno | 5.0-7.2 | Arroz | 5.0-6.5 |
| Agrostis | 5.0-6.8 | Habas | 5.5-7.5 |
| Tabaco | 5.0-7.5 | Pallar | 6.0-7.0 |
| Papa | 5.0-7.0 | Arveja | 6.0-7.5 |
| Apio | 6.0-7.5 | Acelga | 6.0-7.5 |
| Rábano | 6.0-7.4 | Camote | 5.8-7.0 |
| Cebolla | 6.0-7.4 | Caña azúcar | 5.5-8.0 |
| Coliflor | 5.7-7.3 | Piña | 5.0-6.0 |
| Brócoli | 5.7-7.3 | | |

Adaptado de Fassbender - Worthen y Aldrich - Alonso Dominguez)

Fuente: Revista del cultivo de la papa del Ministerio de Agricultura y Riego

Así mismo como la cantidad de nutrientes, siendo:

Calcio: 8.58

Magnesio: 4.30

Potasio: 3.54

Materia Orgánica: 15.88

Figura 15 : Elementos solubles en 100 g de suelo seco a 105 °C.

| Categorías | Calcio (/meq/100 g) | Magnesio (meq/100 g) | Potasio (meq/100 g) | Materia orgánica (%) |
|------------|---------------------|----------------------|---------------------|----------------------|
| Muy pobre | Menor de 1 | Menos de 0,5 | Menos de 0,1 | Menos de 0,5 |
| Pobre | 1,0 a 2,5 | 0,5 a 1,0 | 0,1 a 0,3 | 0,5 a 1,0 |
| Moderado | 2,5 a 4,0 | 1,0 a 2,0 | 0,3 a 0,5 | 1,0 a 1,5 |
| Normal | 4,0 a 7,5 | 2,0 a 3,0 | 0,5 a 0,8 | 1,5 a 2,0 |
| Muy bueno | 7,5 a 12,5 | 3,0 a 5,0 | 0,8 a 1,0 | 2,0 a 3,5 |
| Rico | 12,5 a 20,0 | 5,0 a 6,5 | 1,0 a 1,5 | 3,5 a 5,0 |
| Muy rico | más de 20 | más de 6,5 | más de 1,5 | Más de 5,0 |

Fuente: Revista del cultivo de la papa del Ministerio de Agricultura y Riego

Extrapolando la información obtenida por el análisis de suelo y fuente del Ministerio de Agricultura y Riego, se puede decir que el suelo es fértil para realizar el experimento.

Para la población de Lodos, serán todos los lodos de las plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas entregados a la población directamente. Para ello, se tomó como antecedente el informe de la Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (SUNASS, 2015) Diagnóstico de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas (PTARD) en el ámbito de operación de entidades prestadoras de servicio de saneamiento, mencionan que se encontraron registros de entrega de lodos de las Plantas de Tratamientos de Totorá y Chilipina (ubicadas en Ayacucho y Arequipa respectivamente) hacia los

agricultores. Escogiendo por su ubicación a la Planta de Tratamientos de Aguas Residuales domésticas Totorá en Ayacucho.

Resaltar la importancia de la comprobación de la presencia de *Escherichia coli* y huevos de helmintos en los lodos, para el cumplimiento del objetivo en detectar la transferencia de contaminación de lodos hacia la lechuga.

Interpretando los valores de la muestra de lodos del anexo 2, se puede concluir que en los lodos primarios de la muestra hay presencia de *E. coli* y huevos de helmintos.

Figura 16. Caracterización y composición de lodos

| Parámetro | Lodos primarios | Lodos secundarios (mezcla) | Lodos digeridos |
|-------------------------------------|----------------------------------|----------------------------|-----------------|
| pH | 5.5-6.5 | 6.5-7.5 | 6.8-7.6 |
| Contenido de agua (%) | 92-96 | 97.5-98 | 94-97 |
| SSV (% ss) | 70-80 | 80-90 | 55-65 |
| Grasas (% ss) | 12-14 | 3-5 | 4-12 |
| Proteínas (% ss) | 4-14 | 20-30 | 10-20 |
| Carbohidratos (% ss) | 8-10 | 6-8 | 5-8 |
| Nitrógeno (% ss) | 2-5 | 1-6 | 3-7 |
| Fosforo (% ss) | 0.5-1.5 | 1.5-2.5 | 0.5-1.5 |
| Bacterias patógenas (NMP/100 ml) | 10 ³ -10 ⁵ | 100-1000 | 10-100 |
| Metales pesados (% ss) (Zn, Cu, Pb) | 0.2-2 | 0.2-2 | 0.2-2 |

Fuente: Hernández M. A, 1992. SSV: Sólidos Suspendedos Volátiles, NMP: Número Más Probable, SS: Sólidos Suspendedos.

Fuente: (MARQUINA, MARTINEZ, 2016)

La población de Lechuga se obtuvo en 200 unidades, con 50 lechugas cada parcela.

4.3.5 Muestra:

- **Método de Muestreo probabilístico**

“Son estrategias de selección de elementos que se sustentan en el principio de selección aleatoria. En la práctica esto significa que todos los elementos de la población tienen una probabilidad conocida y distinta de 0 de pertenecerá la muestra. La aleatoriedad no es atributo de una muestra, sino del proceso de selección utilizado” (Vivanco, 2005).

Muestreo Aleatorio Simple: Se escogió este método porque solo cuenta con un parámetro distinto, siendo la cantidad de abono en cada parcela.

En los Lodos, las condiciones de transporte y distribución fueron iguales. Por ello, se tomó la distribución por antecedentes de tesis en experiencias similares.

Las lechugas se cultivaron, regado y acondicionado a todas en las mismas condiciones.

TABLA N° 13: Distribución de componentes del cultivo *Lactuca sativa*

| Parcela Lodo | Masa | Total lodo | Cantidad de Lechuga |
|-------------------------|--------------------------|------------|---------------------|
| N°1 (8 m ²) | 3Kg. lodo/m ² | 24 Kg. | 50 |
| N°2 (8 m ²) | 2Kg. lodo/m ² | 16 Kg. | 50 |
| N°3 (8 m ²) | 1Kg. lodo/m ² | 8 Kg. | 50 |
| N°4 (8 m ²) | Muestra control | 0 Kg, | 50 |

Fuente: Elaboración Propia

➤ **Tamaño de Muestra**

El tamaño de muestra lo determinó el laboratorio, porque para realizar la evaluación mínimo debe ser de 100 gramos.

Por tal motivo, se cosechó 4 lechugas al azar que aproximadamente pesaban entre 100-250 gramos. Esta selección se realizó para las 4 parcelas en una frecuencia de 15, 30 y 45 días.

TABLA N° 14: Cantidad de unidades de lechuga por parcela

| Días | Parcelas | | | |
|------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | Parcela 1 | Parcela 2 | Parcela 3 | Parcela 4 |
| 15 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| 30 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| 45 | 4 | 4 | 4 | 4 |

Fuente: Elaboración Propia

4.4. Técnicas e Instrumentos para la investigación

4.4.1. Técnicas:

El método de NÚMERO MAS PROBABLE (NMP) es una estrategia eficiente de estimación de densidades poblacionales especialmente cuando una evaluación cuantitativa de células individuales no es factible. La técnica se basa en la determinación de presencia o ausencia (positivo o negativo) en réplicas de diluciones consecutivas de atributos particulares de microorganismos presentes en muestras de suelo u otros ambientes. Por lo tanto, un requisito importante de este método es la necesidad de poder reconocer un atributo particular de la población(es) en el medio de crecimiento a utilizarse. El estimado de densidad poblacional se obtiene del patrón de ocurrencia de ese atributo en diluciones seriadas y el uso de una tabla probabilística.

4.4.2. Instrumentos:

Se utilizaron los siguientes instrumentos:

- Terreno de 32m²
- 6 palos de 2 metros.
- Malla raschel 65% 4 metros de ancho x 30 metros de largo.
- Bandeja para almácigo de lechuga (2 unidades).
- Semillas de lechuga seda (20 sobres), cada sobre aprox. 40 semillas.
- Compostaje x 8 Kg.
- Agua x Medio litro por lechuga cada dos días (Total de días 45)
- Lodo x 72 Kg
- Pico, lampa, rastrillo, escalera
- 2 pabilos
- 2Kg de cal
- 20 bolsas de basura
- Muestras en Laboratorio

4.5. Análisis de datos

- **Recolección de Datos:** Teniendo en cuenta por base científica que una lechuga para cosechar debe ser entre 30 - 45 días después del trasplante, se seleccionó los días 15, 30 y 45 del desarrollo del cultivo para escoger al azar la muestra.

- **Confiabilidad de Laboratorio:** Laboratorio de Control de Calidad de Alimentos, Aguas y Ambiente de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, si bien es cierto no se encuentra inscrito en INACAL Instituto Nacional de Calidad, se confía en dicho laboratorio por su amplia experiencia en estudios de investigaciones de los mismos estudiantes de la universidad en mención, observándolo en la web:http://biologia.unmsm.edu.pe/investigacion/ICBAR/Brochure_Labs_FCB-ICBAR.pdf

- **Confiabilidad de los Resultados del Laboratorio de Control de Calidad de Alimentos, Aguas y Ambiente de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos:** El protocolo de la metodología utilizada son de derechos reservados por el laboratorio que realizo los análisis, siendo las siguientes:
 1. Num. de *Escherichia coli*. ICMSF Vol. 1. 138-142. 2000.
 2. Helminths. Método de Concentración – Centrifugación (Sedimentación, Flotación). OPS/CEPIS.1983.

- **Prueba error:** La investigación inició en noviembre del 2016, comenzando en la búsqueda de terreno, alquiler y

acondicionamiento del lugar. Luego se cultivó la población de lechugas y antes de cosechar, las lechugas fueron invadidas por mosquitos y gusano, todas las unidades. Sin embargo, para la siguiente prueba se realizó la limpieza del cultivo y removió el suelo, y se reutilizó la tierra del terreno.

CAPITULO V

RESULTADOS

Los resultados del presente capítulo son a continuación:

Las muestras deben ser aproximadamente en un pesaje de 100 gramos como mínimo para las pruebas en el laboratorio de Control de Calidad de alimentos de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, aguas y ambiente, realizadas 15, 30 y 45 días.



CAPITULO VI

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

6.1. Contrastación de hipótesis con los resultados.

HE1: El análisis microbiológico si demuestra la presencia de *Escherichia coli* y huevos de helmintos en los lodos provenientes de la Planta de tratamiento de aguas residuales domésticas “Totora”.

Comprobación:

Se realizó el monitoreo microbiológico del lodo, siendo los resultados

TABLA N° 15: Análisis microbiológico

| ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO | MUESTRA |
|-------------------------------|---------|
| <i>E. coli</i> (NMP/g) | 11 |
| Huevos de helmintos (N/4g) | 110 |

Fuente: Elaboración Propia

El análisis microbiológico si demuestra la presencia de *Escherichia coli* y huevos de helmintos en las muestras de lodo que se trajo de la PTARD “Totora”.

HE2: Si existe variación en el incremento de la población de *Escherichia coli* y huevos de helmintos en un período de 15, 30 y 45 días en el cultivo de *Lactuca sativa* (Var. White boston).

Comprobación:

De acuerdo con los resultados se realizó monitoreos microbiológicos para comprobar el incremento de microorganismos.

TABLA N° 16: Análisis de monitoreo microbiológico para *E. coli*

| | RESULTADOS DEL MONITOREO | | | |
|-----------------------------|---|---|---|---|
| | M1 | M2 | M3 | M4 |
| | NMP/g | | | |
| A los 15 días (27/04/18) | <3 | <3 | <3 | <3 |
| A los 30 días (15/05/18) | <3 | <3 | <3 | <3 |
| A los 45 días (31/05/18) | 23 | 7.4 | 43 | <3 |
| COMENTARIOS | Existe variación el último monitoreo donde comienza a aumentar las cantidades de <i>E. coli</i> | Existe variación el último monitoreo donde comienza a aumentar las cantidades de <i>E. coli</i> | Existe variación el último monitoreo donde comienza a aumentar las cantidades de <i>E. coli</i> | Siendo la muestra que no contiene ningún % de abono no existe variación en el tema de cantidades. |

Fuente: Elaboración Propia

TABLA N° 17: Análisis de monitoreo microbiológico para Huevos de Helmintos

| | RESULTADOS DEL MONITOREO | | | |
|--------------------------|--|----|----|----|
| | M1 | M2 | M3 | M4 |
| | 100g | | | |
| A los 15 días (27/04/18) | 0 | 0 | 0 | 0 |
| A los 30 días (15/05/18) | 0 | 0 | 0 | 0 |
| A los 45 días (31/05/18) | 0 | 0 | 0 | 0 |
| COMENTARIOS | No existe variación en los resultados del monitoreo. | | | |

Fuente: Elaboración Propia

HE3: El cultivo de *Lactuca sativa* (Var. White boston) no cuenta con la Calidad sanitaria e inocuidad para el consumo humano en relación a Norma Sanitaria que establece los Criterios Microbiológicos de Calidad Sanitaria e Inocuidad para Alimentos y Bebidas de Consumo Humano, R.M. N° 591-2008/MINSA,2008.

Comprobación:

Se realiza un cuadro comparativo de la norma R.M N° 591-2008/MINSA,2008 vs los resultados obtenidos por monitoreo.

TABLA N° 18: Cuadro comparativo

| Agente microbiano | m* | M** | Promedio de los Resultados del Monitoreos | | | |
|----------------------------------|-----------------|-----------------|---|-----|------|----|
| | | | M1 | M2 | M3 | M4 |
| <i>Escherichia coli.</i> (NMP/g) | 10 ² | 10 ³ | 9.7 | 4.5 | 16.3 | <3 |
| Huevos de helmintos (g) | - | - | 0 | 0 | 0 | 0 |

Fuente: Elaboración Propia

Donde:

*m= Límite microbiológico que separa la calidad aceptable de la rechazable. En general, un valor igual o menor a "m", representa un producto aceptable y los valores superiores a "m" indican lotes rechazables.

**M= Los valores de recuentos microbianos superiores a "M" son inaceptables, el alimento representa un riesgo para la salud.

El promedio de los resultados de monitoreo para *E.C* resultaron estar dentro del límite permisible, indicando que las lechugas son aptas para consumo humano y cumplen con la Norma Sanitaria que establece los Criterios Microbiológicos de Calidad Sanitaria e Inocuidad para Alimentos y Bebidas de Consumo Humano, R.M. N° 591-2008/MINSA,2008.

CAPITULO VII

CONCLUSIONES

1. Se concluye que el abono no contamina el cultivo de Lechuga *Lactuca sativa* (Var. White Boston) por lo que se encuentra dentro de límites permisibles según la Norma Sanitaria que establece los Criterios Microbiológicos de Calidad Sanitaria e Inocuidad para Alimentos y Bebidas de Consumo Humano, R.M. N° 591-2008/MINSA,2008.
2. Se concluye que la variación de la *E. coli* y huevos de helmintos no son significantes para generar daños en el cultivo de Lechuga, ya que se encuentra dentro de los parámetros de la Norma Sanitaria que establece los Criterios Microbiológicos de Calidad Sanitaria e Inocuidad para Alimentos y Bebidas de Consumo Humano, R.M. N° 591-2008/MINSA,2008.
3. El cultivo de Lechuga *Lactuca sativa* (Var. White Boston) se encuentra con la calidad sanitaria e inocuidad para el consumo humano, ya que se encuentra en relación a la Norma Sanitaria que establece los Criterios Microbiológicos de Calidad Sanitaria e Inocuidad para Alimentos y Bebidas de Consumo Humano, R.M. N° 591-2008/MINSA,2008.

4. Se concluye que los análisis microbiológicos si demuestra presencia de *E. coli* y huevos de helmintos, sin embargo, la variación no fue significativa para una contaminación dentro de los criterios de la Norma Sanitaria que establece los Criterios Microbiológicos de Calidad Sanitaria e Inocuidad para Alimentos y Bebidas de Consumo Humano, R.M. N° 591-2008/MINSA,2008.

CAPITULO VIII

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda que al inicio de las plantaciones de Lechuga se utilizó desinfectantes ecológicos, para eliminar la presencia de gusanos, moscas, entre otros; para que de esta manera no se vea alterado ningún tipo de resultado durante el proceso experimental del presente trabajo de investigación.
2. Se recomienda realizar el análisis de una muestra de lechuga contaminado in situ, es decir en las locaciones cercanas a la PTAR mencionada, ya que las condiciones son distintas como, por ejemplo: el regado es con agua del río Alameda - Ayacucho, presencia de residuos sólidos, presencia de animales, entre otros.
3. Se recomienda que para el consumo de Lechuga se debe realizar un lavado exhaustivo, ya que la contaminación no solo proviene del lodo, sino de la calidad de agua y condiciones de origen.
4. El cultivo de lechuga es muy delicado con las condiciones climáticas, por tal motivo se recomienda vigilar su crecimiento. Darle revisiones visuales diarias para así poder evitar que muchas lechugas se sequen y ya no sean de importancia para el presente trabajo de investigación. Asimismo, se recomienda que el regado se realice por las noches, debido a que el regado durante el día puede causar que se sequen los cultivos.

5. Se recomienda no manipular directo el lodo a utilizar, ya que contiene diferentes patógenos en diferentes niveles.
6. En la aplicación de la Ingeniería Ambiental, se recomienda que los lodos antes de ser entregados como abonos, se deben monitorear para descartar la presencia de Huevos de Helmintos y *E.coli* y así evitar cualquier riesgo de contaminación tanto para el cultivo como el consumidor. Las plantas de tratamiento de aguas residuales también deberían realizar un previo tratamiento a los lodos antes de ser entregados de forma directa a los agricultores.

CAPITULO IX

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Carlos Aybar Escobar. (2005) *“Evaluación de la capacidad de remoción de bacterias coliformes fecales y demanda bioquímica de oxígeno de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales “La Totorá”.*
- Baena G. (2014) *Metodología de la investigación*, Mexico,D.F. Edt. Patria S.A. de C.V.
- Ortiz Laura, Gutiérrez Margarita, Sánchez Enrique. (1995) *“Propuesta de Manejo de los Lodos Residuales de la Planta de tratamiento de la Ciudad Industrial del Valle de Cuernavaca, Estado de Morelos, México”.*
<https://www.revistascca.unam.mx/rica/index.php/rica/article/view/30992>
- Elisa Silva Martínez y Pedro Martínez Paredes. (1997) *“Determinación de huevos de helmintos en las operaciones unitarias de la Planta de tratamiento de aguas residuales Chapultepec”.* www.bvsde.paho.org/bvsaidis/tratagua/mexicona/R-0001.pdf
- Antonio López, Ester Chamorro, Liliana Vergara y Enrique Utges. (2016)

“Estudio del lombricompuesto obtenido por biotransformación de lodos de Curtiembre al Tanino”.

www.researchgate.net/publication/265202133_ESTUDIO_DEL_LOMBRICOMPUESTO_OBTENIDO_POR_BIOTRANSFORMACION_DE_LODOS_DE_CURTIEMBRE_AL_TANINO

- Claudia Campos Pinilla², Ana Milena Contreras Y Fabio R. Leiva. Revista BioSalud. (2015) *“Evaluación del riesgo sanitario en un cultivo de Lechuga (Lactuca sativa) debido al riego con aguas Residuales sin tratar en el centro agropecuario marengo (Cundinamarca, Colombia)”.*
- Canassa C., De Camargo D., Fontoura S. (2007) *“Evaluación parasitológica de huevos, quistes y formas larvales de enteroparásitos encontrado en lechugas (Lactuca sativa) servido en restaurantes buffet en la ciudad de Curitiba, Estado de Paraná, Brasil”.*
http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/2010/artigos_teses/Biologia/Artigos/parasitas_alface.pdf
- Devera R., Blanco Y., González H., García L. (2006) *“Parásitos intestinales en lechugas comercializadas en mercados populares y supermercados de Ciudad Bolívar, Estado Bolívar, Venezuela”.*
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=199416676007>

- Huevos de helmintos.
<http://tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/18851/Capitulo2.pdf>
- Ortiz C., López M., Rivas F. (2012) *“Prevalencia de helmintos en la planta de aguas residuales del municipio El Rosal, Cundinamarca”*.
<https://scielosp.org/pdf/rsap/v14n2/v14n2a10.pdf>
- Pérez J. y Merino M. (2008) *“Contaminación”*.
<https://definicion.de/contaminacion/>
- Polo, Universidad de Nariño, tesis de pregrado, Colombia. (2014) *“Determinación de enteroparásitos en lechuga (Lactuca sativa) en Fincas dedicadas a su producción en el municipio de San Juan de Pasto-Nariño”*.
<http://biblioteca.udenar.edu.co:8085/atenea/biblioteca/90518.pdf>
- Tananta I. (2002) *“Presencia de enteroparásitos en lechuga (Lactuca sativa) en establecimiento de consumo público de alimentos del distrito de mercado de Lima”*.
http://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/cybertesis/3121/tananta_vi.pdf;jsessionid=37BAA57BE1CAFCE3D9F5774B97278A37?sequence=1
- Universidad de Antioquia. *Generalidades de Helmintos*.
http://medicina.udea.edu.co/parasitologia/Gral_Helmin.html
- República de Chile, Decreto 4. (2009) *“Reglamento para el manejo de lodos generados en plantas de tratamientos de aguas servidas”*.

www.estrucplan.com.ar/Legislacion/Chile/Dec00004-09.asp

- Norma Oficial Mexicana NOM-004-SEMARNAT-2002. (2002) *“Protección ambiental. Lodos y biosólidos. Especificaciones y límites máximos permisibles de contaminantes para su aprovechamiento y disposición final”*.

www.aguascalientes.gob.mx/imae/Leyes/pdfs/NOM-004.pdf

- Rafael de Freitas Zeitouni. Análisis crítico de la NORMA CETESB P 4.230. (2005) *“Sistemas de aplicación de lodos el tratamiento biológico en áreas agrícolas - criterios de diseño y operación”*.

www.iac.sp.gov.br/areadoinstituto/posgraduacao/dissertacoes/pb1803603.pdf

- Norma Oropeza García. (2006) *“Lodos residuales: estabilización y manejo”*.

http://dci.uqroo.mx/RevistaCaos/2006_Vol_1/Num_1/NO_Vol_I_21-30_2006.pdf

- Diario El Peruano. (2015) *“Estándar Calidad Ambiental de Aguas - Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM”*

- Diario El Peruano. (2013) *“Estándar de Calidad Ambiental de Suelo – Decreto Supremo N° 002-2013-MINAM”*.
- Enumeración Bacteriana.
<https://www.uprm.edu/biology/profs/massol/manual/p4-nmpenumeracion.pdf>

ANEXOS

1. Matriz de consistencia: “CONTAMINACIÓN DEL CULTIVO *Lactuca sativa* CON *Escherichia coli* Y HUEVOS DE HELMINTOS, ABONADOS CON LODO RESIDUAL DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO TOTORA-AYACUCHO”

| PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN | OBJETIVOS | HIPÓTESIS | VARIABLE | INDICADORES | METODOLOGÍA |
|---|---|---|---|--------------------------|--|
| PROBLEMA GENERAL | OBJETIVOS GENERAL | HIPOTESIS GENERAL | DEPENDIENTE: CONTAMINACIÓN DEL CULTIVO <i>Lactuca sativa</i> | Cantidad (kg) | Diseño experimental aplicado realizado en laboratorio microbiológico para la determinación de presencia de <i>E. coli</i> y huevos de helmintos. |
| ¿Existe contaminación con <i>Escherichia coli</i> y huevos helmintos en los cultivos de <i>Lactuca sativa</i> (var. White Boston) abonados con lodo residual de la planta de tratamiento Totorá? | Determinar la contaminación de <i>Escherichia coli</i> y huevos de helmintos en los cultivos <i>Lactuca sativa</i> (var. White Boston) abonados con lodo residual de la planta de tratamiento Totorá. | El abono con lodo residual de la planta de tratamiento Totorá si contaminan con <i>Escherichia coli</i> y huevos helmintos a los cultivos de <i>Lactuca sativa</i> . | | | |
| PROBLEMA ESPECIFICO | OBJETIVOS ESPECÍFICOS | HIPOTESIS ESPECIFICA | | | |
| PE1: ¿El análisis microbiológico informa la presencia de <i>Escherichia coli</i> y huevos de helmintos en los lodos provenientes de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas “Totorá” – Ayacucho | OE1: Determinar la presencia de <i>Escherichia coli</i> y huevos de helmintos en los lodos provenientes de la Planta de tratamiento de aguas residuales domésticas “Totorá”. | HE1: El análisis microbiológico si demuestra la presencia de <i>Escherichia coli</i> y huevos de helmintos en los lodos provenientes de la Planta de tratamiento de aguas residuales domésticas “Totorá”. | | | |

| | | | | | |
|--|---|---|--|-------------------------|--|
| <p>PE2: ¿Cuál es la calidad sanitaria e inocuidad para el consumo humano de la <i>Lactuca sativa</i> (Var. White boston) en relación a la Norma Sanitaria que establece los Criterios Microbiológicos de Calidad Sanitaria e Inocuidad para Alimentos y Bebidas de Consumo Humano, R.M. N° 591-2008/MINSA,2008 ?</p> | <p>OE2: Determinar la calidad sanitaria e inocuidad para el consumo humano de la <i>Lactuca sativa</i> (Var. White boston) en relación a la Norma Sanitaria que establece los Criterios Microbiológicos de Calidad Sanitaria e Inocuidad para Alimentos y Bebidas de Consumo Humano, R.M. N° 591-2008/MINSA,2008.</p> | <p>HE2: El cultivo de <i>Lactuca sativa</i> (Var. White boston) no cuenta con la Calidad sanitaria e inocuidad para el consumo humano en relación a Norma Sanitaria que establece los Criterios Microbiológicos de Calidad Sanitaria e Inocuidad para Alimentos y Bebidas de Consumo Humano, R.M. N° 591-2008/MINSA,2008.</p> | <p>INDEPENDIENTE: ABONO CON LODO DE PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES</p> | <p>Cantidad (NMP/g)</p> | |
| <p>PE3: ¿Existe variación en el incremento de la población de <i>Escherichia coli</i> y huevos de helmintos en un período de 15, 30 y 45 días en el cultivo de <i>Lactuca sativa</i> (Var. White boston)?</p> | <p>OE3: Determinar la variación en el incremento de la población de <i>Escherichia coli</i> y huevos de helmintos en un período de 15, 30 y 45 días en el cultivo de <i>Lactuca sativa</i> (Var. White boston).</p> | <p>HE: Si existe variación en el incremento de la población de <i>Escherichia coli</i> y huevos de helmintos en un período de 15, 30 y 45 días en el cultivo de <i>Lactuca sativa</i> (Var. White boston).</p> | | | |

2. Análisis de laboratorio

ANEXO 2.1 (LODO DE PTARD)



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

Av. La Molina s/n La Molina - Lima - Perú
Teléfono: 6147800 anexo 274



INFORME DE ENSAYO N° 1801022 - LMT

SOLICITANTE : HELLEN MARCA CHILENO

DESCRIPCIÓN DEL OBJETO ENSAYADO

MUESTRA : LODO
1801022)

| | |
|----------------------------|--|
| PROCEDENCIA | : PTAR Ayacucho |
| TIPO DE ENVASE | : Frasco de plástico |
| CANTIDAD DE MUESTRA | : 01 muestra x 01 und. x 2 000 g. aprox. |
| ESTADO Y CONDICIÓN | : En buen estado y cerrado |
| FECHA DE MUESTREO | : 2018 - 01 - 17 |
| FECHA DE RECEPCIÓN | : 2018 - 01 - 18 |
| FECHA DE INICIO DE ENSAYO | : 2018 - 01 - 18 |
| FECHA DE TÉRMINO DE ENSAYO | : 2018 - 01 - 25 |

RESULTADOS DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

| Análisis Microbiológico | Muestra 1801022 |
|--|----------------------|
| ¹ Enumeración de coliformes totales (NMP/g.) | 26 x 10 ⁴ |
| ¹ Enumeración de coliformes fecales (NMP/g.) | 32 |
| ¹ Enumeración de <i>Escherichia coli</i> (NMP/g.) | 11 |
| ² Conteo de larvas y huevos de Helmintos (N°/4g.) | 11 x 10 |

Método:

¹ International Commission on Microbiological Specifications for Foods, 1983, 2da Ed. Vol 1 Part II, (Trad. 1988) Reimp. 2000, Editorial Acribia

² Standard Methods for the Recovery and Enumeration of Helminth Ova in Wastewater, Sludge, Compost and Urine-Diversion Waste in South Africa (2008), Water Research Commission, Part 2, WRC Report N° TT32208.

Observaciones:

Informe de ensayo emitido sobre la base de resultados de nuestro laboratorio en muestra proporcionada por el solicitante.

Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin nuestra autorización escrita.

Validez del documento:

Este documento tiene validez sólo para la muestra descrita.

La Molina, 30 de enero de 2018

DRA. DORIS ZÚÑIGA DÁVILA

Jefe del Laboratorio de Ecología Microbiana
y Biotecnología "Marino Tabusso"
Universidad Nacional Agraria La Molina

Teléfono: 614 7800 anexo 274
E-mail: lmt@lamolina.edu.pe



ANEXO 2.2 (ANÁLISIS DE SUELO)



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE AGRONOMIA - DEPARTAMENTO DE SUELOS
LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES



ANALISIS DE SUELOS : CARACTERIZACION

Cliente : JULIO ZAPATA ALBUJAR
 Departamento : LIMA
 Predio : SAN MARTIN DE PORRAS
 Parcela : H.R. 58380-060SC-17

Bolt.: 260

Provincia : LIMA
 Predio :
 Fecha : 09/05/17

| Número de Muestra Claves | pH (1:1) | C.E. (1:1) dS/m | CaCO ₃ % | M.O. % | P ppm | K ppm | Análisis Mecánico | | | Clase Textural | CIC | Cationes Cambiables | | | | | Suma de Cationes | Suma de Bases | % Sat. De Bases |
|-----------------------------|-------------|-----------------------|------------------------|-----------|----------|----------|-------------------|-----------|--------------|-------------------|-------|---------------------|------------------|----------------|-----------------|-----------------------------------|------------------------|---------------------|-----------------------|
| | | | | | | | Arena % | Limo % | Arcilla % | | | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | K ⁺ | Na ⁺ | Al ³⁺ + H ⁺ | | | |
| ST-001 | 8.17 | 1.29 | 4.10 | 0.99 | 9.8 | 100 | 46 | 38 | 16 | Fr. | 14.40 | 11.78 | 1.95 | 0.26 | 0.41 | 0.00 | 14.40 | 14.40 | 100 |
| AL-001 | 7.51 | 4.87 | 2.10 | 15.88 | 268.6 | 2580 | 66 | 22 | 12 | Fr.A. | 17.28 | 8.58 | 4.30 | 3.54 | 0.86 | 0.00 | 17.28 | 17.28 | 100 |

Nota : A.Fr. = Arena Franca ; Fr.A. = Franco Arenoso ; Fr. = Franco ; Fr.L. = Franco Limoso ; L = Limoso ; Fr.Ar.A. = Franco Arcillo Arenoso ; Fr.Ar. = Franco Arcilloso ;
 = Franco Arcillo Limoso ; Ar.A. = Arcillo Arenoso ; Ar.L. = Arcillo Limoso ; Ar. = Arcilloso



Dr. Sady García Bendezu
 Jefe del Laboratorio

ANEXO 2.3. TIERRA DE CULTIVO (MUESTRA SIN CONTAMINACIÓN)



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD DE ALIMENTOS, AGUAS y
AMBIENTE.

INFORME N° 209-2018

ESTUDIO REALIZADO : Análisis Microbiológico.
MUESTRA : TIERRA DE CULTIVO
PRESENTACIÓN : En bolsa ziploc x 500 g
FECHA DE RECEPCIÓN : 27 de abril del 2018. HORA: 09:40
FECHA DE ANÁLISIS : 27 de abril del 2018. HORA: 12:00
SOLICITANTE : PAMELA LIZBETH CUISANO MARREROS
DIRECCIÓN : Jr. Valencia 335 Año nuevo – COMAS.

I. RESULTADO.-

- Numeración de *Escherichia coli* : < 3 NMP/g
- Huevos de helmintos : 0/100g

1. Num. de *Escherichia coli*. DCMSF Vol. 1. 138-142. 2000.
2. Helmintos. Método de Concentración – Centrifugación (Sedimentación, Flotación). OPS/CEPIIS.1983.

Lima, 04 de mayo del 2018.

E. N. M. S. M.
Lab. Control de Calidad Alimentos y Aguas

C. GERMAN VELA GARCIA
DIRECTOR

ANEXO 2.4. LECHUGA – M1 (27/04/2018)



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD DE ALIMENTOS, AGUAS y
AMBIENTE.

INFORME N° 211-2018

ESTUDIO REALIZADO : Análisis Microbiológico.
MUESTRA : LECHUGA – MI
PRESENTACIÓN : En bolsa ziploc x 50 g
FECHA DE RECEPCIÓN : 27 de abril del 2018. HORA: 09:40
FECHA DE ANÁLISIS : 27 de abril del 2018. HORA: 12:30
SOLICITANTE : PAMELA LIZBETH CUISANO MARREROS
DIRECCIÓN : Jr. Valencia 335 Año nuevo – COMAS.

I. RESULTADO-

| | | Limite permisible * |
|---|-------------|-----------------------|
| - Numeración de <i>Escherichia coli</i> | : < 3 NMP/g | 10 ² NMP/g |
| - Huevos de helmintos | : 0/100g | ** |

1. Num. de *Escherichia coli*: NCMSF Vol. 1. 138-142. 2000.
 2. Helmintos. Método de Concentración – Centrifugación (Sedimentación, Flotación). OPS/CEPIS 1983.
- ** No aplica para este parámetro

II. CALIFICACIÓN- CONFORME *

* De acuerdo con la "Norma Sanitaria que establece los Criterios Microbiológicos de Calidad Sanitaria e Inocuidad para Alimentos y Bebidas de Consumo Humano". R.M. N° 591-2008/MINSA.

Lima, 04 de mayo del 2018.



ANEXO 2.5. LECHUGA – M2 (27/04/2018)



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD DE ALIMENTOS, AGUAS y
AMBIENTE.

INFORME N° 212-2018

ESTUDIO REALIZADO : Análisis Microbiológico.
MUESTRA : **LECHUGA – M2**
PRESENTACIÓN : En bolsa ziploc x 50 g
FECHA DE RECEPCIÓN : 27 de abril del 2018. HORA: 09:40
FECHA DE ANÁLISIS : 27 de abril del 2018. HORA: 12:40
SOLICITANTE : PAMELA LIZBETH CUISANO MARREROS
DIRECCIÓN : Jr. Valencia 335 Año nuevo – COMAS.

I. RESULTADO.-

| | | <u>Limite permisible *</u> |
|---|-------------|----------------------------|
| - Numeración de <i>Escherichia coli</i> | : < 3 NMP/g | 10 ² NMP/g |
| - Huevos de helmintos | : 0/100g | ** |

1. Num. de *Escherichia coli*. ICMSF Vol. 1. 138-142. 2000.
2. Helmintos. Método de Concentración – Centrifugación (Sedimentación, Flotación). OPS/CEPIS. 1983.
** No aplica para este parámetro

II. CALIFICACIÓN.- **CONFORME ***

* De acuerdo con la "Norma Sanitaria que establece los Criterios Microbiológicos de Calidad Sanitaria e Inocuidad para Alimentos y Bebidas de Consumo Humano". R.M. N° 591-2008/MINSA.

Lima, 04 de mayo del 2018.

U. N. M. S. M.
v. Control de Calidad Alimentos y Aguas

L. GERMAN VENEGAS
DIRECTOR

ANEXO 2.6. LECHUGA – M3 (27/04/2018)



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD DE ALIMENTOS, AGUAS y
AMBIENTE.

INFORME N° 213-2018

ESTUDIO REALIZADO : Análisis Microbiológico.
MUESTRA : LECHUGA – M3
PRESENTACIÓN : En bolsa ziploc x 50 g
FECHA DE RECEPCIÓN : 27 de abril del 2018. HORA: 09:40
FECHA DE ANÁLISIS : 27 de abril del 2018. HORA: 12:50
SOLICITANTE : PAMELA LIZBETH CUISANO MARREROS
DIRECCIÓN : Jr. Valencia 335 Año nuevo – COMAS.

I. RESULTADO-

| | | <u>Limite permisible *</u> |
|---|-------------|----------------------------|
| - Numeración de <i>Escherichia coli</i> | : < 3 NMP/g | 10 ² NMP/g |
| - Huevos de helmintos | : 0/100g | ** |

1. Num. de *Escherichia coli* ICMSF Vol. 1. 133-142. 2000.
2. Helmintos Método de Concentración – Centrifugación (Sedimentación, Flotación). OPS/CEPIS. 1983.
** No aplica para este parámetro

II. CALIFICACIÓN- **CONFORME** *

* De acuerdo con la "Norma Sanitaria que establece los Criterios Microbiológicos de Calidad Sanitaria e Inocuidad para Alimentos y Bebidas de Consumo Humano". R.M. N° 591-2008/MINSA.

Lima, 04 de mayo del 2018.



ANEXO 2.7. LECHUGA – M4 (27/04/2018)

Foto 1. Lechuga – M4 (27/04/2018)

| | |
|--|---|
|  | UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD DE ALIMENTOS, AGUAS y AMBIENTE. |
| <u>INFORME N° 214-2018</u> | |
| ESTUDIO REALIZADO | : Análisis Microbiológico. |
| MUESTRA | : LECHUGA – M4 |
| PRESENTACIÓN | : En bolsa ziploc x 50 g |
| FECHA DE RECEPCIÓN | : 27 de abril del 2018. HORA: 09:40 |
| FECHA DE ANÁLISIS | : 27 de abril del 2018. HORA: 13:00 |
| SOLICITANTE | : PAMELA LIZBETH CUISANO MARREROS |
| DIRECCIÓN | : Jr. Valencia 335 Año nuevo – COMAS. |
| I. <u>RESULTADO.-</u> | |
| | <u>Limite permisible *</u> |
| - Numeración de <i>Escherichia coli</i> | : < 3 NMP/g 10 ² NMP/g |
| - Huevos de helmintos | : 0/100g ** |
| <small>1. Num. de <i>Escherichia coli</i>. ICMSF Vol. 1. 139-142. 2000. 2. Helmintos. Método de Concentración – Centrifugación (Sedimentación, Flotación). OPS/CEPIS. 1983. ** No aplica para este parámetro</small> | |
| II. <u>CALIFICACIÓN.-</u> <u>CONFORME *</u> | |
| * De acuerdo con la “Norma Sanitaria que establece los Criterios Microbiológicos de Calidad Sanitaria e Inocuidad para Alimentos y Bebidas de Consumo Humano”. R.M. N° 591-2008/MINSA. | |
| Lima, 04 de mayo del 2018. | |
|  U. N. M. S. M. Lab. Control de Calidad Alimentos y Aguas L ^{ta} . GERMAN VENGGARA ULPE DIRECTOR | |
| <small>Ciudad Universitaria -AV. VENEZUELA CDRA. 34 - LIMA Tel. 619-7000 Anexo 1535, Cel. 9726251116.</small> | |

ANEXO 2.8. LECHUGA – M1 (15/05/2018)



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD DE ALIMENTOS, AGUAS y
AMBIENTE.

INFORME N° 258-2018

ESTUDIO REALIZADO : Análisis Microbiológico.
MUESTRA : LECHUGA – MI
PRESENTACIÓN : En bolsa ziploc x 250 g
FECHA DE RECEPCIÓN : 15 de mayo del 2018. HORA: 16:00
FECHA DE ANÁLISIS : 15 de mayo del 2018. HORA: 17:00
SOLICITANTE : PAMELA LIZBETH CUISANO MARREROS
DIRECCIÓN : Jr. Valencia 335 Año nuevo – COMAS.

I. RESULTADO.-

| | | <u>Limite permisible *</u> |
|---|-------------|----------------------------|
| - Numeración de <i>Escherichia coli</i> | : < 3 NMP/g | 10 ² NMP/g |
| - Huevos de helmintos | : 0/100g | ** |

1. Num. de *Escherichia coli*. ICMSF Vol. 1. 138-142. 2008.
2. Helmintos. Método de Concentración – Centrifugación (Sedimentación, Flotación). OPS/CEPIB.1983.
** No aplica para este parámetro

II. CALIFICACIÓN.- **CONFORME ***

* De acuerdo con la "Norma Sanitaria que establece los Criterios Microbiológicos de Calidad Sanitaria e Inocuidad para Alimentos y Bebidas de Consumo Humano". R.M. N° 591-2008/MINSA.

Lima, 22 de mayo del 2018.

U. N. M. S. M.
Lab. Control de Calidad Alimentos y Aguas

DIRECCIÓN

ANEXO 2.9. LECHUGA – M2 (15/05/2018)



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD DE ALIMENTOS, AGUAS y
AMBIENTE.

INFORME N° 259-2018

ESTUDIO REALIZADO : Análisis Microbiológico.
MUESTRA : LECHUGA – M2
PRESENTACIÓN : En bolsa ziploc x 250 g
FECHA DE RECEPCIÓN : 15 de mayo del 2018. HORA: 16:00
FECHA DE ANÁLISIS : 15 de mayo del 2018. HORA: 17:20
SOLICITANTE : PAMELA LIZBETH CUISANO MARREROS
DIRECCIÓN : Jr. Valencia 335 Año nuevo – COMAS.

I. RESULTADO.-

| | | <u>Limite permisible *</u> |
|---|-------------|----------------------------|
| - Numeración de <i>Escherichia coli</i> | : < 3 NMP/g | 10 ² NMP/g |
| - Huevos de helmintos | : 0/100g | ** |

1. Num. de *Escherichia coli*. ICMSF Vol. 1. 138-142. 2000.
2. Helmintos. Método de Concentración – Centrifugación (Sedimentación, Flotación). OPS/CEPBS.1983.
** No aplica para este parámetro

II. CALIFICACIÓN.- CONFORME *

* De acuerdo con la "Norma Sanitaria que establece los Criterios Microbiológicos de Calidad Sanitaria e Inocuidad para Alimentos y Bebidas de Consumo Humano". R.M. N° 591-2008/MINSA.

Lima, 22 de mayo del 2018.

U. N. M. S. M.
LAB. Control de Calidad Alimentos y Aguas

GERMAN VENGERA
DIRECTOR

ANEXO 2.10. LECHUGA – M3 (15/05/2018)



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD DE ALIMENTOS, AGUAS y
AMBIENTE.

INFORME N° 260-2018

ESTUDIO REALIZADO : Análisis Microbiológico.
MUESTRA : LECHUGA – M3
PRESENTACIÓN : En bolsa ziploc x 250 g
FECHA DE RECEPCIÓN : 15 de mayo del 2018. HORA: 16:00
FECHA DE ANÁLISIS : 15 de mayo del 2018. HORA: 17:40
SOLICITANTE : PAMELA LIZBETH CUISANO MARREROS
DIRECCIÓN : Jr. Valencia 335 Año nuevo – COMAS.

I. RESULTADO.-

| | | <u>Limite permisible *</u> |
|---|-------------|----------------------------|
| - Numeración de <i>Escherichia coli</i> | : < 3 NMP/g | 10 ² NMP/g |
| - Huevos de helmintos | : 0/100g | ** |

- 1. Num. de *Escherichia coli*. ICMSF Vol. 1. 138-142. 2000.
2. Helmintos. Método de Concentración – Centrifugación (Sedimentación, Flotación). OPS/CEPIS.1983.
** No aplica para este parámetro

II. CALIFICACIÓN.- CONFORME *

* De acuerdo con la "Norma Sanitaria que establece los Criterios Microbiológicos de Calidad Sanitaria e Inocuidad para Alimentos y Bebidas de Consumo Humano". R.M. N° 591-2008/MINSA.

Lima, 22 de mayo del 2018.

U. N. M. S. M.
LAB. Control de Calidad Alimentos y Aguas

L. GERMAN VELAZQUEZ
DIRECTOR

ANEXO 2.11. LECHUGA – M4 (15/05/2018)



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD DE ALIMENTOS, AGUAS y
AMBIENTE.

INFORME N° 261-2018

ESTUDIO REALIZADO : Análisis Microbiológico.
MUESTRA : LECHUGA – M4
PRESENTACIÓN : En bolsa ziploc x 250 g
FECHA DE RECEPCIÓN : 15 de mayo del 2018. HORA: 16:00
FECHA DE ANÁLISIS : 15 de mayo del 2018. HORA: 18:00
SOLICITANTE : PAMELA LIZBETH CUISANO MARREROS
DIRECCIÓN : Jr. Valencia 335 Año nuevo – COMAS.

I. RESULTADO.-

| | | <u>Limite permisible *</u> |
|---|-------------|----------------------------|
| - Numeración de <i>Escherichia coli</i> | : < 3 NMP/g | 10 ² NMP/g |
| - Huevos de helmintos | : 0/100g | ** |

- 1. Num. de *Escherichia coli*. ICMSF Vol. 1. 138-142. 2000.
2. Helmintos. Método de Concentración – Contribución (Sedimentación, Flotación). OPS/CEPS.1983.
** No aplica para este parámetro

II. CALIFICACIÓN.- CONFORME.*

* De acuerdo con la "Norma Sanitaria que establece los Criterios Microbiológicos de Calidad Sanitaria e Inocuidad para Alimentos y Bebidas de Consumo Humano". R.M. N° 591-2008/MINSA.

Lima, 22 de mayo del 2018.

U. N. M. S. M.
LAB. Control de Calidad Alimentos y Aguas

L. GERMAN VEIGA
DIRECCIÓN

ANEXO 2.12. LECHUGA – M1 (31/05/2018)



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD DE ALIMENTOS, AGUAS y
AMBIENTE.

INFORME N° 275-2018

ESTUDIO REALIZADO : Análisis Microbiológico.
MUESTRA : LECHUGA – M1
F. muestreo: 30/05/18
PRESENTACIÓN : En bolsa ziploc x 250 g
FECHA DE RECEPCIÓN : 31 de mayo del 2018. HORA: 14:30
FECHA DE ANÁLISIS : 31 de mayo del 2018. HORA: 15:00
SOLICITANTE : PAMELA LIZBETH CUISANO MARREROS
DIRECCIÓN : Jr. Valencia 335 Año nuevo – COMAS.

I. RESULTADO.-

| | | <u>Limite permisible *</u> |
|---|------------|----------------------------|
| - Numeración de <i>Escherichia coli</i> | : 23 NMP/g | 10 ² NMP/g |
| - Huevos de helmintos | : 0/100g | ** |

1. Num. de *Escherichia coli*. ICMSF Vol. 1. 138-142. 2000.
2. Helmintos. Método de Concentración – Centrifugación (Sedimentación, Flotación). OPS/CEPBS.1983.
** No aplica para este parámetro

II. CALIFICACIÓN.- CONFORME *

* De acuerdo con la "Norma Sanitaria que establece los Criterios Microbiológicos de Calidad Sanitaria e Inocuidad para Alimentos y Bebidas de Consumo Humano". R.M. N° 591-2008/MINSA.

Lima, 07 de junio del 2018.

U. N. M. S. M.
Un. Control de Calidad Alimentos y Aguas

L. GERMAINE VENGARA
DIRECTORA

ANEXO 2.13. LECHUGA – M2 (31/05/2018)

Foto 2. Lechuga – M2 (31/05/2018)

| | |
|---|---|
|  | UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD DE ALIMENTOS, AGUAS y AMBIENTE. |
| <u>INFORME N° 276-2018</u> | |
| ESTUDIO REALIZADO | : Análisis Microbiológico. |
| MUESTRA | : LECHUGA – M2 F. muestreo: 30/05/18 |
| PRESENTACIÓN | : En bolsa ziploc x 250 g |
| FECHA DE RECEPCIÓN | : 31 de mayo del 2018. HORA: 14:30 |
| FECHA DE ANÁLISIS | : 31 de mayo del 2018. HORA: 15:20 |
| SOLICITANTE | : PAMELA LIZBETH CUISANO MARREROS |
| DIRECCIÓN | : Jr. Valencia 335 Año nuevo – COMAS. |
| <hr/> | |
| I. <u>RESULTADO.-</u> | <u>Limite permisible *</u> |
| - Numeración de <i>Escherichia coli</i> | : 7.4 NMP/g 10 ² NMP/g |
| - Huevos de helmintos | : 0/100g ** |
| <small>***** 1. Num. de <i>Escherichia coli</i>. ICMSF Vol. 1. 138-142. 2000. 2. Helmintos. Método de Concentración – Centrifugación (Sedimentación, Flotación). OPS/CEPIS 1983. ** No aplica para este parámetro</small> | |
| II. <u>CALIFICACIÓN.-</u> | <u>CONFORME *</u> |
| * De acuerdo con la "Norma Sanitaria que establece los Criterios Microbiológicos de Calidad Sanitaria e Inocuidad para Alimentos y Bebidas de Consumo Humano". R.M. N° 591-2008/MINSA. | |
| Lima, 07 de junio del 2018. | |
|  | |
| <small>Ciudad Universitaria -AV. VENEZUELA CDRA. 34 - LIMA Tel. 619-7000 Anexo 1535, Cel. 972625116.</small> | |

ANEXO 2.14. LECHUGA – M3 (31/05/2018)



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD DE ALIMENTOS, AGUAS y
AMBIENTE.

INFORME N° 280-2018

ESTUDIO REALIZADO : Análisis Microbiológico.
MUESTRA : LECHUGA – M3
F. muestreo: 30/05/18
PRESENTACIÓN : En bolsa ziploc x 250 g
FECHA DE RECEPCIÓN : 31 de mayo del 2018. HORA: 14:30
FECHA DE ANÁLISIS : 31 de mayo del 2018. HORA: 15:40
SOLICITANTE : PAMELA LIZBETH CUISANO MARREROS
DIRECCIÓN : Jr. Valencia 335 Año nuevo – COMAS.

I. RESULTADO.-

| | | <u>Limite permisible *</u> |
|---|------------|----------------------------|
| - Numeración de <i>Escherichia coli</i> | : 43 NMP/g | 10 ² NMP/g |
| - Huevos de helmintos | : 0/100g | ** |

1. N° de *Escherichia coli*. ICMSF Vol. 1, 138-142, 2008.
2. Helmintos. Método de Concentración – Centrifugación (Sedimentación, Flotación). OPS/CEPIS.1983.
** No aplica para este parámetro

II. CALIFICACIÓN.- CONFORME.*

* De acuerdo con la "Norma Sanitaria que establece los Criterios Microbiológicos de Calidad Sanitaria e Inocuidad para Alimentos y Bebidas de Consumo Humano". R.M. N° 591-2008/MINSA.

Lima, 07 de junio del 2018.

U. N. M. S. M.
Lab. Central de Calidad Alimentos y Aguas

P. CUISANO MARREROS
D. I. M. G. Y. C.

ANEXO 2.15. LECHUGA – M4 (31/05/2018)



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD DE ALIMENTOS, AGUAS y
AMBIENTE.

INFORME N° 281-2018

ESTUDIO REALIZADO : Análisis Microbiológico.
MUESTRA : LECHUGA – M4
F. muestreo: 30/05/18
PRESENTACIÓN : En bolsa ziploc x 250 g
FECHA DE RECEPCIÓN : 31 de mayo del 2018. HORA: 14:30
FECHA DE ANÁLISIS : 31 de mayo del 2018. HORA: 16:00
SOLICITANTE : PAMELA LIZBETH CUISANO MARREROS
DIRECCIÓN : Jr. Valencia 335 Año nuevo – COMAS.

I. RESULTADO.-

| | | <u>Limite permisible *</u> |
|---|-------------|----------------------------|
| - Numeración de <i>Escherichia coli</i> | : < 3 NMP/g | 10 ² NMP/g |
| - Huevos de helmintos | : 0/100g | ** |

1. Num. de *Escherichia coli*. ICMSF Vol. 1, 118-142, 2008.
2. Helmintos. Método de Concentración – Centrifugación (Sedimentación, Flotación). OPS/CEPS.1981.
** No aplica para este parámetro

II. CALIFICACIÓN.- CONFORME *

* De acuerdo con la "Norma Sanitaria que establece los Criterios Microbiológicos de Calidad Sanitaria e Inocuidad para Alimentos y Bebidas de Consumo Humano". R.M. N° 591-2008/MINSA.

Lima, 07 de junio del 2018.

U. N. M. S. M.
Lab. Control de Calidad Alimentos y Aguas

GERARDO VELAZQUEZ
DIRECTOR

3. Fotos de la PTAR " Totora"

3.1. TOMA DE MUESTRAS PARA EL MONITOREO

La PTAR cuenta con tres 3 CAMARAS de lecho de secado de lodos, se hizo un monitoreo compuesto de las cámaras 2 y 3 puesto (muestras frescas) ya que la cámara 1 se encontraba expuesta al sol.

Se tomó muestra de la cámara 1 de lodo



Se tomó muestra de la cámara 2 de lodo



Vista interna de 1 cama de lecho de secado de lodo



Vista Interna



Vista externa



Lodo que se genera de los tanques
imhoff

4. Fotos del desarrollo del proyecto (1ERA PRUEBA)

| DESCRIPCIÓN | FECHA | TOTAL DE DÍAS | FOTO |
|--|---|-------------------------------|--|
| <p>Se realizó un estudio de suelo siendo un AL01: Franco Arenoso con un Ph : 7.51 ST01: Compostaje a utilizar cumpliendo con las características</p> | <p>09/05/2017</p> | <p>02 días</p> |  |
| <p>Se realizó un un muestreo de suelo para la toma de cantidad <i>E.coli</i> y <i>huevos de helmintos</i>.</p> | <p>09/05/2017</p> | <p>1 día</p> |  |
| <p>Alquiler de terreno de 6x30 metros</p> <p>Se limpió y recogió todos los residuos del terreno.</p> | <p>24/04/2017 al 15/06/2018</p> <p>24/04/2017 al 30/04/2017</p> | <p>471 días</p> <p>7 días</p> |  |

| | | | | |
|--|---|----------------------|---|---|
| <p>Terreno limpio, listo para colocar los palos como soporte de toldo.</p> | <p>01/05/2017 al 02/05/2017</p> | <p>2 días</p> |  |  |
| <p>Colocación del toldo</p> | <p>03/05/2017</p> | <p>1 día</p> |  |  |
| <p>Recojo de lodo de la PTARD-Totora de Ayacucho</p> | <p>11/05/2017 al 12/05/2017</p> | <p>2 días</p> |  |  |
| <p>Mezclado y remoción de tierra con lodo</p> | <p>13/05/2017</p> | <p>1 día</p> |  | |

| | | | | |
|---|---|----------------|--|---|
| <p>División de parcelas</p> | <p>15/05/2017</p> | <p>1 día</p> |  |  |
| <p>Se plantó las lechugas en una bandeja para almácigo y se plantó después de dos semanas</p> | <p>05/05/2017 al 20/05/2017</p> | <p>16 días</p> |  |  |
| <p>Las lechugas no llegaron a crecer, y se murieron en menos de una semana.</p> | <p>20/05/2017 al 25/05/2017</p> | <p>5 días</p> |  |  |

5. Fotos del desarrollo del proyecto Final

| DESCRIPCIÓN | FECHA | TOTAL DE DÍAS | FOTO | |
|---|--|---------------|--|---|
| Se volvió a traer lodo de la PTARD-La totora Ayacucho y se mandó a realizar el análisis para la identificación de <i>E. coli</i> y huevos de helmintos. | 17/01/2018 al 19/01/2018 | 02 días |  |  |
| Se realizó el almácigo y se esperó 15 días para realizar las pruebas de identificación de <i>E.coli</i> y huevo de helmintos. | 10 de abril hasta el 26 de abril | 16 días |  |  |
| Se envió a realizar la identificación de la cantidad de <i>E. coli</i> y huevos de helmintos de la Tierra sola (T1) y tierra mezclada con lodo (T2). | 27 de abril del 2018 | 1 día |  |  |
| Las 4 muestras de lechuga, tienen las mismas cantidades en: <i>E coli</i> : <3NMP/g Huevos de helmintos: 0/100g | 27 de abril del 2018 | 1 día |  |  |

Las concentraciones de lodo:

- M1: 1 Kg de lodo
- M2: 2 Kg de lodo
- M3: 3Kg de lodo
- M4: Blanco (sin lodo)

27 de abril del 2018

1 día



UNIVERSIDAD NACIONAL MAJOR DE SAN MARCOS
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS
LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD DE ALIMENTOS, AGUAS Y AMBIENTE

EXAMEN N° 231/2018

ESTUDIO REALIZADO: Análisis Microbiológico
MUESTRA: LECHECITA - 100
FECHA DE RECEPCIÓN: 26 de agosto de 2018
FECHA DE EMISIÓN: 27 de abril del 2018 HORA: 09:40
FECHA DE VIGENCIA: 27 de abril del 2018 HORA: 12:30
PROFESOR: FRODO ALBERTO CUSCO VARGAS
DIRECCIÓN: Av. Venero 107, Abasco - COLOSA

I. RESULTADO: **Indicador MP**
- Densidad de Escherichia coli : < 100 MPa 10⁷ MPa
- Densidad de Salmonella : 0 MPa =

2. Densidad de Escherichia coli (E. coli) en 100 g de muestra: < 100 MPa
3. Densidad de Salmonella en 100 g de muestra: 0 MPa

II. CONCLUSIONES: **CONFORME***

* De acuerdo con la Norma Técnica que establece los Criterios Microbiológicos de Calidad, Seguridad e Higiene para Alimentos y Bebidas de Consumo Masivo N° 312 17 del 2018 (D.S. N° 00317-2018-PE).

Lima, 24 de mayo del 2018.
Frodo Alberto Cusco Vargas
C. Ing. Químico
Frodo Alberto Cusco Vargas

Código de barras del EXAMEN N° 231/2018 en: www.unmsm.edu.pe



UNIVERSIDAD NACIONAL MAJOR DE SAN MARCOS
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS
LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD DE ALIMENTOS, AGUAS Y AMBIENTE

EXAMEN N° 231/2018

ESTUDIO REALIZADO: Análisis Microbiológico
MUESTRA: LECHECITA - M4
FECHA DE RECEPCIÓN: 26 de agosto de 2018
FECHA DE EMISIÓN: 27 de abril del 2018 HORA: 09:40
FECHA DE VIGENCIA: 27 de abril del 2018 HORA: 12:30
PROFESOR: FRODO ALBERTO CUSCO VARGAS
DIRECCIÓN: Av. Venero 107, Abasco - COLOSA

I. RESULTADO: **Indicador MP**
- Densidad de Escherichia coli : < 100 MPa 10⁷ MPa
- Densidad de Salmonella : 0 MPa =

2. Densidad de Escherichia coli (E. coli) en 100 g de muestra: < 100 MPa
3. Densidad de Salmonella en 100 g de muestra: 0 MPa

II. CONCLUSIONES: **CONFORME***

* De acuerdo con la Norma Técnica que establece los Criterios Microbiológicos de Calidad, Seguridad e Higiene para Alimentos y Bebidas de Consumo Masivo N° 312 17 del 2018 (D.S. N° 00317-2018-PE).

Lima, 24 de mayo del 2018.
Frodo Alberto Cusco Vargas
C. Ing. Químico
Frodo Alberto Cusco Vargas

Código de barras del EXAMEN N° 231/2018 en: www.unmsm.edu.pe