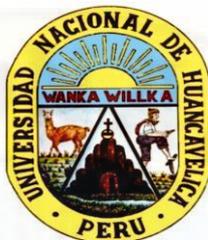


UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCVELICA

(Creada por Ley Nro. 25265)

FACULTAD DE CIENCIAS DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA



TESIS:

**VARIACIÓN DE LA DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO,
COLIFORMES FECALES Y TOTALES EN LA PLANTA DE
TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE MILLPO EN EL
DISTRITO DE ASCENSIÓN- HUANCVELICA-2021**

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

TECNOLOGÍA AMBIENTAL Y/O SANITARIA

PRESENTADO POR:

Bach. MATAMOROS CCANTO, Silvia

PARA OBTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AMBIENTAL Y SANITARIO

HUANCAVELICA, PERÚ

2021



UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCVELICA
FACULTAD DE CIENCIAS DE INGENIERIA



ACTA DE SUSTENTACION VIRTUAL DE TESIS

En la ciudad de Huancavelica, a los veintidós días (22) del mes de setiembre del año 2021, siendo las diecisiete horas (17:00), se reunieron los miembros del Jurado Calificador conformado por los docentes: Mg. Cesar Castañeda Campos (Presidente), M.Sc. Mabel Yesica Escobar Soldevilla (Secretaria), Dr. Víctor Guillermo Sanchez Araujo (Asesor), designados con Resolución de Decano N° 191-2021-FCI-UNH, de fecha 12 de agosto del 2021, a fin de proceder con la sustentación y calificación virtual mediante el aplicativo MEET del informe final de tesis titulado: "VARIACION DE LA DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO, COLIFORMES FECALES Y TOTALES EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE MILLPO EN EL DISTRITO DE

A5CENSION-HUANCAVELICA-2021, presentada por la Bachiller Silvia MATAMOROS CCANTO, para optar el Título Profesional de Ingeniero Ambiental y Sanitaria. Finalizada la sustentación virtual a horas 17:52 p.m.; se comunicó a la sustentante y al público en general que los Miembros del Jurado abandonaran el aula virtual para deliberar el resultado:

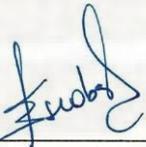
APROBADO

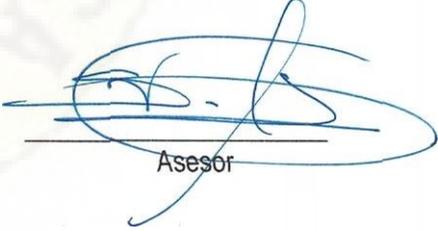
POR UNANIMIDAD

DESAPROBADO

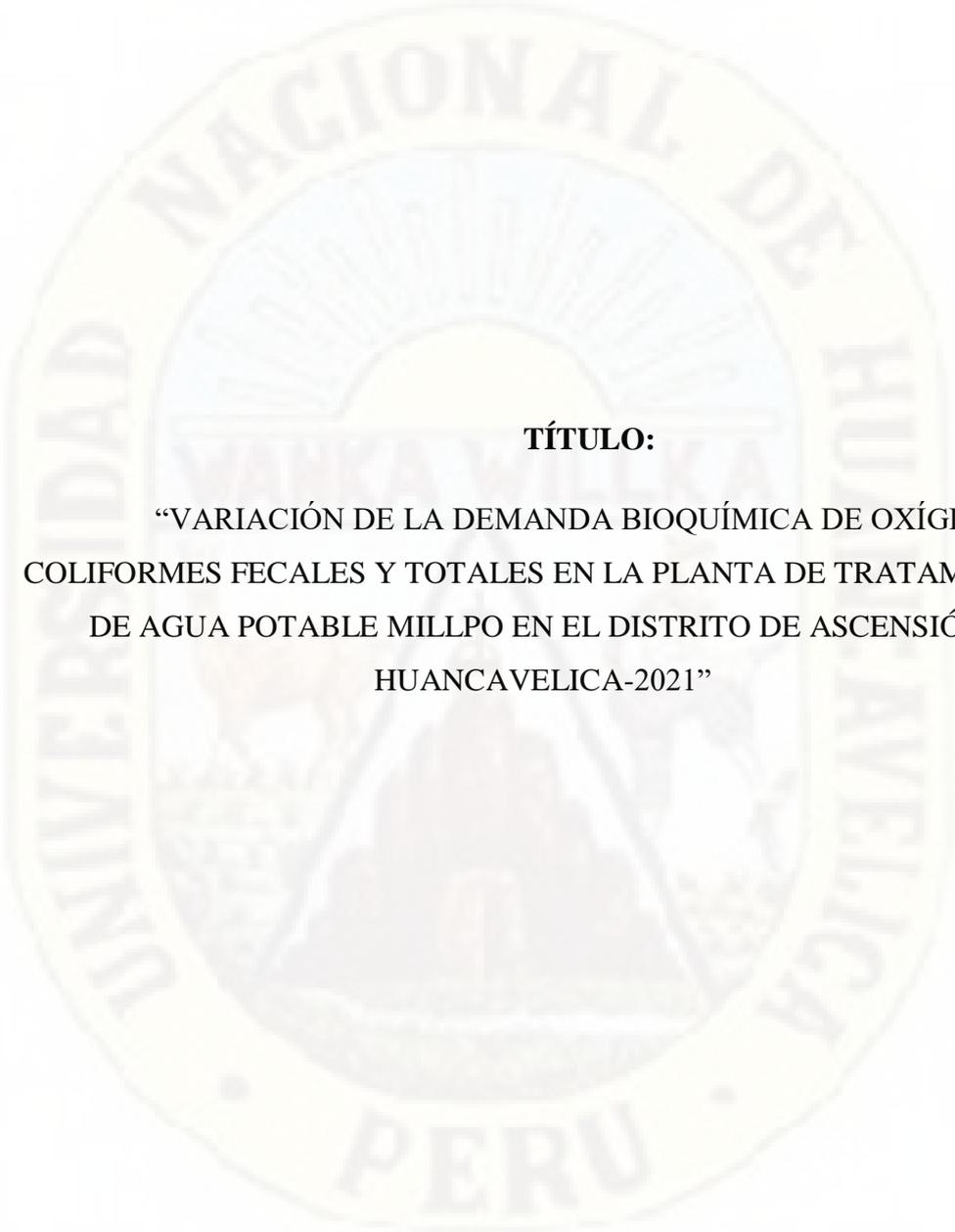
En señal de conformidad, firmamos a continuation:


Presidente


S@retario

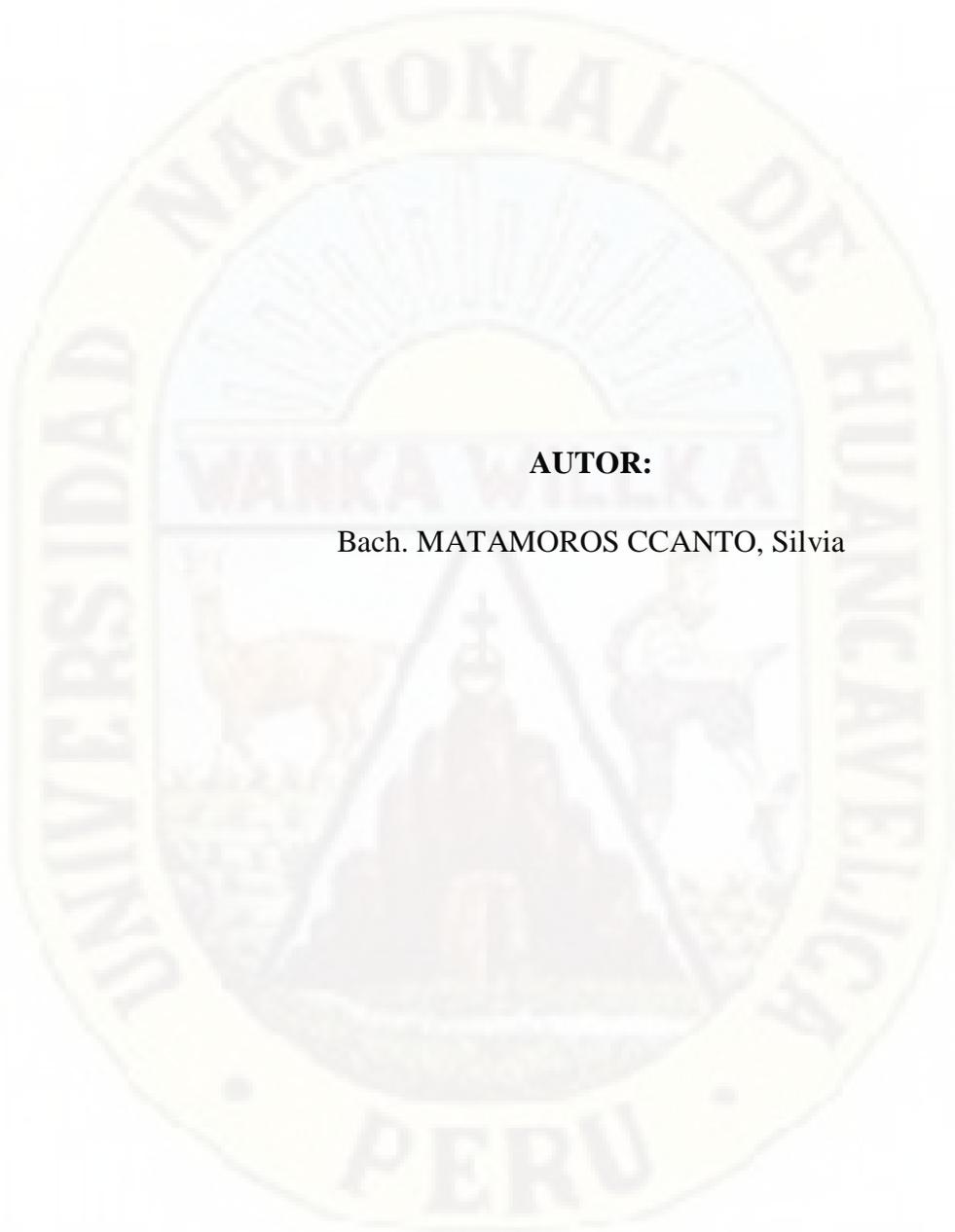

Asesor


Vº Bº Decano



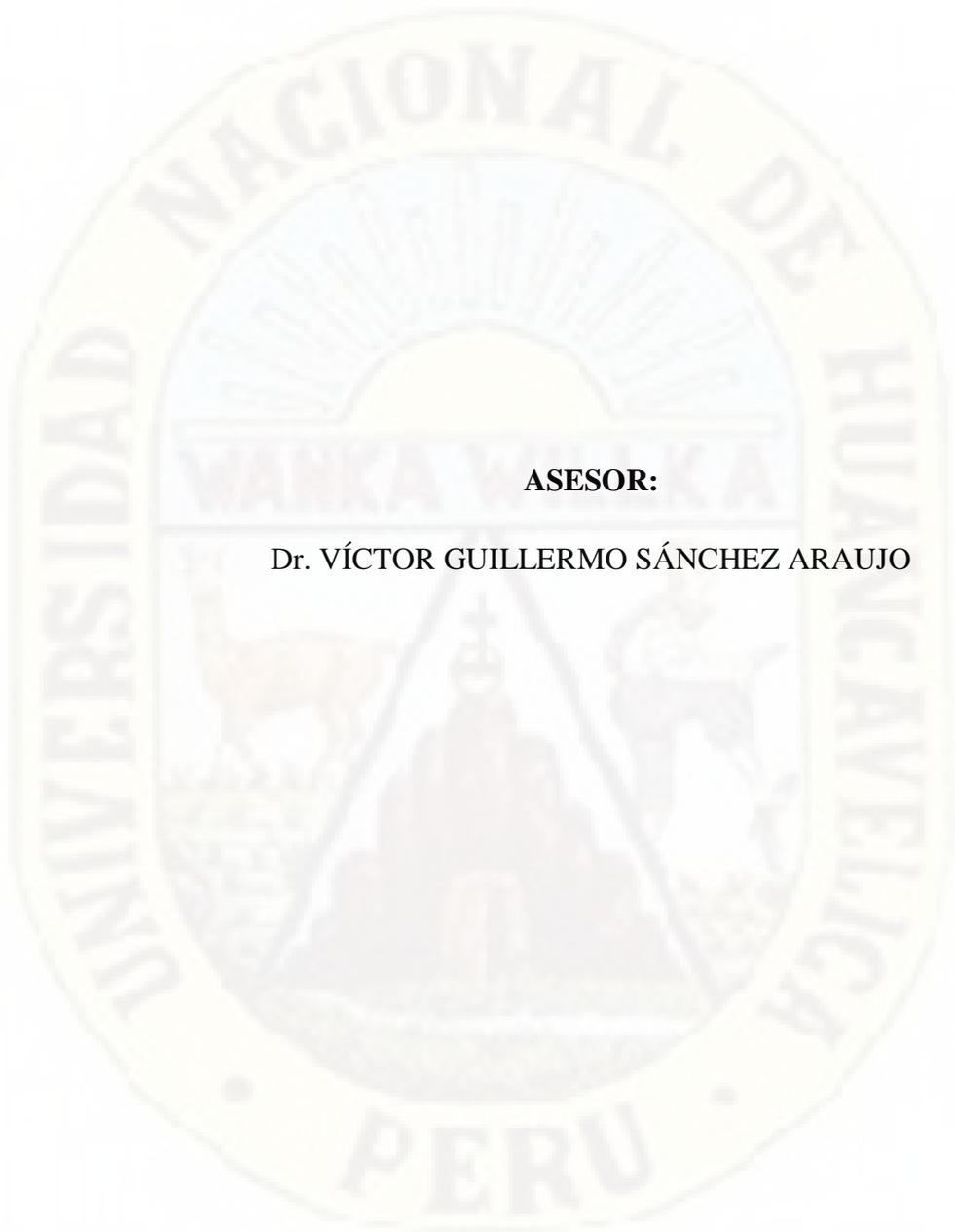
TÍTULO:

“VARIACIÓN DE LA DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO,
COLIFORMES FECALES Y TOTALES EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO
DE AGUA POTABLE MILLPO EN EL DISTRITO DE ASCENSIÓN-
HUANCAVELICA-2021”



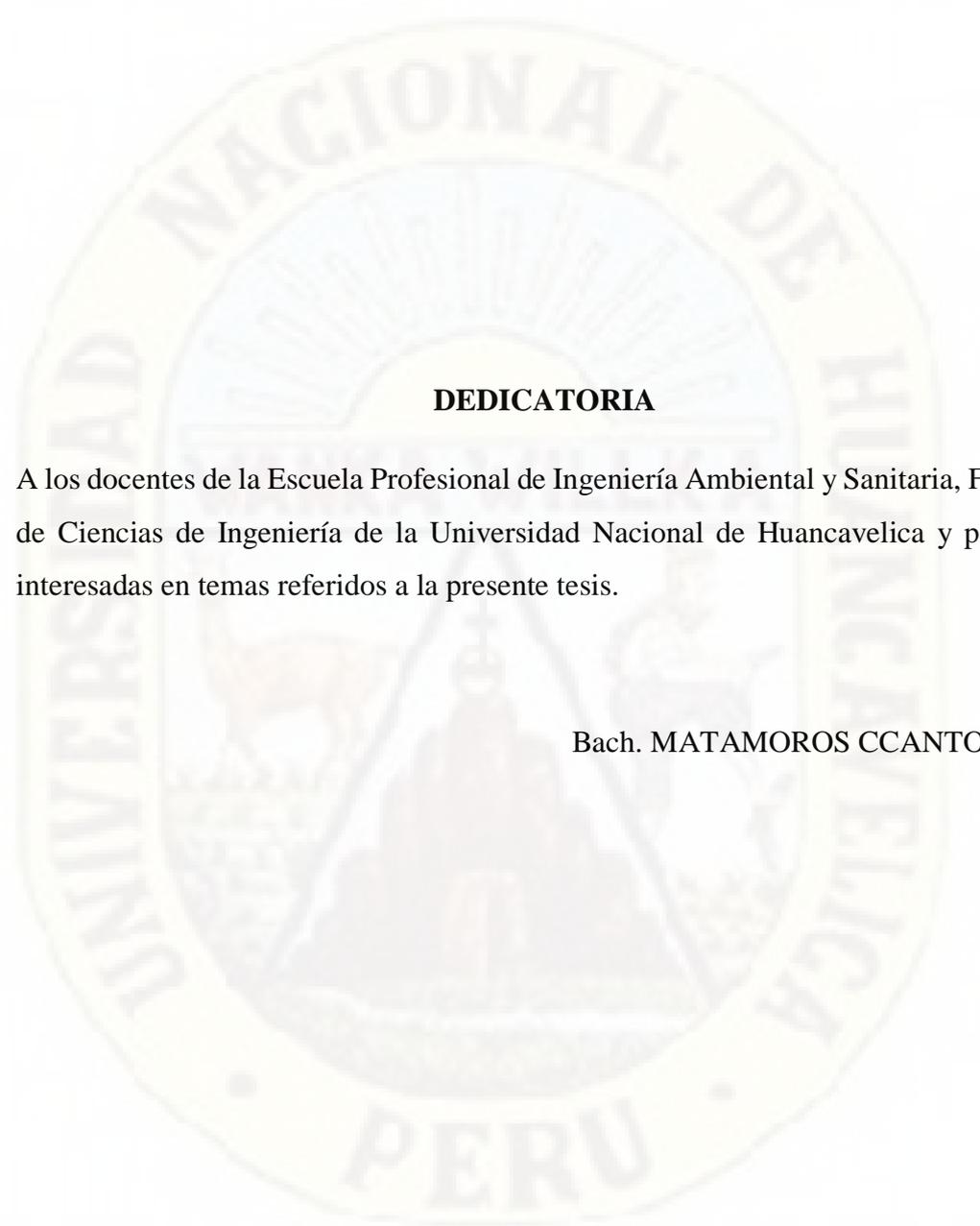
AUTOR:

Bach. MATAMOROS CCANTO, Silvia



ASESOR:

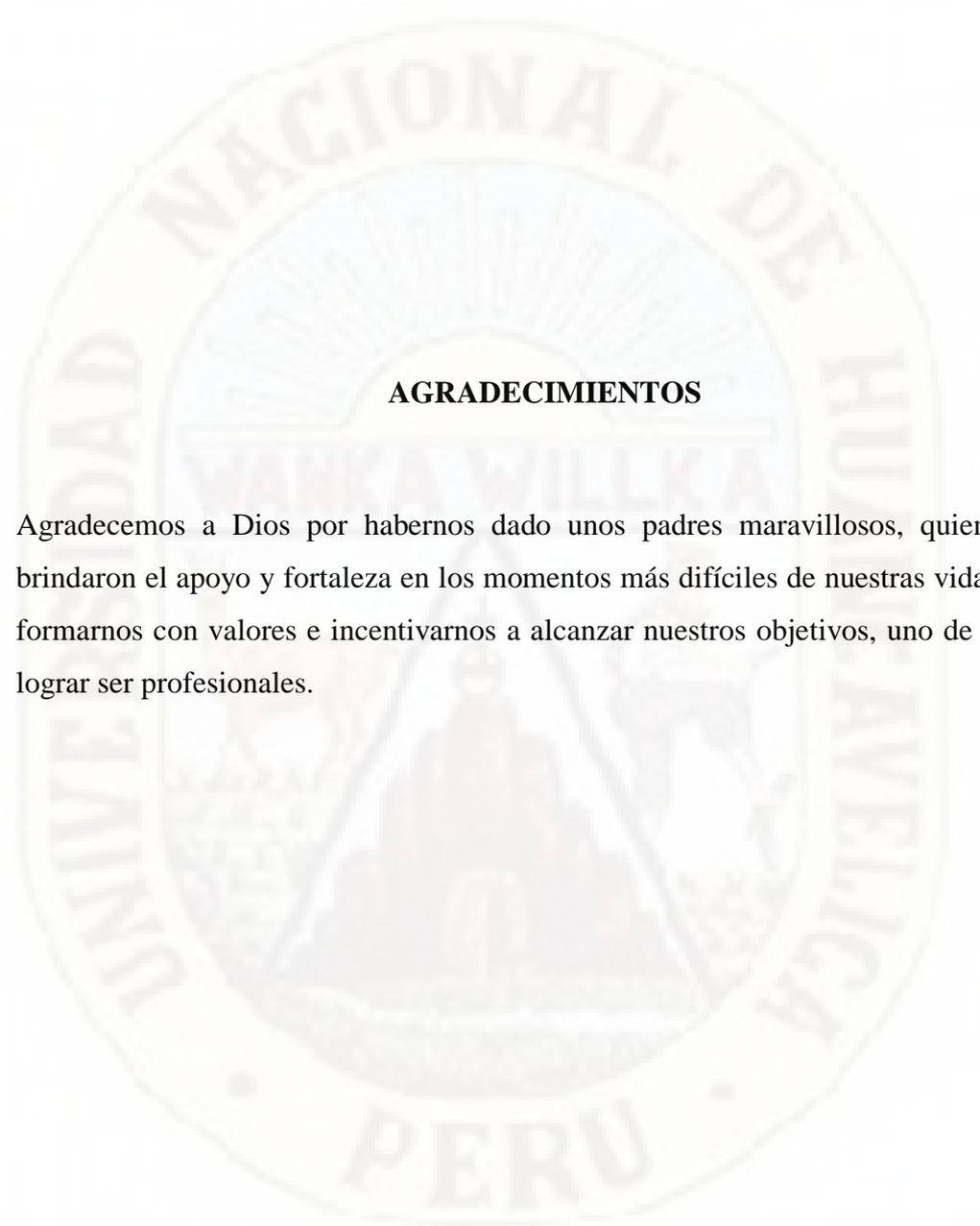
Dr. VÍCTOR GUILLERMO SÁNCHEZ ARAUJO



DEDICATORIA

A los docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental y Sanitaria, Facultad de Ciencias de Ingeniería de la Universidad Nacional de Huancavelica y personas interesadas en temas referidos a la presente tesis.

Bach. MATAMOROS CCANTO, Silvia



AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a Dios por habernos dado unos padres maravillosos, quienes nos brindaron el apoyo y fortaleza en los momentos más difíciles de nuestras vidas y por formarnos con valores e incentivarnos a alcanzar nuestros objetivos, uno de ellos el lograr ser profesionales.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE GENERAL.....	viii
ÍNDICE DE TABLAS	xi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
ABSTRACT	xv
INTRODUCCIÓN	xvi
CAPÍTULO I.....	1
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.1. Descripción y formulación del problema.....	1
1.2. Formulación del problema	2
1.2.1. Problema General	2
1.2.2. Problemas Específicos.....	2
1.3. Objetivos de la Investigación	2
1.3.1. Objetivo general	2
1.3.2. Objetivos específicos.....	2
1.4. Justificación.....	2
CAPÍTULO II	4
MARCO TEÓRICO.....	4
2.1. Antecedentes	4
2.1.1. Antecedentes Internacionales	4
2.1.2. Antecedentes Nacionales.....	13
2.2. Bases Teóricas.....	22
2.2.1. Principio de la adherencia.....	22
2.2.2. Mecanismo biológico de la desinfección.....	22
2.2.3. Cloración del agua	23
2.3. Bases conceptuales.....	24
2.3.1. Agua potable.....	24
2.3.2. Características del agua potable	24
2.3.3. Calidad del agua	25
2.3.4. Factores que influyen en la cantidad y calidad del agua	26

2.3.5.	Microorganismos indicadores de la calidad del agua.....	30
2.3.6.	Métodos para la determinación de los microorganismos	32
2.3.7.	Sistema de medición DBO	32
2.4.	Definición de términos.....	35
2.5.	Hipótesis.....	37
2.5.1.	Hipótesis Nula	37
2.5.2.	Hipótesis Alternativa	37
2.6.	Variables	37
2.6.1.	Variable independiente.....	37
2.6.2.	Variable dependiente	37
2.7.	Operacionalización de variable.....	37
CAPÍTULO III.....		39
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN		39
3.1.	Ámbito temporal y espacial	39
3.1.1.	Ámbito temporal.....	39
3.1.2.	Ámbito espacial	39
3.2.	Tipo de investigación	41
3.3.	Nivel de investigación.....	41
3.4.	Método de investigación	42
3.5.	Diseño de investigación	42
3.6.	Población muestra muestreo	43
3.6.1.	Población	43
3.6.2.	Muestra.....	43
3.6.3.	Muestreo	44
3.7.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	44
3.7.1.	Técnicas para la recolección de datos.....	44
3.7.2.	Instrumentos de recolección de datos en campo	44
3.7.3.	Materiales de recolección de datos en campo	44
3.7.4.	Procedimiento de recolección de datos en campo.....	45
3.7.5.	Instrumentos de recolección de datos en laboratorio.....	47
3.7.6.	Materiales utilizados en laboratorio	48

3.7.7.	Determinación del número más probable (NMP).....	49
3.7.8.	Determinación de DBO	56
3.8.	Técnicas y procesamiento y análisis de datos	61
3.8.1.	Técnica	61
CAPÍTULO IV		62
DISCUSIÓN DE RESULTADOS		62
4.1.	Presentación de resultados	62
4.1.1.	Variación de los niveles de la demanda bioquímica de oxígeno entre la cantidad de Coliformes fecales y totales en la planta de tratamiento de agua potable Millpo– Huancavelica	62
4.1.2.	Demanda bioquímica de oxígeno en la planta de tratamiento de agua potable Millpo.....	63
4.1.3.	NMP (número más probable) de coliformes fecales en la planta de tratamiento de agua potable Millpo.	64
4.1.4.	NMP (número más probable) de coliformes totales en la planta de tratamiento de agua potable Millpo.	66
4.2.	Prueba de hipótesis y principios de la investigación.....	68
4.3.	Discusión de resultados.....	83
4.3.1.	Variación de los niveles de la demanda bioquímica de oxígeno entre la cantidad de Coliformes fecales y totales en la planta de tratamiento de agua potable Millpo– Huancavelica	83
4.3.2.	Demanda bioquímica de oxígeno en la planta de tratamiento de agua potable Millpo.....	84
4.3.3.	NMP (número más probable) de coliformes fecales en la planta de tratamiento de agua potable Millpo.	85
4.3.4.	NMP (número más probable) de coliformes totales en la planta de tratamiento de agua potable Millpo.	86
CONCLUSIONES		87
RECOMENDACIONES		88
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		89
APÉNDICES.....		93

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Rangos de Medición y Volumen de Muestra.....	34
Tabla 2 Operacionalización de Variables.....	38
Tabla 3 Cronograma de Monitoreo y Análisis del Laboratorio	39
Tabla 4 Diseño de Investigación No Experimental.....	42
Tabla 5 Diseño de Muestreo	43
Tabla 6 Puntos de Monitoreo	46
Tabla 7 Diluciones Seriadas de la Muestra de Agua PTAP-Millpo.....	53
Tabla 8 Variación de Niveles de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5), Coliformes Fecales (CF) y Coliformes Totales (CT).....	62
Tabla 9 Niveles de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	63
Tabla 10 Número Más Probable de Coliformes Fecales (CF)	65
Tabla 11 Número Más Probable de Coliformes Totales (CT)	67
Tabla 12 Test de Normalidad para Variación	69
Tabla 13 Test de Normalidad para Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg/L)	69
Tabla 14 Test de Normalidad para Coliformes Fecales (NMP/100mL)	69
Tabla 15 Test de Normalidad para Coliformes Totales (NMP/100mL)	70
Tabla 16 Prueba de T de Student para Variación (%).....	75
Tabla 17 Prueba de T Student para Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg/L)	76
Tabla 18 Prueba de T Student para Coliformes Fecales (NMP/100mL)	78
Tabla 19 Prueba de T de Student para Coliformes Totales (NMP/100mL).....	79
Tabla 20 Matriz de Consistencia.....	94
Tabla 21 Tabla del NMP	111

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Ubicación Geográfica de la Zona para el Análisis de las Pruebas.....	40
Figura 2 Ubicación de la Zona de Investigación.....	41
Figura 3 Sistema de Medición DBO BD 600.....	48
Figura 4 Especificaciones del Caldo Brilla Verde Brillante	50
Figura 5 Técnica del Número Más Probable.....	51
Figura 6 Técnica del Número Más Probable.....	52
Figura 7 Preparación de las Soluciones	53
Figura 8 Proceso de Incubación a 45 °C*48 horas	54
Figura 9 Lectura de los Tubos Positivos y Negativos	55
Figura 10 Medición de las Muestras de Agua de Afluente y Efluente	56
Figura 11 Equipo DB 600	57
Figura 12 Proceso de Análisis de DBO ₅	58
Figura 13 Proceso de Análisis de DBO ₅	59
Figura 14 Curva de Análisis de DBO ₅	60
Figura 15 Parámetro Químico (DBO ₅) de la PTAP Millpo y los ECA.....	64
Figura 16 Parámetro Microbiológico (CF) de la PTAP Millpo y los ECA.....	66
Figura 17 Parámetro Microbiológico (CT) de la PTAP Millpo y los ECA	68
Figura 18 Campana de Gauss.....	70
Figura 19 Campana de Gauss para Variación	76
Figura 20 Campana de Gauss para DBO ₅	77
Figura 21 Campana de Gauss para Coliformes Fecales.....	79
Figura 22 Campana de Gauss para Coliformes Totales	80
Figura 23 Distribución de DBO Afluente	99
Figura 24 Distribución de Coliformes Fecales Afluente.....	101
Figura 25 Distribución de Coliformes Totales Afluente.....	103
Figura 26 Distribución de DBO Efluente.....	105
Figura 27 Distribución de Coliformes Fecales Efluente	107
Figura 28 Distribución de Coliformes Totales Efluente	109
Figura 29 Recolección de Muestras de la PTAP -Millpo	112
Figura 30 Identificación de las muestras de Afluente PTAP-Millpo	112
Figura 31 Identificación de las Muestras de Efluente PTAP-Millpo	113
Figura 32 Preparación de las muestras de Afluente PTAP -Millpo	113
Figura 33 Preparación de las Muestras de Efluente PTAP-Millpo	114
Figura 34 Colocando la Posición del Frasco.....	114
Figura 35 Identificando el Rango de Medición en las Muestras.....	115
Figura 36 Colocando 244 ml de Muestra de Agua en los Frascos Ámbar.....	115
Figura 37 Adicionando el nitrificante en la Muestra 5 Gotas	116
Figura 38 Adicionando Muestra en el Frasco Ámbar 3	116
Figura 39 Adicionando Nitrificante en el Frasco Ámbar 6.....	117
Figura 40 Adicionando 3 a 4 Gotas de Hidróxido de Potasio al capuchón.....	117

Figura 41 Adicionando el Magneto y Nitrificante	118
Figura 42 Tapar con el Sensor cada Frasco Ámbar de 1 a 6.....	118
Figura 43 Sellar todos los Frascos.....	119
Figura 44 Colocar el Sensor con Mucho Cuidado para Evitar que se Derrame la Muestra.....	119
Figura 45 Equipo de DBO con los 6 Frascos Ámbar	120
Figura 46 Equipo Listo para Insertar en la Cabina de CO ₂	120
Figura 47 Curva de DBO en mg/L Frasco Ámbar 5	121
Figura 48 Curva de DBO-Frasco Ámbar 1	121
Figura 49 Curva de DBO Frasco 1 y Frasco 6 en mg/L.....	122
Figura 50 Identificación de las Medidas de DBO	122
Figura 51 Valores de Medición para DBO después de los 5 días de Evaluación	123
Figura 52 Proceso Final de DBO ₅ en la Cámara de CO ₂	123
Figura 53 Identificación de NMP para Coliformes Totales (CT)	124
Figura 54 Proceso de Preparación de soluciones 10-1,10-5 y 10-3	124
Figura 55 Identificación de los Puntos de Afluente y Efluente.....	125
Figura 56 Incubación de las Muestras a 45°C *24 horas	125
Figura 57 Proceso de Incubación a 37°C * 24 Horas.....	126
Figura 58 Lectura e Identificación de las Muestras	126

RESUMEN

En el presente trabajo de investigación tiene como título “VARIACIÓN DE LA DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO, COLIFORMES FECALES Y TOTALES EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE MILLPO EN EL DISTRITO DE ASCENSIÓN- HUANCVELICA-2021” tiene como objetivo, determinar la variación de la demanda bioquímica de oxígeno, coliformes fecales y totales en la planta de tratamiento de agua potable Millpo– Huancavelica. A nivel metodológico se trabajó en la Planta de tratamiento de agua potable (PTAP) – Millpo a nivel de Afluente – Efluente en el periodo de febrero del 2019. Se llegó a los siguientes resultados en la Variación de los niveles de la demanda bioquímica de oxígeno entre la cantidad de Coliformes fecales y totales en la planta de tratamiento de agua potable Millpo– Huancavelica con 87.69 %, y la Demanda bioquímica de oxígeno en la planta de tratamiento de agua potable Millpo en el afluente con 1.33 mg/L. El NMP (número más probable) de coliformes fecales en la planta de tratamiento de agua potable Millpo en el afluente con 1 NMP/100 ml y también se determinó NMP (número más probable) de coliformes totales en la planta de tratamiento de agua potable Millpo. en el afluente con 20.33 NMP/100 ml.

Palabras clave: Variación, DBO, Coliformes fecales, Coliformes totales.

ABSTRACT

The title of this research work is "VARIATION IN THE BIOCHEMICAL DEMAND OF OXYGEN, FECAL AND TOTAL COLIFORMS IN THE MILLPO DRINKING WATER TREATMENT PLANT IN THE DISTRICT OF ASCENSIÓN-HUANCAVELICA-2021". Its objective is to determine the variation in demand biochemistry of oxygen, fecal and total coliforms in the Millpo-Huancavelica drinking water treatment plant. At a methodological level, we worked on the Drinking Water Treatment Plant (PTAP) - Millpo at the Tributary - Effluent level in the period of February 2019. The following results were reached in the Variation of the levels of the biochemical oxygen demand between the amount of fecal and total coliforms in the Millpo-Huancavelica drinking water treatment plant with 87.69%, and the biochemical oxygen demand in the Millpo drinking water treatment plant in the tributary with 1.33 mg / L. The NMP (most probable number) of fecal coliforms in the Millpo drinking water treatment plant in the tributary with 1 NMP / 100 ml and NMP (most probable number) of total coliforms was also determined in the Millpo drinking water treatment plant. in the tributary with 20.33 NMP / 100 ml.

Key words: Variation, BOD, Fecal coliforms, Total coliforms.

INTRODUCCIÓN

El agua es un líquido importante para el consumo humano las que deben de cumplir con los parámetros establecidos de calidad y que debe de ser inocua para la salud de las personas. Por consiguiente, el agua no debe de presentar ningún tipo de riesgo que pueda causar ningún tipo de enfermedad. La contaminación más frecuente de agua es a través de las excretas del hombre y de los animales.

El recurso hídrico (necesario para la vida) ha sido fuertemente afectado por sustancias cada vez más agresivas y difíciles de tratar debido a su naturaleza química de sustancias presentes en desperdicios que caen a las corrientes. Por tal razón, agencias gubernamentales, ambientales, universidades y diversas organizaciones, se han preocupado por evaluar el impacto antrópico sobre los recursos hídricos a través del estudio de la naturaleza química, física y biológica del agua, mediante programas de monitoreo (Samboni et al., 2007)

La evaluación de la calidad del agua se ha realizado tradicionalmente con base en los análisis físico-químicos y bacteriológicos. Sin embargo, en los últimos años, muchos países han aceptado la inclusión de las comunidades acuáticas como un hecho fundamental para evaluar la calidad de los ecosistemas acuáticos. (Roldán, 2003). Este enfoque que integra todos los componentes del ecosistema permite clasificar las decisiones sobre el uso del agua y el impacto que genera el hombre sobre este recurso.

Se sabe que actualmente las tecnologías y prácticas limpias y su aplicación son cada vez más comunes y sobre todo necesarias, esto debido al detrimento ambiental que sufre nuestro planeta consecuencia entre otros, a los procesos productivos y tecnológicos de la modernidad. (Hernández, 2016)

El Perú es un país mega diverso que cuenta con tres regiones geográficas (la costa, la sierra y la selva), uno de los países con reserva de agua dulce a nivel mundial sin embargo con el crecimiento demográfico se tiene una carencia del servicio de agua potable la falta de sistemas de saneamiento básico ocasiona enfermedades infecciosas gastrointestinales que ocupan el segundo lugar que alcanzo el 26.48% (OMS, 2006).

Este problema trae consecuencia en el incremento de los presupuestos públicos del estado para poder atender la salud, así como de los gastos familiares frente a una enfermedad provocada por el deficiente consumo de agua no apta para consumo humano, que de alguna forma disminuye la calidad de vida de las familias expuestas. (Aguilar y Navarro, 2018)



CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción y formulación del problema

El acceso al agua potable es de mucha importancia para la salud, además es uno de los derechos humanos básicos y un componente de las políticas eficaces de protección de la salud.

En términos generales, los mayores riesgos microbianos son los derivados del consumo de agua contaminada con excrementos humanos o animales (incluidos los de las aves). Los excrementos pueden ser fuente de patógenos, como bacterias, virus, protozoos y helmintos.

Los patógenos fecales son los que más preocupan a la hora de fijar metas de protección de la salud relativas a la inocuidad microbiana. Se producen con frecuencia variaciones acusadas y bruscas de la calidad microbiológica del agua. Pueden producirse aumentos repentinos de la concentración de patógenos que pueden aumentar considerablemente el riesgo de enfermedades y pueden desencadenar brotes de enfermedades transmitidas por el agua. Además, pueden exponerse a la enfermedad numerosas personas antes de que se detecte la contaminación microbiana. Por estos motivos, para garantizar la inocuidad microbiana del agua de consumo no puede confiarse únicamente en la realización de análisis del producto final, incluso si se realizan con frecuencia (Organización Mundial de la Salud, 2006)

La garantía de la inocuidad microbiana del abastecimiento de agua de consumo se basa en la aplicación, desde la cuenca de captación al consumidor, de barreras múltiples para evitar la contaminación del agua de consumo o para reducirla a niveles que no sean perjudiciales para la salud.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema General

¿Cuál es la variación de la demanda bioquímica de oxígeno, coliformes fecales y totales en la planta de tratamiento de agua potable Millpo en el distrito de Ascensión– Huancavelica?

1.2.2. Problemas Específicos

- ¿Cuál es la demanda bioquímica de oxígeno en la planta de tratamiento de agua potable Millpo?
- ¿Cuál es el NMP (número más probable) de coliformes fecales en la planta de tratamiento de agua potable Millpo?
- ¿Cuál es el NMP (número más probable) de coliformes totales en la planta de tratamiento de agua potable Millpo?

1.3. Objetivos de la Investigación

1.3.1. Objetivo general

Determinar la variación de los niveles de la demanda bioquímica de oxígeno entre la cantidad de coliformes fecales y totales en la planta de tratamiento de agua potable Millpo– Huancavelica.

1.3.2. Objetivos específicos

- Determinar la demanda bioquímica de oxígeno en la planta de tratamiento de agua potable Millpo.
- Determinar el NMP (número más probable) de coliformes fecales en la planta de tratamiento de agua potable Millpo.
- Determinar el NMP (número más probable) de coliformes totales en la planta de tratamiento de agua potable Millpo.

1.4. Justificación

La Organización Mundial de Salud establece que el agua es apta bacteriológicamente para consumo humano si se encuentra exenta de microorganismos patógenos de origen entérico y parasitario intestinal. Sin embargo, la presencia de coliformes en una muestra de 100 mL no siempre indica que el agua está contaminada con microorganismos

patógenos, sino que, en términos estadísticos, su concentración es una característica que alerta sobre la existencia de contaminación fecal y de microorganismos patógenos y es por ello que es de mucha importancia conocer la variación entre los niveles de la demanda bioquímica de oxígeno y los coliformes fecales y totales en la planta de tratamiento de agua potable Millpo– Huancavelica.

En el contexto de la salud pública se establece que aproximadamente un 80% de todas las enfermedades y más de una tercera parte de las defunciones en los países en vías de desarrollo tienen principal causa la ingestión del agua contaminada. Se estima que el 70% de la población que vive en áreas rurales de países en desarrollo, está principalmente relacionada con la contaminación de agua por heces fecales.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. Antecedentes Internacionales

Cid, (2019), realizó la tesis: **Evaluación de la calidad bacteriológica del agua procedente de la laguna San Lorenzo- Neuquén.** Universidad Nacional del Comahue. Este trabajo tuvo como finalidad evaluar la calidad bacteriológica del agua de la Laguna San Lorenzo de la ciudad de Neuquén, durante el año 2017. La evaluación se realizó en dos periodos del año 2017, correspondientes a los meses de Junio –Julio y noviembre-diciembre. Las muestras de agua se obtuvieron siguiendo las pautas indicadas por APHA (1992) en cuanto a su recolección, conservación y transporte hasta el laboratorio, así como su manipulación para el respectivo análisis. Las muestras fueron procesadas en el Laboratorio de Microbiología de FACIAS, en la ciudad de Neuquén. Se determinó el Número Más Probable (NMP), mediante Técnica de Fermentación en Tubo Múltiple: Colimetría para microorganismos coliformes totales y coliformes fecales. Además, se realizó un recuento en placa para bacterias heterótrofas aerobias mesófilas totales. Las muestras analizadas dieron como resultado altos valores de organismos coliformes fecales, (>1100 NMP/100mL) en los meses de mayor temperatura como así también de organismos coliformes totales (>1100 NMP/100mL), comparados con los valores límites para la categoría IV propuesta por la Autoridad Interjurisdiccional de Cuencas (AIC). En cuanto al resultado obtenido de bacterias mesófilas heterótrofas aerobios totales también fue superior en los meses de mayor temperatura.

Sánchez C., (2015), realizó el proyecto de grado: **Estimación de constantes de desoxigenación carbonácea en el río Teusacá. Universidad de los Andes- Facultad de Ingeniería.** Una campaña de calidad de agua el 14 de marzo de 2015 y se tomaron los datos de la campaña del 4 de octubre del 2014 para determinar la constante de desoxigenación debida al ejercicio de la DBO en la corriente receptora (Kd). Adicionalmente, para estimar la tasa de oxidación de DBO carbonácea medida en el laboratorio (K1) se realizó DBO última con una muestra de agua adicional (6L) en el sitio 4 (300 m Aguas Abajo Confluencia Simayá), tomada el 11 de abril de 2015. Se escogió este sitio para tener en cuenta el aporte de materia orgánica por la descarga de la PTAR y de la quebrada Simayá. Por último, para el cálculo de la tasa efectiva de remoción de DBOC en la corriente receptora la cual tiene en cuenta desoxigenación y sedimentación (Kd), se realizó granulometría láser. Para la recolección de la muestra de agua se utilizaron recipientes plásticos de capacidad de 2L, la cual se refrigeró inmediatamente después de almacenarla. Antes de realizar la siembra de DBO se airearon 10 Litros de agua de un día para otro a los que se les agregó 4 nutrientes, los cuales fueron: Cloruro de calcio, sulfato de magnesio, cloruro férrico y solución de fosfatos. Por cada Litro de agua aireada se adicionó 1 ml de cada nutriente. Adicionalmente se utilizaron 40 botellas winkler de 300 ml, las cuales 20 botellas fueron para la medición de DBO para cada día. Los 20 restantes, para los blancos con el fin de verificar la calidad de los resultados de DBO obtenidos. Adicionalmente, para saber el volumen adecuado de siembra, el mismo día de la recolección de la muestra de agua se sembraron 5 botellas con volúmenes de 2, 20, 50, 250 ml y el blanco. La botella con 50 ml fue la que mejor abatimiento presentó dado que para el primer día la reducción de oxígeno disuelto había sido > 1 . Por lo anterior, a las 48 horas de haber recolectado la muestra se sembraron 50 ml en cada botella y 250 ml de agua aireada con nutrientes. Para esta DBO no fue necesario inóculos y tampoco

diluciones. Las botellas fueron incubadas a 20°C. Dado que este análisis se realizó solo para obtener la degradación de materia orgánica carbonácea se adicionó a cada botella 0,0030 g de un inhibidor para evitar la descomposición de la materia orgánica nitrogenada (Sodium Sulfate, 2- chloro, 6-trichloromethyl, pyridine). Se midió el oxígeno disuelto mediante un oxímetro durante 20 días para obtener la DBOU carbonácea.

Gutiérrez S. y Torres S., (2013), realizó la tesis: **Estudio comparativo y estadístico de la calidad del agua potable en las redes de distribución de parroquia Guapán del Cantón Azogues, en la facultad de ciencias químicas- Cuenca.** La investigación llegó a las siguientes principales conclusiones: los resultados demostraron la presencia de coliformes totales y fecales en el agua de ingreso es evidente puesto que corresponde a agua no tratada. Luego del análisis microbiológico realizado en el agua de salida, se obtiene que el 100% de las muestras analizadas presentan ausencia de coliformes totales y fecales. Esto demuestra que el análisis realizado por la planta de tratamiento de Zhindilig perteneciente a EMAPAL es eficiente y que cumple con la NTE INEN 1108:11. El valor de cloro obtenido es de 0,9 mg/l. En la planta de tratamiento de FISE, la presencia de coliformes totales y fecales en el agua de ingreso también es evidente puesto que corresponde a agua no tratada. Luego del análisis microbiológico realizado, el agua de salida sigue presentando valores >1 NMP/100ml de coliformes totales y fecales, pero en menor proporción éstos últimos. Esto se debe al deficiente proceso de cloración que realiza esta planta puesto que la efectúan una sola vez en la semana. El valor máximo de cloro obtenido es de 0,5 mg/l.

Ortiz E., (2013), realizó la tesis: **Calidad microbiológica del agua del sector de los aleros, municipio Rangel del estado Mérida – Venezuela**. Universidad Nacional de los Andes-Venezuela. En el presente trabajo se determinó la presencia de población bacteriana en las muestras analizadas de agua potable en la zona del sector de los Aleros, Municipio Rangel del Estado Mérida. Los resultados de los Coliformes totales se puede apreciar que se encuentran presentes en 11 (91,7%) de las 12 muestras analizadas con valores entre <1 UFC/ml hasta $> 6,4 \times 10^3$ UFC/ml. La presencia de microorganismos patógenos en el agua de bebida es un riesgo que se incrementa en las áreas marginales de mayor densidad poblacional o en zonas sin disponibilidad de agua potable. La seguridad que un agua contaminada puede ser causal de enfermedades, ha conducido a la necesidad de controlar rutinariamente la calidad microbiológica de muestras de diversos orígenes. Entre los criterios que se deben cumplir para verificar la calidad de agua de consumo, se especifica que deben estudiarse las características microbiológicas del agua con la finalidad de hallar bacterias indicadoras de contaminación fecal como *Escherichia coli*, coliformes totales y bacterias coliformes termotolerantes.

Montes et al., (2013), realizaron la revista: **Modificación de la capacidad de autodepuración del río Magdalena ante el cambio climático**. Universidad Nacional Autónoma de México. Los valores de las características morfológicas y de calidad del agua tanto para la época de lluvias como de estiaje son el promedio de las mediciones realizadas en los años 2010 y 2011. La relación entre la temperatura del aire y la del agua se estimó mediante valores obtenidos en campo, encontrándose que la relación que guardan varía de 1 a 1.5 en el área de estudio. Los valores (promedios) de las variables de entrada al modelo de oxígeno disuelto para generar el escenario base para las épocas de lluvias y estiaje. Además, se consideró la proyección de los

visitantes a la zona del río Magdalena para el año 2020 a través de la descarga de agua municipal con una carga orgánica de 4 mg/L de DBO y con un caudal de 0.8 L/s. Los resultados de la simulación indicaron que puede esperarse mayor degradación de la materia orgánica en la época de estiaje; pero en la época de lluvias, la capacidad de recuperación del OD estaría auspiciada por la precipitación. Este comportamiento se destaca para el segundo tramo de la sección del río analizada, donde se ubica la descarga contaminante, así como la obra de toma a la potabilizadora, aguas abajo. Aquí se encontró que la DBO varía entre el 7 y 12% para los meses de estiaje, con un consumo de oxígeno disuelto entre 22 y -11%; en este caso, el valor negativo representa la recuperación del oxígeno disuelto en el tramo. Para la época de lluvias, se observó que el intervalo de variación para la DBO (2.8 a 5.5%) es menor, y las concentraciones de oxígeno disuelto presentaron incrementos entre 3.5 y 6.8%. Estos resultados son coherentes con lo esperado, ya que, durante la época de lluvias, el incremento del caudal favorece, por efecto de reaireación, concentraciones mayores de oxígeno disuelto, y la mayor velocidad de la corriente produce tiempos de retención menores a los que se presentan en la época de estiaje, esto contribuye a crear condiciones que limitan la degradación de la materia orgánica en la época lluviosa. Cabe destacar, sin embargo, que, para ambas estaciones, las concentraciones de OD fueron menores a la concentración de saturación (> 9 mg/L) que el modelo estima a partir de la temperatura del agua y la variación de la altitud. Con las condiciones que las combinaciones escenario-modelo determinaron en el río para la época de estiaje, se encontró que la remoción de la materia orgánica medida como la DBO sería mayor (de 6.8 a 13.35%) respecto a la estimada para el escenario base (6.9- 12.3%). Mientras que podría observarse para la mayoría de los meses de esta temporada la disminución en la concentración del OD, que variaría entre el -14 y 27%, comparado con los resultados del escenario base (-10.7 y 22.2%). Este

comportamiento se explica a partir de que habría una mayor degradación de materia orgánica atribuible al aumento en general de la temperatura del agua, lo cual incrementaría el consumo de oxígeno disuelto, y explica por qué se reduce la concentración de OD, incluso en valores superiores a los del escenario base.

Muñoz N. et al., (2012), realizaron la revista: **Demanda bioquímica de oxígeno y población en la subcuenca del río Zahuapan, Tlaxcala, México.** Se indican los pares de parámetros fisicoquímicos que tuvieron valor de $r^2 > 0.8$. El par DBO-DQO mostró valores de $r^2 > 0.8$ en seis de los doce puntos de muestreo. La r^2 de estos dos parámetros, obtenida con una gráfica elaborada con los datos de todos los puntos de muestreo, es igual a 0.733. Este valor es a su vez el mayor que se encontró de las r^2 de todos los pares posibles de los parámetros considerados. Se encontraron valores altos de r^2 en algunos pares y para ciertos puntos de muestreo. Se obtuvo un valor mayor a 0.8 de este estadístico con el par Turb-Cl en Texoloc. Para Cl, ésta es la única relación significativa que se cuantificó por este método y criterio de análisis, lo cual significa que su presencia no tiene relación con los otros parámetros fisicoquímicos. En las muestras de Tlaxco, Xaltocan y Amaxac no se encontraron pares de parámetros o casos donde existan valores de $r^2 > 0.8$; en San Benito y Texoloc se encontró un caso, en Atlangatepec y en Muñoz dos casos; en Dos Arroyos, Jardín Botánico, Zacatelco, El Pardo y Trébol se encontraron 3, 4, 5, 7 y 8 casos, respectivamente. Estos dos últimos puntos de muestreo son las salidas de pequeñas microcuencas donde no hay actividad industrial ni agrícola a gran escala. La microcuenca de El Pardo está inalterada y conserva sus condiciones naturales. Por el contrario, en la microcuenca Amaxac, donde no se obtuvo ningún valor de $r^2 > 0.8$, se concentra la mayor actividad industrial y agrícola, por lo que los compuestos fisicoquímicos presentes tienen diferentes fuentes. Los resultados obtenidos en este trabajo revelan que los

compuestos químicos presentes en los puntos de muestreo se relacionan de manera compleja. Los valores de r^2 de todos los puntos de muestreo, obtenidos al graficar la DQO contra la DBO, se encuentran entre 0.87 en San Benito y 0.40 en Xaltocan. Para las muestras tomadas en el drenaje de San Bernardino Contla (SBC), municipio de Juan Cuamatzi, el valor de r^2 es igual a 1 (Cuadro IV). Este mismo valor se obtiene al graficar los datos de DQO contra DBO de diferentes tipos de industrias. Una línea de regresión entre la DBO y DQO con pendiente cercana a 1 es teóricamente indicadores de que la materia presente es de tipo orgánico biodegradable, como ocurre en las aguas residuales crudas de origen municipal, por ejemplo, las muestras de SBC. Las líneas de regresión de El Pardo, Atlangatepec y Trébol presentaron las menores pendientes, lo cual indica que la materia orgánica biodegradable es menor o ya ha sido transformada al llegar al punto de muestreo.

Bastidas C., (2009), realizó la tesis: **Evaluación de la calidad bacteriológica del agua de pozo destinada a consumo humano en comunidades rurales dispersas del valle de Mariquina, provincia de Valdivia**. Universidad Austral de Chile. Se realizó un estudio de análisis sobre la calidad bacteriológica del agua que se destina para consumo humano en comunidades rurales dispersas del Valle de Mariquina. En donde se recolectó 157 muestras de agua de los pozos de las viviendas particulares, entre los meses de julio y agosto del 2008 y se procedió a cuantificar los coliformes totales (CT) y coliformes termotolerantes (CF) según la técnica del Número Más Probable. Además, en cada muestra positiva a coliformes termotolerantes (CF), se determinó la presencia de *Escherichia coli*. Los análisis microbiológicos mostraron que el 92,4% de las muestras presentó contaminación con coliformes totales (CT), el 59,2% con coliformes termotolerantes (CF) y el 58,6% con bacterias *E. coli*,

concluyendo que la gran mayoría de estas aguas no estén aptas para el consumo humano.

García et al., (2008), realizaron la revista Cubana de Química: **Contaminación orgánica en el sector de la bahía de buena vista cercano a la desembocadura del río Guanó, Villa Clara, Cuba.**

Evaluación físico-química de las aguas del río Guaní: Los montos de materia orgánica en el río fueron elevados; la mayor disponibilidad se midió en diciembre de 2006, con valores promedio de DBO5 y DQO de 19 y 113 mgO₂ L⁻¹. En el primer muestreo, los montos de ambos parámetros fueron similares en la mayor parte del sistema; mientras que en el muestreo realizado al inicio de la temporada de seca 2006-2007, la proporción de materia orgánica biodegradable es casi cuatro veces inferior a la DQO. El cuerpo de agua ha perdido la capacidad de auto depuración con un marcado déficit de oxígeno, debido a que es receptor de residuales generado por la industria azucarera y una destilería con escaso o ningún tratamiento. Un central azucarero por tonelada de azúcar producida genera volúmenes de aguas residuales entre 3 - 48 m³, con una DBO5 del orden de 2,9 kg, mientras que una destilería de alcohol obtenido a partir de la caña de azúcar, el volumen de agua residual que crea es 113 m³ con una carga orgánica en términos de DBO5 de 426 kg /13/. Evaluación de la calidad ambiental del sector de la bahía de Buena Vista cercano a la desembocadura del río Guaní: Los contenidos de materia orgánica en el muestreo realizado en diciembre de 2006, fueron muy superiores a los encontrados en el primer muestreo. La demanda bioquímica de oxígeno en abril de 2006 varió entre 0,24 y 2,17 mgO₂ L⁻¹, este máximo puntual correspondió al punto de muestreo E-1, muy próximo a la desembocadura del río; en diciembre de este año hubo un sustancial incremento de las concentraciones de materia orgánica de naturaleza fácilmente biodegradable, alcanzando una media de 3,90 ± 0,76 mgO₂ L⁻¹, valor característico de agua marina de mala calidad

para uso pesquero. Esta elevada proporción de materia orgánica biodegradable es responsable, en gran medida, del déficit de oxígeno disuelto en la columna de agua. En este cruce, la relación OD/DBO fue muy baja, oscilando entre 1,2 y 1,9; por tanto las concentraciones del gas no son las suficientes para la oxidación microbiana de los compuestos orgánicos disueltos y particulados en la fase acuosa, existiendo condiciones para que se desarrollen procesos de hipoxia y también de anoxia; si se hubiera tenido en cuenta el consumo biológico de oxígeno por el sedimento, el balance de oxígeno disuelto en la zona indicara, de forma más irrefutable, que sus contenidos son insuficientes. En el primer muestreo predominaron los tenores de compuestos orgánicos de naturaleza biodegradable, típicos de agua marina de dudosa calidad, de acuerdo con los rangos establecidos por la norma cubana para agua marina de uso pesquero. La relación OD/DBO tuvo una alta variabilidad, con un mínimo en la región cercana a la desembocadura del río. Los valores extremos de la DQO fueron 3,36 y 29,47 mgO₂ L⁻¹; el mínimo se midió en el punto E-9, muy alejado de la desembocadura del río. En el muestreo realizado, al finalizar la época de seca y la concentración mayor, se cuantificó en diciembre, en la locación de muestreo E-3 una de las más próximas al sitio donde desemboca el río, pudiendo estar influenciado el parámetro por el transporte de los residuales por el sistema de corrientes marinas en la zona, así como una posible elevada producción primaria.

2.1.2. Antecedentes Nacionales

Manzanares P., (2017), realizó la tesis: **Remoción de materia orgánica de agua residual sintética con filtros aerobios en medio sintético reciclable a escala piloto**. Universidad Nacional del Centro del Perú. La remoción de materia orgánica en los filtros aerobios, donde se puede observar que en el filtro aerobio con medio sintético de caucho y de caudal a 25 mL/min, alcanzó en su primera semana de análisis el 21,08% de remoción de materia orgánica, esto quiere decir que existió una remoción de DBO5 desde 370.26 mg/L hasta 292.2mg/L, así mismo observamos que en la semana cinco se obtuvo un porcentaje de remoción de materia orgánica del 80.5%, que significa la remoción de DBO5 desde 360 mg/L hasta 70.2 mg/L., estando este último resultado por debajo de los L.M.P. El % Remoción de materia orgánica con medio filtrante caucho a un $Q=25$ mL/min, donde se puede observar que en el filtro aerobio con medio sintético de caucho y de caudal a 50 mL/min, alcanzó en su primera semana de análisis el 23,08% de remoción de materia orgánica, esto quiere decir que existió una remoción de DBO5 desde 370.26 mg/L hasta 284.82mg/L, así mismo observamos que en la semana cinco se obtuvo un porcentaje de remoción de materia orgánica del 85.5%, que significa la remoción de DBO5 desde 360 mg/L hasta 52.2 mg/L., estando este último resultado por debajo de los L.M.P. El % Remoción de materia orgánica con medio filtrante caucho, a un $Q = 50$ mL/min., donde se puede observar que en el filtro aerobio con medio sintético de caucho y de caudal a 75 mL/min, alcanzó en su primera semana de análisis el 9.22% de remoción de materia orgánica, esto quiere decir que existió una remoción de DBO5 desde 370.26 mg/L hasta 336.12 mg/L, así mismo observamos que en la semana cinco se obtuvo un porcentaje de remoción de materia orgánica del 67.83%, que significa la remoción de DBO5 desde 360 mg/L hasta 115.8 mg/L., estando este último resultado por encima de los L.M.P. El % Remoción de materia orgánica con medio filtrante caucho, a un $Q = 75$ mL/min, donde se

puede observar que en el filtro aerobio con medio sintético de polipropileno y de caudal a 25 mL/min, alcanzó en su primera semana de análisis el 18.46% de remoción de materia orgánica, esto quiere decir que existió una remoción de DBO5 desde 370.26 mg/L hasta 301.92 mg/L, así mismo observamos que en la semana cinco se obtuvo un porcentaje de remoción de materia orgánica del 79%, que significa la remoción de DBO5 desde 360 mg/L hasta 75.6 mg/L., estando este último resultado por debajo de los L.M.P. El % Remoción de materia orgánica con medio filtrante polipropileno, a un $Q = 25$ mL/min., donde se puede observar que en el filtro aerobio con medio sintético de polipropileno y de caudal a 50 mL/min, alcanzó en su primera semana de análisis el 12.30% de remoción de materia orgánica, esto quiere decir que existió una remoción de DBO5 desde 370.26 mg/L hasta 324.72mg/L, así mismo observamos que en la semana cinco se obtuvo un porcentaje de remoción de materia orgánica del 69.83%, que significa la remoción de DBO5 desde 360 mg/L hasta 108.6 mg/L., estando este último resultado por encima de los L.M.P. El % Remoción de materia orgánica con medio filtrante polipropileno, a un $Q = 50$ mL/min., donde se puede observar que en el filtro aerobio con medio sintético de polipropileno y de caudal a 75 mL/min, alcanzó en su primera semana de análisis el 4.80% de remoción de materia orgánica, esto quiere decir que existió una remoción de DBO5 desde 370.26 mg/L hasta 352.5mg/L, así mismo observamos que en la semana cinco se obtuvo un porcentaje de remoción de materia orgánica del 55.5%, que significa la remoción de DBO5 desde 360 mg/L hasta 160.2 mg/L., estando este último resultado por encima de los L.M.P. El % Remoción de materia orgánica con medio filtrante polipropileno, a un $Q = 75$ mL/min. se muestra una comparación del porcentaje de remoción con el tiempo para los diferentes caudales en el medio filtrante caucho. Determinando que en el caudal de 50 ml/min se obtuvo mejor eficiencia en la remoción de materia orgánica y una menor eficiencia encontramos en el caudal de 75 ml/min.

Pérez M., (2017), realizó la tesis: **Simulación matemática de la interacción entre la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y el oxígeno disuelto (OD) en el río Chili con el método de los elementos finitos.** Universidad Nacional de San Agustín. La interacción entre la Demanda Bioquímica de Oxígeno y el Oxígeno Disuelto se basa en el equilibrio existente del consumo de oxígeno presente en el agua para suplir la demanda de oxígeno necesaria para degradar la materia orgánica. En otras palabras, un valor elevado de DBO necesitara un mayor consumo de oxígeno por lo que los valores de OD serán bajos; por otro lado, bajos valores de DBO proporcionarán altos valores de OD. Se observa un gran descenso en el punto 23 hasta el punto 31. Sin embargo, el mayor descenso se observa a partir del punto 31 hasta el punto 42. El valor de la Demanda Bioquímica de Oxígeno se mantiene constante hasta el punto 27 que corresponde al sector de Congata, donde empieza a incrementarse debido a los efluentes de esa zona, aunque el incremento no es radical. El gráfico 32 nos muestra que casi la totalidad de los puntos cumple con los Estándares de Calidad Ambiental cuando el caudal del río aumenta. A partir del punto 36 se observa que estos exceden el valor mínimo, sin embargo, la diferencia no es sustancial. La simulación de la concentración de Oxígeno Disuelto se encuentra en el gráfico 33, se puede observar que estos varían mínimamente entre ellos y que todos los valores son superiores a 7.0 mg/L, lo que indica una buena calidad de agua. Nuevamente a partir del sector de Congata (punto 27) los valores empiezan a decrecer, pero al igual que en la Demanda Bioquímica de Oxígeno, la variación es mínima. Al comparar esta simulación del Oxígeno Disuelto con los Estándares de Calidad Ambiental en el gráfico 34 notamos que todos los puntos cumplen con los valores mínimos. La disminución de todos los valores para ambas variables radica en la naturaleza convectiva del fenómeno, al variar la velocidad la concentración se verá fuertemente afectada, los valores serán menores debido al mayor volumen de agua.

Martínez O., (2017), realizó la tesis: **Calidad fisicoquímica y bacteriológica del agua de consumo humano del distrito de Saman, provincia de Azángaro – Puno**. Universidad Nacional del Altiplano. Los resultados y valores promedios de los parámetros bacteriológicos del agua de ingreso a la planta de tratamiento del distrito de Samán; siendo así para coliformes totales un promedio de 467 ± 227 UFC/100ml, con un valor máximo de 800 UFC/100ml y un mínimo de 250 UFC/100ml. Los coliformes termotolerantes presentan un promedio de 392 ± 227 UFC/100ml, con un valor máximo de 730 UFC/100ml y un mínimo de 200 UFC/100ml. Estos resultados exceden los límites máximos permisibles (50 UFC/100ml y 20 UFC UFC/100ml) para aguas superficiales que pueden ser potabilizadas por desinfección. Los resultados y valores promedios de los parámetros bacteriológicos del agua de salida en la planta de tratamiento del distrito de Samán; siendo así para coliformes totales un promedio de 32 ± 32 UFC/100ml, con un valor máximo de 80 UFC/100ml y un mínimo de 3 UFC/100ml. Los coliformes termotolerantes presentan un promedio de 26 ± 29 UFC/100ml, con un valor máximo de 68 UFC/100ml y un mínimo de 1 UFC/100ml. Estos resultados exceden los límites máximos permisibles (0 UFC/ml ambos parámetros) emitidos por el Reglamento de la Calidad del Agua para consumo Humano DS N° 031- 2010-SA.

Yana T., (2017), realizó la tesis: **Calidad fisicoquímica y microbiológica del agua, en el sistema de abastecimiento de agua potable en la ciudad de Azángaro, Puno – 2017**. Universidad Nacional del Altiplano. Muestras de agua evaluadas, presentaron recuentos de CT principalmente en el PM1 y en los tres PM sólo durante el mes de agosto, en el PM1, los valores variaron entre 4 y 24 NMP/100 mL con un promedio de 14.33 NMP/100 mL, los demás PM solo presentaron en el mes de agosto con 9 y 4 NNMP/100 mL respectivamente. De las 09 muestras evaluadas, en los meses de agosto

y setiembre no se obtuvieron recuentos en los PM2 y PM3, mientras que todos los PM positivos superaron el LMP de 0.00 mg/L. Los resultados obtenidos con respecto a los recuentos de CT, estuvieron por debajo de la carga bacteriana reportada en las aguas de la zona de captación de agua de EMSA – Puno (lago Titicaca, sector Chimu), ya que presentaron valores que fluctuaron entre 60 y 284 UFC/100 mL, pero difieren con respecto a la carga de CF, en esta investigación no se encontró estas bacterias pero las CF oscilaron entre 1 a 280 UFC/mL (Paredes, 2013), la cual debe recibir el tratamiento para cumplir con los LMP emanados en la normatividad vigente, asimismo son semejantes a los resultados presentados por Salazar (2015) quien no reporta bacterias CT, pero si CF en una de sus muestras de agua potable en la ciudad de Juliaca. El recuento de bacterias heterotróficas en muestras de agua y el recuento de bacterias coliformes fecales, cumplen con lo emanado en las normas nacionales vigentes, por tanto, se acepta la hipótesis planteada; mientras que, con respecto a la carga bacteriana de coliformes totales, los valores superan los LMP emanados en la norma, por tanto, se rechaza la hipótesis planteada.

Curo V., (2017), realizó la tesis: Calidad bacteriológica y fisicoquímica del agua de pozos con fines de consumo humano en el distrito de Huata – Puno, 2016. Universidad Nacional del Altiplano. El recuento de coliformes totales en 12 muestras de agua de pozos procedentes de las cuatro parcialidades del distrito de Huata fluctúan entre promedio de un máximo de 360.0 - 347.3 UFC/100ml en la parcialidad de Collana I a un mínimo de 128.0 - 82.3 UFC/100ml en la parcialidad de Collana II, durante las precipitaciones con lluvias escasas se confirma mayor concentración de bacterias de coliformes totales las que fueron de 262.6 UFC/100ml y menor concentración con lluvias abundantes en promedio fueron de 172.6 UFC/100ml, todos exceden los límites máximos permisibles por lo tanto el agua de pozo es de mala calidad para el consumo humano, desde el punto de vista

microbiológico según el Reglamento de la Calidad de Agua para el Consumo Humano D.S. N° 031-2010 DIGESA (0 UFC/100ml). El recuento de coliformes termotolerantes en las muestras del agua de pozos para consumo humano en las cuatro parcialidades del distrito de Huata fueron de promedios 47 de un máximo de 3.3 – 1.7 UFC/100ml en parcialidad de Collana II y a un mínimo de 1.3 – 0.3 UFC/100ml en la parcialidad de Yasín, durante el periodo de precipitaciones con lluvias escasas se confirma mayor concentración de coliformes termotolerantes en promedio fueron de 2.2 UFC/100ml y menor concentración en lluvias abundantes fueron de 0.8 UFC/100ml, por lo tanto el agua de pozos no reúne la calidad bacteriológica requerida, según el Reglamento de la Calidad de Agua para el Consumo Humano D.S. N° 031-2010 DIGESA (0 UFC/100ml).

Aguilar A., (2017), realizó la tesis: **Calidad bacteriológica del río Torococha y su influencia en las aguas de pozo de los barrios San Isidro y San Jacinto de la ciudad de Juliaca.** Universidad Nacional del Altiplano Puno. El recuento de coliformes totales, fecales y termotolerantes en 4 muestras de agua procedentes de las dos zonas de muestreo del río Torococha de la ciudad de Juliaca fluctúan entre los promedios de 11000 NMP/100 ml para coliformes totales, 2000 NMP/100 ml para coliformes fecales y 115 NMP/100 ml en la zona 1 correspondiente al río Torococha en el barrio San Isidro y recuentos de 11000 NMP/100 ml para coliformes totales, 3350 NMP/100 ml para coliformes fecales y 200 NMP/100 ml para coliformes termotolerantes . Estos resultados, determinan que las aguas del río Torococha en ambas zonas de estudio presentan elevada cantidad de bacterias coliformes. El elevado contenido de bacterias indicadoras de contaminación, es elevado respecto a la cantidad de coliformes totales y fecales, que de acuerdo a los estándares de calidad ambiental para aguas de ríos de la sierra (MINAM, 2012), exceden los valores

permisibles de 3000 NMP/100 ml, para coliformes fecales, catalogando estas aguas como de mala calidad bacteriológica, en cambio para el contenido de coliformes termotolerantes el contenido bacteriológico se encuentra dentro del límite permisible de 2000 NMP/100 ml, esto probablemente debido a la época de invierno en que se realizó el estudio ya que las temperaturas bajas tienen efecto negativo en las poblaciones de bacterias, al igual que la radiación solar que en época invernal merma las poblaciones de bacterias (IGME, 2010), por lo tanto los resultados de elevada cantidad de coliformes 34 fecales y totales nos indican la mala calidad bacteriológica en la que se encuentra el río Torococha, esto se hace evidente debido al vertido de aguas residuales, residuos sólidos, presencia de animales entre otros, lo que ha ocasionado un serio conflicto ambiental que hasta la fecha no tiene solución.

Sotil F., (2017), realizó la tesis: Análisis de indicadores de contaminación bacteriológica (coliformes totales y termotolerantes) en el lago de Moronacocha. Se puede observar el análisis bacteriológico realizado en el agua del Lago Moronacocha en la época hídrica de Vaciante, reportando en el punto de muestreo "100 m de colector" un valor de 160 000NMP/100 ml para el caso de Otros Coliformes y también para el caso de Coliformes Fecales haciendo un total de 160 000NMP/100 ml para Coliformes Totales, en el punto de muestreo "Entrada del Lago" se reportó un valor de 4 000 NMP/100 ml para el caso de Otros Coliformes y 7 000 NMP/100 ml para el caso de Coliformes Fecales haciendo un total de 11 000NMP/100 ml para Coliformes Totales, en el punto de muestreo "Parte media" se reportó un valor de 3 900NMP/100 ml para el caso de Otros Coliformes y 28 500NMP/100 ml para el caso de Coliformes fecales haciendo un total de 67 500NMP/10 0ml para Coliformes Totales y en el punto de muestreo "Salida del Lago" se reportó un valor de 13 550NMP/100 ml para el caso de Otros Coliformes y para el caso de Coliformes

Fecales un valor de 12 450NMP/100 ml haciendo un total de 26 000NMP/100 ml para Coliformes Totales, las cuales fueron comparadas con los valores de referencia establecidos en el ECA's para agua, quienes sobrepasaron los límites máximos permisibles planteados en la norma legal para agua, D.S. N° 002-2008-MINAM, categoría 4, conservación del ambiente acuático, que establece para Coliformes termotolerantes (CF MINAM): 1 000NMP/100 ml y para Coliformes totales (CT MINAM) : 2 000NMP/100 ml.

Cava S. y Ramos A., (2016), realizó la tesis: **Caracterización físico – química y microbiológica de agua para consumo humano de la localidad Las Juntas del distrito Pacora – Lambayeque**, de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. Según los resultados obtenidos y comparados con los límites máximos permisibles se determinó que los coliformes totales en el agua de consumo de la localidad de Las Juntas del distrito de Pacora no están dentro de los límites establecidos por el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano, Decreto Supremo N° 031-2010-SA del Ministerio de Salud, elaborado por la Dirección General de Salud Ambiental, febrero 2011. Según los resultados obtenidos y comparados con los límites máximos permisibles se determinó que los coliformes termotolerantes en el agua de consumo de la localidad de Las Juntas del distrito de Pacora no están dentro de los límites establecidos por el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano, Decreto Supremo N° 031-2010-SA del Ministerio de Salud, elaborado por la Dirección General de Salud Ambiental, febrero 2011.

Chambi C., (2015), realizó la tesis: **Determinación de bacterias coliformes y e. coli en agua de consumo humano del centro poblado de Trapiche- Ananea – Puno**, en la Universidad Nacional del Altiplano en donde los resultados obtenidos fueron los valores de 14.84 UFC/ml de coliformes totales y E.coli NMP en 100/ml de agua de los pozos determinando que el agua no es apta para consumo

humano. Mientras que, en la calidad Bacteriológica del agua de pozo y agua potable consumida en los mercados de la unión y dignidad, bellavista, central y Laykakota de la ciudad de puno los resultados de coliformes totales fueron de 827.25 por el NMP/100ml y los coliformes Termotolerantes fue de 111NMP/ml y E. coli de 164 NMP/100ml.

Soto R., (2013), realizó la tesis titulada: **Calidad bacteriológica de agua de pozo y agua potable utilizada en los mercados de la ciudad de Puno**. Universidad Nacional del Altiplano Puno. La calidad bacteriológica de agua de pozo y agua potable utilizada en los mercados de la ciudad de Puno, los resultados en agua de pozo del mercado Bellavista en coliformes totales fueron 827.25 NMP/100 ml. Mientras que Yanapa (2012), respecto a la Calidad Bacteriológica del Agua Potable de la Ciudad de Ilave obtuvo coliformes totales 30.83 NMP/100ml. Así mismo Mendoza (2011), en su estudio de la microbiología y factores físicos del agua de las desembocaduras de los principales ríos del Lago Titicaca obtuvo valores promedio de coliformes totales 1000.00 NMP/100ml.

Vilca K., (2011), realizó la investigación: **Calidad físico – química y bacteriológico del agua de consumo humano del distrito Vilque – 2011**. Universidad Nacional del Altiplano. Investigó la calidad bacteriológica fisicoquímica del agua de consumo humano en la localidad de Vilque; reportó coliformes totales y fecales para la fuente del manantial 18.33 NMP/100 ml y 6.67 NMP/100 ml; en el reservorio de agua 6.67 NMP/100 ml y 6.67 NMP/100 ml; y en las piletas domiciliarias 21.67 NMP/100 ml y 38.33 NMP/100 ml.

Quispe H., (2010), realizó la tesis: **Componentes fisicoquímicos e indicadores bacterianos de contaminación fecal en aguas de consumo humano de la ciudad de Aplao, Valle de Majes- Arequipa**. Universidad Nacional del Altiplano-Puno. Los componentes fisicoquímicos e indicadores bacterianos de contaminación fecal en

agua de consumo humano de la ciudad de Aplao, Arequipa reportaron para coliformes totales un promedio de 4200.00 NMP/100ml. Así mismo se debe agregar que Chullunquia (2005), en el Contenido Bacteriológico en aguas provenientes de cuatro manantiales para consumo humano del Barrio Santiago de Chejoña-Puno encontró un valor 23.00 a 240.00 NMP/ 100ml para coliformes totales. En otro punto Gonzales et al., (2007), realizó un diagnóstico de la calidad del agua de consumo humano en las comunidades del sector del municipio de León Nicaragua, reportando para coliformes totales 400.00 NMP/100ml.

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. Principio de la adherencia

Este principio es un mecanismo el cual permite remover las partículas que han colisionado con los granos de arena del medio filtrante. La propiedad adherente de los granos de arena es proporcionada por la acción de fuerzas eléctricas, acciones químicas y atracción de masas, así como por película biológica que crece sobre ellos, y en la que se produce la depredación de los microorganismos patógenos por organismos de mayor tamaño tales como los protozoarios y rotíferas (Solsona y Méndez, 1983).

2.2.2. Mecanismo biológico de la desinfección

La remoción total de partículas en este proceso se debe al efecto conjunto del mecanismo de adherencia y el mecanismo biológico. Es necesario que para que el filtro opere como un verdadero “sistema de desinfección” se haya producido un Schmutzdecke vigoroso y en cantidad suficiente. Solo cuando se ha llegado a ese punto, el FLA podrá operar correctamente. Entonces se dice que el filtro (o el manto) “está maduro”. Al iniciarse el proceso, las bacterias depredadoras o benéficas transportadas por el agua utilizan como fuente de alimentación el depósito de materia orgánica y pueden multiplicarse en forma selectiva, lo que contribuye a la formación de la película

biológica del filtro. Estas bacterias Partícula (Solsona y Méndez, 1983).

2.2.3. Cloración del agua

A finales del siglo XIX, a medida que se realizaban mejoras en los sistemas de filtración, paralelamente se estableció firmemente la teoría de la existencia de gérmenes causantes de las enfermedades, como resultado de la investigación de Louis Pasteur, Robert Koch y otros, que cuestionaron la creencia extendida de que las enfermedades se transmitían por efluvios malignos (teoría de la miasma). Koch, descubridor del agente causal del cólera, *Vibrio cholera*, aportó evidencias de la importancia de la filtración del agua para protegerse de las enfermedades. El científico comparó los casos de cólera registrados en dos ciudades alemanas contiguas, Hamburgo y Altona, que obtenían el agua potable de un mismo río, el Elbe (Freire, 2018).

Altona utilizaba filtración, ya que cogía el agua por debajo de Hamburgo y ésta estaba altamente contaminada. Los resultados del estudio de Koch fueron claros: incluso con una fuente de agua más contaminada, Altona registraba una incidencia mucho menor de cólera que Hamburgo. Dado que en este momento ya se sabía que el cólera estaba causado por una bacteria intestinal excretada en las heces humanas, la conclusión fue que la filtración del agua eliminaba considerablemente la bacteria contaminante de la misma (Freire, 2018).

Con el surgimiento de la microbiología, nacida a mediados del siglo XIX, se le fue dando cada vez mayor importancia al aspecto bacteriológico de la filtración y a finales de siglo muchas ciudades ya habían construido plantas de filtración, tanto en Europa como en EEUU. En el siglo 19 se descubrieron los efectos de los desinfectantes en el agua para el tratamiento y desinfección de la misma. Desde 1900 los desinfectantes se utilizan extensamente por las compañías del agua para evitar la expansión de enfermedades y mejorar la calidad del agua (America's, 2019).

2.3. Bases conceptuales

2.3.1. Agua potable

Es aquella que, por cumplir las características físicas, químicas y microbiológicas, es apta para el consumo humano; se utiliza en bebida directa, en la preparación de alimentos o en la higiene personal. El peligro más común y más difundido relativo al agua potable es el de su contaminación, sea esta directa o indirecta, debido al efecto de aguas servidas, de otros desechos o de las excretas del hombre o de los animales. Si dicha contaminación es reciente y entre los factores que contribuyen a ella se hallan agentes portadores de enfermedades entéricas transmisibles, es posible que estén presentes algunos de los organismos vivos causales de las mismas. Beber agua contaminada o emplearla en la preparación de soluciones puede producir mayor número de casos de infección (Carrillo Z. y Lozano C., 2008).

2.3.2. Características del agua potable

- El agua potable no debe contener en ningún caso microorganismos considerados patógenos y debe estar libre de bacterias indicadoras de contaminación fecal. En el caso de plaguicidas la concentración máxima aceptable presente en el agua deberá ser de 0.0001mg/L.
- No debe contener sustancias o cuerpos extraños de origen biológico, orgánico, inorgánico o radiactivo en cantidades tales que la hagan peligrosa para la salud. Deberá presentar sabor agradable y ser prácticamente incolora, inodora, límpida y transparente (Carrillo Z. y Lozano C., 2008).

2.3.3. Calidad del agua

- La calidad del agua se define en función de un conjunto de características variables físicoquímica del agua o microbiológicas, así como de sus valores de aceptación o de rechazo. La calidad físico-química del agua se demuestra en la determinación de sustancias químicas específicas que pueden afectar a la salud.
- La calidad microbiología se basa en la determinación de aquellos microorganismos que pueden afectar directamente al ser humano o que, por su presencia puedan señalar la posible existencia de otros, tal y como sucede con los coliformes fecales, *Escherichia coli* y *Salmonella*.
- Aquellas aguas que cumplan con los estándares preestablecidos para el conjunto de parámetros indicadores considerados serán aptas para el consumo humano, la cual es utilizada para la ingesta, 11 preparación de alimentos, higiene personal, lavado de utensilios y otros menesteres domésticos.
- La contaminación causada por efluentes domésticos e industriales, la deforestación y las malas prácticas de uso de la tierra, están reduciendo notablemente la disponibilidad de agua. En la actualidad, una cuarta parte de la población mundial, que principalmente habita en los países en desarrollo, sufre escasez severa de agua limpia, lo que provoca que haya más de diez millones de muertes al año producto de enfermedades relacionadas a la contaminación hídrica.
- Muchas de las actividades humanas contribuyen a la degradación del agua, afectando su calidad y cantidad. Entre las causas de mayor impacto a la calidad del agua en las cuencas hidrográficas de mayor importancia, está el aumento y concentración de la población, actividades productivas no adecuadas, presión sobre el uso inadecuado, mal uso de la tierra, la contaminación del recurso hídrico con aguas servidas domésticas sin tratar, por la carencia de sistemas

adecuados de saneamiento, principalmente en las zonas rurales. De igual manera, la contaminación por excretas humanas representa un serio riesgo a la salud pública.

- Es de vital importancia, tanto para la salud humana como para el bienestar de la sociedad, contar con un abastecimiento seguro y conveniente, de satisfacción para el consumo humano, y la higiene personal debe ceñirse a normas adecuadas en cuanto a disponibilidad, cantidad, calidad y confiabilidad del abastecimiento. Dado que el agua es un líquido vital para los seres vivos (Cava S. y Ramos A., 2016).

2.3.4. Factores que influyen en la cantidad y calidad del agua

a. Uso de la tierra y su relación con la calidad del agua

- Los cambios en el uso de la tierra sobre la calidad del agua han sido ampliamente comprobados. Éstos provocan alteraciones en los regímenes hídricos, cambios dramáticos de la calidad y cantidad del agua, especialmente al uso potable.
- Las prácticas de manejo en el uso de la tierra tienen una influencia muy fuerte en la calidad y cantidad del agua. El uso de la tierra tiene efectos sobre los procesos hidrológicos y de sedimentación, y está relacionada con la escorrentía, inundaciones, recarga de agua subterránea, erosión y carga de sedimentos. El tamaño de los granos del suelo, su ordenamiento y su contenido de materia orgánica son factores íntimamente ligados a la capacidad de infiltración y de retención de humedad, por lo que el tipo de suelo predominante en la cuenca, así como su uso, influye de manera notable en la magnitud y distribución de los escurrimientos.
- Los impactos de las prácticas del uso de la tierra se pueden agrupar en dos categorías: impactos sobre los 13 valores de uso y valores de no uso. Los valores de uso pueden ser consuntivos, por ejemplo, el riego y el uso doméstico, y no consuntivos,

como el transporte. Las masas de agua y las zonas de ribera pueden tener también valores de usos no significativos, por ejemplo, como almacén de biodiversidad (Cava S. y Ramos A., 2016).

b. La actividad ganadera y su relación con la calidad del agua

- La ganadería es una de las prácticas de uso de la tierra más comunes, con impactos sobre la calidad del recurso hídrico. Cuando se da un sobrepastoreo, es un efecto muy negativo desde el punto de vista bacteriológico y químico.
- Generalmente este efecto se observa en lugares de alta precipitación, fuertes pendientes, cercanos a fuentes de agua. Los contaminantes provenientes de estas áreas son arrastradas con facilidad y rapidez hacia los cuerpos de agua. El impacto más significativo se da en el caso de que estas fuentes hídricas estén desprovistas de cobertura vegetal que les de protección, o la ausencia de una zona de amortiguamiento, ya que estas corrientes arrastran microorganismos patógenos, nutrientes y sólidos suspensos.
- Los incrementos de bacterias en el agua se evidencian cuando el ganado pasta en áreas muy cercanas a las fuentes de agua. En un estudio realizado, la cantidad de bacterias en el suelo fue en función del tipo y del número de ganado, y la forma en que los desechos fueron tratados o almacenados.
- Un efecto sobre la calidad del agua se da por la intensidad del sobrepastoreo, ya que afecta la densidad del suelo, con el incremento del pisoteo, de tal forma que, al ocurrir una lluvia o riego, la capacidad de almacenamiento del suelo es superada fácilmente, e inevitablemente ocurrirá arrastre de nutrientes por efecto de la escorrentía y lixiviación a las fuentes de agua. Se ha estimado que en áreas de ganadería con 1% de pendiente

basta con 8 toneladas de peso seco por hectárea de estiércol para que las aguas superficiales sean enriquecidas por nitrógeno y fósforo.

- Los factores que controlan y disminuyen los efectos de la contaminación por el estiércol están íntimamente relacionados a la capacidad de absorción de los cultivos al nitrato y la capacidad de absorción del amonio por parte del suelo. Siendo afectada esta última por la compactación del suelo, lo que provoca una baja liberación de amonio en el suelo y seguido por el transporte a las fuentes de agua mediante la escorrentía (Cava S. y Ramos A., 2016).

c. La agricultura y su influencia en la calidad del agua

- La agricultura constituye una de las actividades más practicadas en el mundo, particularmente en áreas rurales. Su impacto sobre la calidad del agua es de mucha importancia. Aproximadamente el 70% de los recursos hídricos del mundo son usados por la agricultura, lo cual significa el principal factor de la degradación de éstos, como consecuencia de la erosión y de la escorrentía química.
- la agricultura es el mayor usuario del agua dulce a escala mundial y el principal factor de degradación de los recursos hídricos superficiales y subterráneos, debido a la erosión y la escorrentía con productos proveniente de agroquímicos.
- La agricultura tiene un fuerte impacto sobre el ambiente, especialmente sobre las condiciones de las aguas superficiales y subterráneas, es considerada como una fuente importante de contaminación en las aguas dulces de América Latina. Las principales fuentes agrícolas contaminantes la constituyen los fertilizantes, pesticidas y la ausencia del manejo de desechos sólidos. La agricultura no es solamente el mayor consumidor de

los recursos hídricos, sino que debido a las ineficiencias en su distribución y aplicación sus efluentes que retornan a los recursos de aguas superficiales o subterráneas contienen grandes cantidades de sales, nutrientes, productos agroquímicos que también contribuyen al deterioro de su calidad.

- En la mayor parte de los países latinoamericanos, uno de los problemas más fuerte es la contaminación derivada de 16 las fuentes no puntuales, como es el caso de la agricultura, dada por el uso de fertilizantes, plaguicidas, insecticidas y residuos que son arrastrados por las lluvias a las fuentes de agua.
- La contaminación de aguas superficiales está íntimamente relacionada con el proceso de pérdida de suelos, por el arrastre de sedimentos debido a la agricultura. Ésta posee dos dimensiones principales: la dimensión física, consistente en la pérdida de la capa arable del suelo, y la degradación de la tierra como consecuencia de la erosión laminar y cárcavas que provocan los altos niveles de turbidez.
- El nitrato es típicamente lixiviado desde los campos cultivados y se mueve a poca profundidad, subterráneamente, hacia las fuentes superficiales; esta lixiviación se reduce hasta en un 15% cuando se dan prácticas de manejo de conservación de suelos y agua.
- De igual manera al usar estiércol de ganado como abono en la agricultura, una porción significativa de amonio puede ser transportada a los cuerpos de agua por escorrentías de los campos agrícolas (Cava S. y Ramos A., 2016).

d. Actividades humanas

- El uso inapropiado que el hombre ha hecho de la tierra, eliminando las masas boscosas, ha sido causa principal en relación con el caudal de los ríos. Es decir, se refleja en la más rápida evacuación del agua y en la calidad de la misma.
- La recepción de aguas contaminadas se da a través de dos fenómenos: las aguas de lluvias que discurren por el suelo y el subsuelo, que luego de su contacto con ella arrastran sub productos de las actividades humanas que cambian su calidad natural, y las aguas que luego de ser usada y transformada su calidad físico - química, son reintegradas a los cuerpos de aguas naturales. El receptor de todas las aguas que discurren por el territorio de la cuenca es el océano.
- De igual forma, los acuíferos que son otras fuentes de abastecimiento de agua pueden ser contaminadas por las actividades del ser humano. El deterioro de la calidad causado por la contaminación influye sobre el uso de las aguas curso abajo, amenaza la salud humana y el funcionamiento de los sistemas acuáticos, induciendo así la efectiva disponibilidad e incrementando la competencia por agua de calidad (Cava S. y Ramos A., 2016).

2.3.5. Microorganismos indicadores de la calidad del agua

Los indicadores microbiológicos de calidad del agua son organismos que tienen un comportamiento similar a microorganismos patógenos cuya procedencia, concentración, hábitat y reacción a factores externos es la de la mayoría. Su presencia determina la existencia de patógenos y permite comparar sus reacciones a cambios de pH y temperatura o aplicación de medios físicos o químicos de desinfección, con la ventaja de ser más fácilmente cultivables o identificables, y económicamente factibles. Requieren la identificación

y cuantificación de microorganismos por índices de diversidad ajustados a intervalos que califican la calidad del agua y, aunque la información microbiológica obtenida a partir de su análisis no reemplaza los análisis fisicoquímicos, reduce costos y aporta información en el monitoreo de la calidad del agua (Tobón et al., 2017).

2.3.5.1. Coliformes totales

- El grupo Coliforme total se define como todas las bacterias Gram negativas en forma bacilar que fermentan la lactosa a temperatura de 35 a 37 °C, produciendo ácido y gas (CO₂) en 24 horas, aerobias o anaerobias facultativas, son oxidasa negativa, no forman esporas y presentan actividad enzimática de la B – galactosidasa (Moposita C, 2015).
- Los Coliformes representan un indicador biológico de la posible presencia de otros microorganismos patógenos o deteriorantes, debido a malas prácticas higiénicas, sanitarias o de contaminación de origen ambiental producida por descargas de materiales orgánicos (Hernández C., 2012).

2.3.5.2. Coliformes Fecales

- Los Coliformes fecales también denominados Coliformes termo tolerantes, llamados así porque soportan temperaturas hasta de 45°C, comprenden un grupo muy reducido de microorganismos los cuales son indicadores de calidad, ya que son de origen fecal (Carrillo Z. y Lozano C., 2008).
- Su presencia en el agua es indicadora de la calidad bacteriológica. Forman parte del grupo Coliformes total, y son microorganismos que fermentan la lactosa con producción de gas a 44° C ± 0.2 en un periodo de 24 a 48 horas (Hernández C., 2012).

-

2.3.6. Métodos para la determinación de los microorganismos

2.3.6.1. Método de fermentación en tubos múltiples

- El análisis microbiológico del agua se define como el procedimiento llevado a cabo en laboratorio a una muestra de agua para evaluar la presencia, ausencia, el tipo y la cantidad de microorganismos presentes en ella. En el análisis bacteriológico es importante conocer no solamente que los organismos coliformes están presentes sino también determinar su número más probable por unidad de volumen en el agua.
- El método de fermentación de los tubos múltiples es un método convencional y estandarizado para la determinación de la densidad de bacterias indicadoras de contaminación.
- En este método, se añade diferentes cantidades de agua a tubos que contienen un medio de cultivo adecuado. Los coliformes presentes en el agua se reproducen y, a partir del número de tubos inoculados y del número de tubos con reacción positiva, puede determinarse la densidad bacteriana. Esta densidad es calculada mediante la utilización de métodos matemáticos de probabilidad en donde es posible estimar el número más probable (NMP) de bacterias que producen un resultado observable de cualquier combinación de tubos positivos y negativos.

2.3.7. Sistema de medición DBO

2.3.7.1. La demanda bioquímica de oxígeno DBO

La demanda bioquímica de oxígeno DBO establece la cantidad de oxígeno que se consume durante la biodegradación de elementos orgánicos de una muestra de aguas residuales. Mediante la medición de la DBO se registran los elementos orgánicos biodegradables del agua. Esto distingue a la DBO de la demanda química de oxígeno (DQO) en la que además se registran las sustancias orgánicas no biodegradables. La determinación de la DBO es un instrumento importante para el registro de la influencia

de las aguas residuales domésticas e industriales en depuradoras y sistemas de canalización (Catálogo General, 2017)

2.3.7.2. Medición respirométrica de la DBO con el Lovibond® BD 600

El sistema de detección BD 600 para 6 puntos de medición permite determinar con exactitud y comodidad la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) conforme al principio respirométrico. El oxígeno consumido se registra en este sistema mediante una reducción de presión en el sistema de medición DBO estanco. Mediante el uso de avanzados sensores de presión es posible prescindir del uso del nocivo metal de mercurio (Catálogo General, 2017).

2.3.7.3. Rangos de medición y volumen de muestra

El valor de DBO de una muestra depende de la carga de sustancias orgánicas y puede variar en gran medida. Por lo tanto, el sistema de medición Lovibond® BSB BD 600 se ajusta a los volúmenes de muestra indicados en la siguiente tabla, independientemente del rango de medición. De aquí se obtiene un rango de medición total de 0 – 4.000 mg/l. En todos los rangos de medición, la DBO se muestra directamente expresada en mg/l (Catálogo General, 2017).

Tabla 1

Rangos de Medición y Volumen de Muestra

Campo de medición DBO mg/L	Volumen de prueba en mL
0-40	428
0-80	360
0-200	244
0-400	157
0-800	94
0-2000	56
0-4000	21,7

2.3.7.4. Principio del BD 600

- Durante la medición de la DBO, las bacterias del agua residual rellenada consumen el oxígeno disuelto en la muestra. Este oxígeno consumido es reemplazado por el oxígeno, que se encuentra en la cámara de aire del frasco de muestra. El dióxido de carbono producido queda combinado químicamente por una solución de hidróxido de potasio, que se encuentra dentro de un pequeño depósito en el interior del frasco.
- Así se produce un descenso de la presión. Este descenso de presión es directamente proporcional al valor DBO que es registrado por el sensor Lovibond®. El valor de DBO se visualizará directamente en mg/l.
- A continuación, se memorizan los valores de DBO en intervalos periódicos de tiempo. Estos se pueden visualizar en la pantalla, sin tener que convertirlos con complicados factores, como valores de DBO en mg/l. De esta manera es posible, por ejemplo, calcular una serie de mediciones que por ejemplo han concluido en domingo, en la semana siguiente. Las series de

medición pueden guardarse en un archivo, que puede alojarse en un soporte de memoria convencional (lápiz USB, tarjeta SD) o bien, transferirse a través de cable USB y evaluarse posteriormente en un ordenador (Catálogo General, 2017).

2.3.7.5. Evaluación de las mediciones

El sistema de medición BD 600 registra independientemente de la duración de medición, cada hora, un valor de medición. Esto permite evaluar de forma temprana la calidad de una serie de medición. Es posible consultar en cualquier momento tanto los valores actuales como los valores guardados en la memoria. Los valores guardados en la memoria se muestran opcionalmente en forma numérica o gráfica. En la siguiente tabla con gráfico se muestra el ejemplo de una evaluación DBO5. Aquí es fácil reconocer la evolución de la DBO a lo largo de cinco días (Catálogo General, 2017).

2.4. Definición de términos

Agua potable: Se llama agua potable al agua dulce que tras ser sometida a un proceso de potabilización se convierte en agua apta para el consumo humano, pudiendo consumirla sin ningún tipo de restricciones, debiendo pasar primero por un control de calidad y aprobando las rigurosas normas establecidas a nivel nacional e internacional (Moposita C, 2015).

Agua de consumo humano: Agua apta para el consumo y para el uso doméstico habitual, incluida la higiene personal (Delgado C. y Falcón B., 2019).

Análisis microbiológico: Procedimientos que se siguen para inspeccionar y determinar la presencia, identificación, y cantidad de carga de microorganismos patógenos e indicadores de contaminación que un cuerpo de agua puede presentar (Sotil F., 2017).

Agua tratada: Toda agua sometida a procesos físicos, químicos y/o biológicos para convertirla en un producto inocuo para el consumo humano (Delgado C. y Falcón B., 2019).

Calidad del agua: Encierra un conjunto de características físicas, químicas y biológicas que hacen que el agua sea apropiada para el consumo humano y se relaciona con los procesos de abastecimiento, disponibilidad y sistemas de purificación aplicados (Moposita C, 2015).

Coliformes fecales: También denominados coliformes termotolerantes, llamados así porque soportan temperaturas hasta de 45°C, comprenden un grupo muy reducido de microorganismos los cuales son indicadores de calidad, ya que son de origen fecal (Moposita C, 2015).

Coliformes totales: Son bacterias morfológicamente bacilares, Gram negativas, aeróbicas facultativas, no formadoras de endosporas, oxidasa negativa que fermentan la lactosa con producción de ácido y gas en 24 – 48 horas a 36 °C (Moposita C, 2015).

Contaminación del agua: Es la presencia de cualquier agente físico, químico o biológico, como también de agentes productores de enfermedades como bacterias, virus, hongos, quistes de parásitos, amebas. El principal riesgo de contaminación del agua en la red de distribución es debido a la contaminación por heces por infiltraciones (Moposita C, 2015).

Demanda Bioquímica de Oxígeno: Se usa como una medida de la cantidad de oxígeno requerido para la oxidación de la materia orgánica biodegradable presente en una muestra de agua y como resultado de la acción de oxidación bioquímica aerobia (Manzanares P., 2017).

Indicador de contaminación: Dícese de la presencia de agentes biológicos dentro de un cuerpo de agua (Sotil F., 2017).

Planta de potabilización: Instalaciones necesarias de tratamientos unitarios para purificar el agua de abastecimiento para una población (Hernández T. y Corredor B., 2017).

Tubos múltiples de fermentación: Es un método de análisis de aguas contaminadas para determinar la presencia y el número de bacterias coliformes (Sotil F., 2017).

Tratamiento de agua: Se hace con el fin de prevenir y eliminar la contaminación de organismos patógenos que se pueden encontrar en el agua, con esto se asegura que el agua es apta para el consumo y no tendrá acciones

perjudiciales en la salud de sus consumidores (Hernández T. y Corredor B., 2017).

Planta de tratamiento de agua potable (PTAP): Estructura donde se realizan una serie de procedimientos con el agua. Su finalidad es prevenir o disminuir la contaminación y sustancias no deseables que provienen de manera natural, propias de la fuente, por diversos agentes contaminantes durante la conducción o mediante procesos residuales, con la finalidad de abastecer a la población (Delgado C. y Falcón B., 2019).

2.5. Hipótesis

2.5.1. Hipótesis Nula

Existe una relación de variación de la demanda bioquímica de oxígeno, coliformes fecales y totales en la planta de tratamiento de agua potable Millpo en el distrito de Ascensión– Huancavelica.

2.5.2. Hipótesis Alterna

No existe una relación de variación de la demanda bioquímica de oxígeno, coliformes fecales y totales en la planta de tratamiento de agua potable Millpo en el distrito de Ascensión– Huancavelica.

2.6. Variables

2.6.1. Variable independiente:

Plantas de tratamiento de agua potable.

2.6.2. Variable dependiente:

Evaluación del agua de la PTAP.

2.7. Operacionalización de variable

Tabla 2
Operacionalización de Variables

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicador	Unidad de medida	Instrumento
Independiente Plantas de tratamiento de agua potable	Conjunto de operaciones unitarias que pueden ser de tipo físico, químico o biológico y que tienen como fin último eliminar o, en su efecto, reducir la contaminación o los parámetros no deseables. Fuente: (Caminati B. y Caq F., 2013).	La calidad de agua potable se determina mediante el análisis de muestras de agua recolectadas.	Planta de Tratamiento de Agua Potable Millpo	Categoría 1: Poblacional y recreacional-Sub categoría A-A1 Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección	mg/L	Decreto supremo N° 004-2017-MINAM
			Planta de Tratamiento de Agua de Potable Ichu	Categoría 1: Poblacional y recreacional-Sub categoría A-A1 Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección	mg/L	Decreto supremo N° 004-2017-MINAM
Dependiente Evaluación del agua de la PTAP	Procedimiento mediante el cual se inspecciona el agua, para determinar si el agua tiene calidad. Fuente: (Flores,2016).	La evaluación del agua se determina mediante los parámetros físicos y microbiológicos.	Coliformes Fecales	50NMP/100ml valor máximo	NMP/100ml	Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) 2017
			Coliformes Totales	20 NMP/100ml valor máximo	NMP/100ml	
			Demanda Bioquímica de Oxígeno	3 NMP/100ml valor máximo	mg/L	

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Ámbito temporal y espacial

3.1.1. Ámbito temporal

La toma de muestras y el procesamiento del trabajo de investigación comprende los meses de abril del 2021 al mes de julio del 2021.

Tabla 3

Cronograma de Monitoreo y Análisis del Laboratorio

Actividades	Año 2021			
	Junio	Julio	Agosto	Setiembre
Ejecución del proyecto				
Visita de campo	X			
Recolección de muestra		X	X	
Análisis de muestra		X	X	
Procesamiento de datos				X

3.1.2. Ámbito espacial

Trabajo de laboratorio: El proyecto de tesis se ejecutó en los ambientes del laboratorio central de la Universidad Nacional de Huancavelica (Biología y Microbiología).

Provincia: Huancavelica.

Distrito: Huancavelica.

Lugar: Paturpampa.

Figura 1

Ubicación Geográfica de la Zona para el Análisis de las Pruebas



Fuente: Google Earth Pro

Trabajo de campo: El trabajo de campo lo cual va a consistir en la toma de muestras para la determinación de la demanda bioquímica de oxígeno, coliformes fecales y totales se realizará en la planta de tratamiento de agua potable Millpo en el distrito de Ascensión – Huancavelica.

El espacio del trabajo de investigación se localiza en:

Departamento: Huancavelica

Provincia: Huancavelica

Distrito: Ascensión

Lugar: Planta Millpo

Se encuentran en el lugar denominado Millpo, en la comunidad y distrito de Ascensión, provincia y región Huancavelica, a casi cuatro kilómetros del centro de la ciudad de Huancavelica, con una capacidad de 100 l/s, a 3,763 m.s.n.m.

Figura 2

Ubicación de la Zona de Investigación



Fuente: Google Earth Pro

3.2. Tipo de investigación

La investigación básica o pura busca acrecentar los acontecimientos teóricos para el progreso de una ciencia, sin interesarse directamente en sus posibles aplicaciones o consecuencias prácticas. Esto no quiere decir que estén desligadas de la práctica o que sus resultados no vayan a ser empleados para fines concretos en un futuro (Gonzales C. et al., 2011).

3.3. Nivel de investigación

La investigación se ubica dentro del nivel de investigación descriptiva; la cual consiste en el análisis e interpretación de los datos que han sido reunidos con un propósito definido, el de comprensión y solución de problemas importantes. Aunque el acopio de datos y la referencia de las condiciones dominantes son etapas necesarias; el proceso de investigación no se considera completo hasta que los datos se hallan organizados, analizados y se han derivado conclusiones significativas (Gonzales C. et al., 2011).

3.4. Método de investigación

El método deductivo, se parte de la razón, desde la cual se obtiene un conocimiento general o se define una ley general para, tras la comprobación de su aplicabilidad, llegar a consecuencias lógicas. Se puede decir que este método se caracteriza por aplicar los conocimientos adquiridos inductivamente, es decir conocimientos generales, a los casos particulares que se nos presenten. Es aquel que parte de datos generales (ley general) aceptados como válidos para llegar a una conclusión de tipo particular, es decir a consecuencias lógicas aplicables a la realidad (Ibáñez P., 2015).

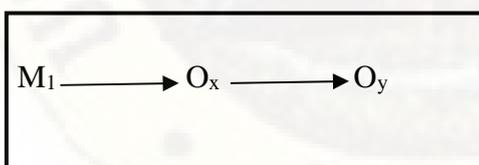
3.5. Diseño de investigación

No experimental: En un estudio no experimental u observacional no se intenta intervenir, ni alterar la variable de interés (Artiles V. et al., 2008).

Transversal: Se hace un corte en el tiempo y se estudian las variables, simultáneamente. El tiempo no es importante ni cómo se dan los hechos, se estudian las variables de forma simultánea en un momento dado (Artiles V. et al., 2008).

Tabla 4

Diseño de Investigación No Experimental



Donde:

M₁= muestras tomadas de la PTAP Millpo

O= Observación

X= Evaluación de los Coliformes y DBO en las aguas.

Y= Estándares de Calidad Ambiental (ECA)

3.6. Población muestra muestreo

3.6.1. Población

La población para el trabajo de investigación fueron las aguas tratadas extraídas de la planta de tratamiento de agua potable Millpo.

3.6.2. Muestra

1000 ml por cada muestra de agua tratada extraída de la planta de tratamiento Millpo para ser llevada a laboratorio central de la universidad nacional de Huancavelica, para el análisis de Demanda Bioquímico de Oxígeno (DBO).

250 ml de muestra de agua tratada extraída de la planta de tratamiento de agua potable Millpo para ser llevada a laboratorio Central de la Universidad Nacional de Huancavelica, para el análisis de los Coliformes totales.

250 ml por cada muestra de agua tratada extraída de la planta de tratamiento de agua potable Millpo para ser llevada a laboratorio Central de la Universidad Nacional de Huancavelica, para el análisis de los Coliformes Fecales.

Tabla 5

Diseño de Muestreo

Planta	Planta de tratamiento de agua potable (PTAR) Millpo		
Monitoreo	Monitoreo 1	Monitoreo 2	Monitoreo 3
	Febrero	Febrero	Febrero
Lugar	Afluente	Punto 1	Boca toma PTAP Millpo
	Efluente	Punto 2	Salida de la PTAP Millpo
Parámetros	DBO		
	Coliformes totales		
	Coliformes Fecales		

3.6.3. Muestreo

Esta investigación tiene la técnica de muestreo no probabilístico con tipo de muestreo por conveniencia. Se utilizará la guía de Protocolo Nacional para el monitoreo de la Calidad de los recursos hídricos superficiales (ANA).

3.7. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.7.1. Técnicas para la recolección de datos

Observación: La observación es una técnica que consiste en visualizar o captar mediante la vista, en forma sistemática, cualquier hecho, fenómeno o situación que se produzca en la naturaleza o en la sociedad, en función de unos objetivos de investigación preestablecidos. Se hace especial referencia a la observación directa, ya que la indirecta se realiza a través de instrumentos muy sofisticados tales como: microscopio, telescopio, monitores, entre otros (Ibáñez P., 2015).

3.7.2. Instrumentos de recolección de datos en campo

GPS diferencial Garmin

El GPS Garmin posee una pantalla de 2,6" que puede leerse a la luz del sol y un receptor GPS y GLONASS de alta sensibilidad con una antena Quadrifilar Helix para una capacidad de recepción de calidad superior, es compacto y resistente al agua el GPS incluye un altímetro barométrico y una brújula de tres ejes.

3.7.3. Materiales de recolección de datos en campo

Para el monitoreo y recojo de muestras en campo se utilizaron los siguientes materiales:

- Ficha de puntos de monitoreo:
Se empleó los formatos de las fichas establecidas por los tesisistas donde se ubican cada uno de los puntos de monitoreo con sus

respectivas coordenadas.

- Etiquetas de rotulado:

Se realizó etiquetas para el rotulado de cada muestra, que se usaron en el monitoreo y recolección de agua en campo.

- Cooler para transportar y almacenar las muestras:

Se utilizó un cooler para realizar el transporte de las muestras de forma segura y para que se mantenga en óptimas condiciones de acuerdo al protocolo.

- Envases para la recolección de muestras:

Se utilizó envases de plástico de color blanco con una capacidad de 1 L.

3.7.4. Procedimiento de recolección de datos en campo

La recolección de datos de campo se realizó mediante la técnica de observación haciendo un diagnóstico situacional previo para la elección de la cantidad y ubicación de los puntos de monitoreo.

A. Reconocimiento del lugar y elección de los puntos de monitoreo

La selección de la cantidad y ubicación de los puntos de monitoreo se determinó por conveniencia, de acuerdo a los siguientes aspectos:

- Se eligió 2 puntos de monitoreo (Afluente - Efluente), los cuales abarca de manera homogénea toda el área de estudio.
- El muestreo se hizo a la orilla de la Planta de Tratamiento de Agua Potable Millpo.
- Reconocido el área de trabajo, se ubicaron los 2 puntos de monitoreo, tomando los datos de su ubicación exacta medidos con GPS Garmin (ver tabla 10), donde se tomaron las muestras en los puntos seleccionados durante los 3 monitoreos.

Tabla 6

Puntos de Monitoreo

Puntos De Monitoreo	E	N
P1	491991.00	8535512.00
P2	492214.00	8535478.00

B. Rotulado y registro de datos de campo

Se rotuló los envases antes de la toma de muestras, con los datos que se estableció en el proyecto de tesis: fecha de monitoreo, punto de monitoreo, numero de muestra y los parámetros a medir.

C. Toma de muestra

- Se rotulo el frasco de vidrio estéril.
- Los frascos de vidrio no fueron sometidos al enjuague.
- Para la recolección de muestra de agua, se sostuvo el frasco por la parte inferior y se sumergió hasta una profundidad de 20 cm, con la boca ligeramente hacia arriba.
- Se llenó el frasco dejando un espacio del 10% del volumen del frasco para asegurar un adecuado suministro de oxígeno para las bacterias.
- Después de tapo inmediatamente asegurando un cierre perfecto.
- La muestra se preservó a 4°C (Cooler).

D.

Transporte y almacenamiento de muestras

Una vez tomadas las muestras de la Planta de Tratamiento de Agua Potable Millpo, se procedió a almacenar en un cooler (38.7 cm de ancho y 33.4 cm de altura) con una capacidad de 20 L, para su posterior transporte al laboratorio central de la Universidad Nacional de Huancavelica.

3.7.5. Instrumentos de recolección de datos en laboratorio

Para la presente investigación se utilizará los instrumentos como respiro métrico de la DBO con el Lovibond® BD 600 (para medir la concentración de DBO), tabla de MacGrady (para determinar el número característico que permite obtener el NMP) y la Ficha de registro de datos en campo y laboratorio.

Lovibond® BD 600: El sistema de detección BD 600 para 6 puntos de medición permite determinar con exactitud y comodidad la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) conforme al principio respiro métrico. El oxígeno consumido se registra en este sistema mediante una reducción de presión en el sistema de medición DBO estanco. Mediante el uso de avanzados sensores de presión es posible prescindir del uso del nocivo metal de mercurio. El valor de DBO de una muestra depende de la carga de sustancias orgánicas y puede variar en gran medida. Por lo tanto, el sistema de medición LovibondR BSB BD 600 se ajusta a los volúmenes de muestra indicados en la siguiente tabla, independientemente del rango de medición. De aquí se obtiene un rango de medición total de 0 – 4.000 mg/l.

Figura 3

Sistema de Medición DBO BD 600



3.7.6. Materiales utilizados en laboratorio

- Frascos de vidrios de 500 ml, estériles, herméticos e inaccesibles a cualquier contaminación posterior a su esterilización.

- Cadena de custodia.

- Cooler

- Cámara fotográfico

- Guantes de látex

Material para marcar

- Etiquetas adhesivas

- Bolígrafos

- Plumón marcador

Material de laboratorio

- Pipetas graduadas de 10 ml.

- Probetas graduadas de 200 ml.

- Frascos Erlenmeyer graduados de 300 ml.
- Tubos de ensayo de 150mmx100mm y 16mmx150mm.
- Campana de Durham
- Gradilla

Medios de cultivo

- Caldo Bilis Verde Brillante

Equipos de laboratorio

- Incubadora
- Autoclave de esterilización
- Balanza analítica
- Cabina de seguridad
- Baño María

3.7.7. Determinación del número más probable (NMP)

La determinación de Coliformes fecales se realizó mediante el método del Número Más Probable (NMP).

A continuación, se detalla el procedimiento del método mencionado: Procedemos a calcular el peso del soluto (Caldo bilis verde brillante), según sus especificaciones técnicas del mismo, Caldo de bilis verde brillante:

➤ Preparación de medio de cultivo

Preparar 40.01 gr. En 1000 L de agua estéril.

Figura 4

Especificaciones del Caldo Brilla Verde Brillante



El método consiste en desarrollar una prueba para determinar la cantidad de Coliformes fecales.

Para 1 muestra:

41.01 gr----- 1000 ml

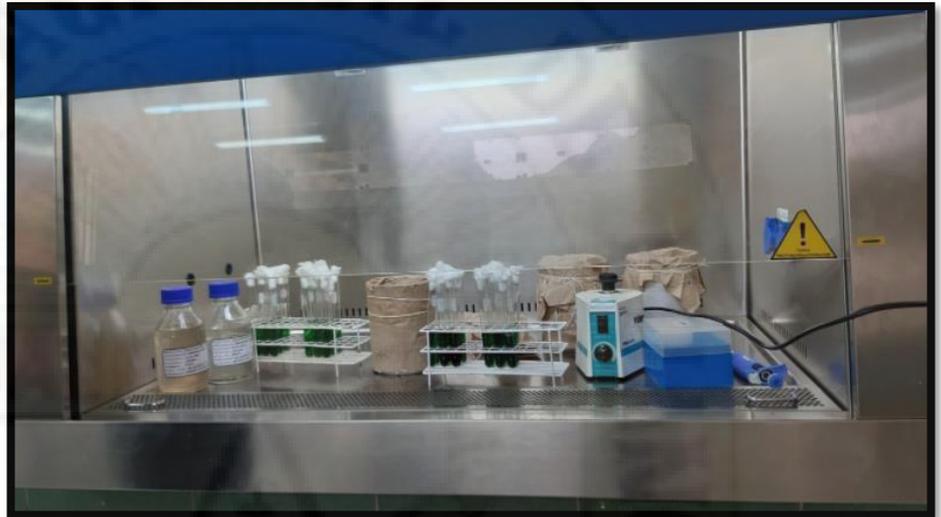
X gr -----81 ml

$$X = \frac{40.01 \times 81}{1000} = 3.241 \text{ gr para 1 sola muestra}$$

➤ *Número más probable (NMP).*

Figura 5

Técnica del Número Más Probable



➤ *Preparación del campo de trabajo*

- Esterilizar todo el material a utilizar.
- Se desinfecto la zona de trabajo.
- Se trabajó en todo momento con el mechero encendido, para crear una zona aséptica.
- Se esterilizo el campo de trabajo

Figura 6

Técnica del Número Más Probable



➤ *Preparación de soluciones*

- Se realizó las diluciones correspondientes a: 10^{-1} 10^{-2} 10^{-3} .
- Se hizo tres diluciones seriadas para asegurar la obtención de datos cuantitativos de la siguiente manera: se extrajo 1ml de las muestras de agua residual de cada biodigestor (afluente y efluente), que adicionamos en el primer tubo de ensayo 10^{-1} con contenido de 9 ml de agua destilada estéril para luego tomar 1 ml del primer tubo y pasar al segundo tubo de ensayo 10^{-2} , y repetir una vez más tomando 1 ml del segundo tubo y pasar al tercer tubo de ensayo 10^{-3} cada uno debidamente rotulados 10^{-1} , 10^{-2} □ 10^{-3} .
- Una vez formada las diluciones decimales 10^{-1} , 10^{-2} □ 10^{-3} se realizó 3 pases de 1 ml. de cada una de las diluciones 10^{-1} , 10^{-2} □ 10^{-3} en forma seriada a 3 tubos de ensayo de cada dilución contenidos con caldo verde brillante de 9 ml y campanas Durham, que posteriormente indicará la presencia o no de Coliformes.

Tabla 7

Diluciones Seriadas de la Muestra de Agua PTAP-Millpo

Dilución	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}
A			
1	10^{-1} 1 ml de \square^{-1}	10^{-1} 1 ml de \square^{-2}	10^{-1} 1 ml de \square^{-3}
2	10^{-2} 1 ml de (1)	10^{-2} 1 ml de (1)	10^{-2} 1 ml de (1)
3	10^{-3} 1 ml de (2)	10^{-3} ml de (2)	10^{-3} ml de (2)

Fuente: elaboración propia.

Figura 7

Preparación de las Soluciones



Con una micro pipeta tomar 1 ml de cada dilución 10^{-1} 10^{-2} 10^{-3} y llevarla a los tubos con el caldo brilla.

➤ *Proceso de Incubación*

Figura 8

*Proceso de Incubación a 45 °C*48 horas*



- Se llevó a la incubadora a 45 °C a 48 horas.
- Teniendo las diluciones seriadas de la muestra de agua residual, todos los tubos de ensayo se colocaron en la incubadora
- A una temperatura de 44.5 °C por 48 horas para obtener resultados.
- Lectura de los tubos positivo y los negativos se descartan
- El valor numérico de la estimación del contenido bacteriano es determinado pasada las 48 horas.
- Se observó la dilución que mostró burbuja en las campanas de Durham, ambos resultados positivos y negativos.

Figura 9

Lectura de los Tubos Positivos y Negativos



Los resultados del análisis de los tubos de réplica y diluciones fueron reportados según las tablas del NMP, según "Standard Methods for examination of water and wastewater", en términos de número más probable (NMP).

3.7.8. Determinación de DBO

Una vez que se trajo las muestras del Planta de Tratamiento de Agua.

➤ *Medición de volúmenes*

- Se identificaron los puntos de monitoreo de afluente y efluente.
- Se midió un volumen de 244 ml de agua.
- Se llenó en los frascos color ámbar de 1 a 6.
- Se agregó muestra de nitrificante 5 gotas por cada frasco ámbar el cual también contiene la muestra en estudio.

Figura 10

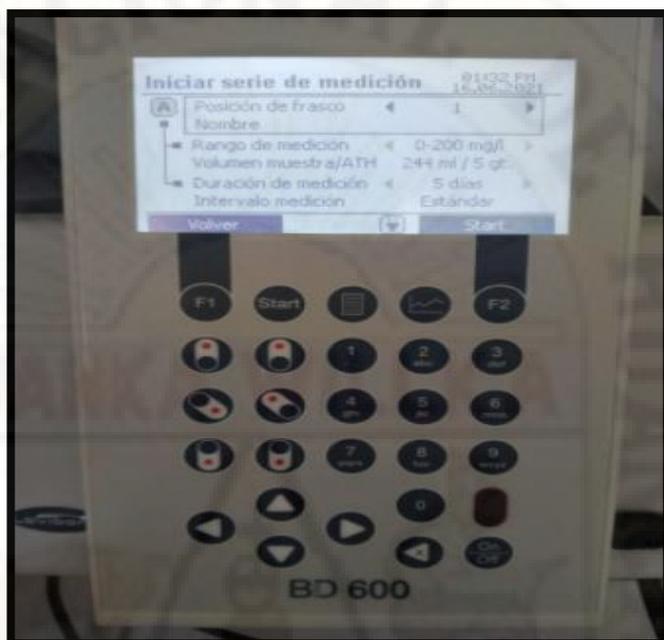
Medición de las Muestras de Agua de Afluente y Efluente



➤ **Proceso de Análisis en equipo DB 600**

Figura 11

Equipo DB 600



- Se coloca a cada frasco ámbar un magneto el cual tiene el propósito de homogenizar la muestra.
- Encender los valores de medición.
- Rango de medición de 200 ml.
- Con una duración de 5 días.
- Se coloca el capuchón el cual tiene el propósito de sellar la muestra en cada frasco ámbar.
- A cada capuchón se le añade de 3 a 4 gotas de hidróxido de potasio.
- Y se colocó en el equipo a 200 ml /L x 5 gotas.

Figura 12

Proceso de Análisis de DBO5



Proceso de lectura de los datos de DBO

- Condiciones de manejo en el equipo.
- Rango de medición 0-200 mg/L.
- Volumen de muestra/ATH 244 ml /5 gl.
- Duración de medición 5 días.
- El tiempo es 5 días.
- A una temperatura de 20 °C
- Se coloca en una cámara de CO₂
- Intervalo de medición Estándar
- Se observa valores automáticos
- Se observó también valores por frasco ámbar
- Gráfico de DBO₅

Figura 13

Proceso de Análisis de DBO5

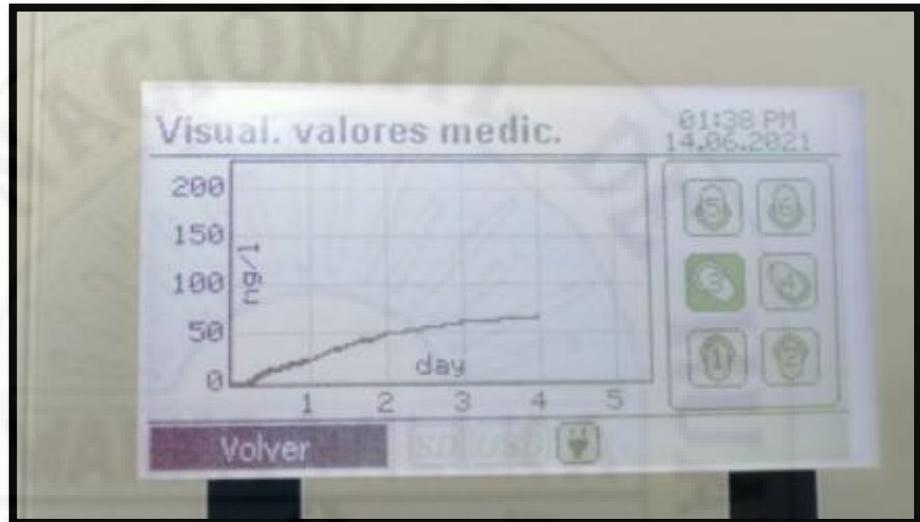


➤ **Curva de DBO**

- Los valores son exportables por una memoria USB y se descargaron y equipo también te grafica los valores de DBO versus los días de análisis.
- Cada frasco tiene una curva patrón diferente dependiendo a la naturaleza de la muestra.
- Se tuvo 6 curvas diferentes de las muestras analizadas con el equipo.

Figura 14

Curva de Análisis de DBO₅



- Después de 5 días se observa la curva de DBO₅.
- Valores estándar mg/L versus días de monitoreo.
- Las lecturas se realizaron para cada frasco ámbar.
- Se obtuvo una curva de DBO₅ para cada frasco y representado en cada muestra.
- La temperatura óptima para obtener un DBO₅ se trabajó con una temperatura de 20 °C en la cámara de CO₂

3.8. Técnicas y procesamiento y análisis de datos

3.8.1. Técnica

Para la presente investigación la técnica es la estadística descriptiva de los datos, se desarrolló tablas de contingencia y gráficos de barras para explicar los datos obtenidos medidas de tendencia central, dispersión y asimetría.

Software: IBM SPSS Statistics 23 y Microsoft office Excel 2016.

3.8.2. Procesamiento

Para el procesamiento y análisis de datos se utilizó el paquete estadístico SAS (Statistical Analysis Software) donde se realizará la normalidad de los datos mediante la prueba de Shapiro Wilk.

CAPÍTULO IV

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1. Presentación de resultados

4.1.1. Variación de los niveles de la demanda bioquímica de oxígeno entre la cantidad de Coliformes fecales y totales en la planta de tratamiento de agua potable Millpo– Huancavelica.

Se observa una variación de 246.28 mg/L para demanda bioquímica de oxígeno, en el parámetro microbiológico (Coliformes fecales) se observa una variación de 21.17 de NMP/100 ml en porcentaje de 95.49 % y en el parámetro microbiológico (Coliformes totales) se menciona se obtuvo una variación de 44.67 representado por el 68.72 %

Tabla 8

Variación de Niveles de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5), Coliformes Fecales (CF) y Coliformes Totales (CT)

Parámetros	Unid.	Resultados	Resultados	Variación Diferencia	Variación Porcentaje
		Afluyente (entrada)	Efluyente (salida)		
		Parámetros			
DBO ₅	mg/L	249.12	2.83	246.28	98.86
Coliformes fecales	NMP/100 ml	22.17	1	21.17	95.49
Coliformes totales	NMP/100 ml	65.00	20.33	44.67	68.72
		249.12	2.83	104.04	87.69

4.1.2. Demanda bioquímica de oxígeno en la planta de tratamiento de agua potable Millpo.

Se observa una disminución de 1.33 mg/L a la salida (efluente) del PTAP – Millpo, el cual significa la cantidad de materia orgánica biodegradable fue utilizada por los microorganismos para sus procesos vitales y para la formación de nueva materia celular (Metcalf y Eddy, 1998).

Tabla 9

Niveles de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)

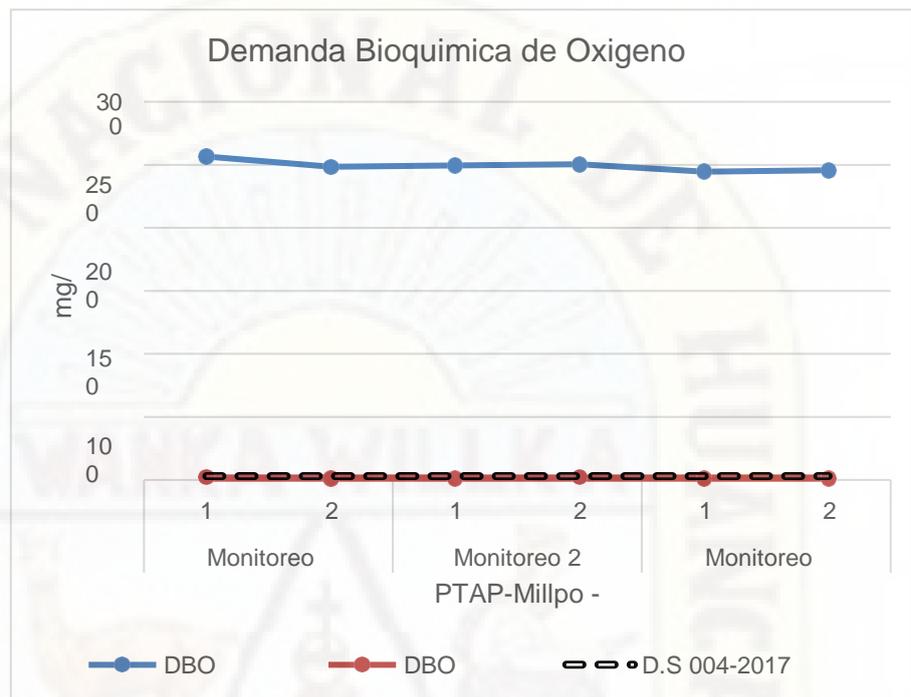
Parámetros	M	Unid.	Resultados Afluente (entrada)	Resultados Efluentes (salida)	D.S 004-2017-MINAM	Cumple con ECA
Parámetros químicos - Demanda bioquímica de oxígeno						
DBO ₅	M1	mg/L	256.5	2	3	Si
DBO ₅	M1	mg/L	248.5	1	3	Si
DBO ₅	M2	mg/L	249.4	1	3	Si
DBO ₅	M2	mg/L	250.3	2	3	Si
DBO ₅	M3	mg/L	244.5	1	3	Si
DBO ₅	M3	mg/L	245.5	1	3	Si
			249.12	1.33	3	

Demanda bioquímica de oxígeno (□□□□)

El resultado de (□□□₅) obtenido del agua de la planta de tratamiento de agua potable de Millpo (efluente) fue de 1.33 mg/L por lo que cumple con los Estándares de calidad Ambiental (ECA), cuyo valor no debe sobre pasar los 3 mg/L.

Figura 15

Parámetro Químico (DBO5) de la PTAP Millpo y los ECA



4.1.3. NMP (número más probable) de coliformes fecales en la planta de tratamiento de agua potable Millpo.

Se observa, los Coliformes fecales (CF), acumulados durante los 3 monitoreos en el mes de febrero, se tomó (afluente y efluente). Obteniendo como resultado que el agua de la planta de tratamiento de agua potable (PTAP), cumplen con el ECA del decreto supremo N° 004-2017- MINAM.

Se obtuvo un promedio de 1 NMP/100 ml en el resultado de efluente (salida) y en el resultado de afluente (entrada) se obtuvo un promedio de 22.17 NMP/100 ml por lo que se observa una disminución en el parámetro microbiológico en la PTAP – Millpo.

Tabla 10*Número Más Probable de Coliformes Fecales (CF)*

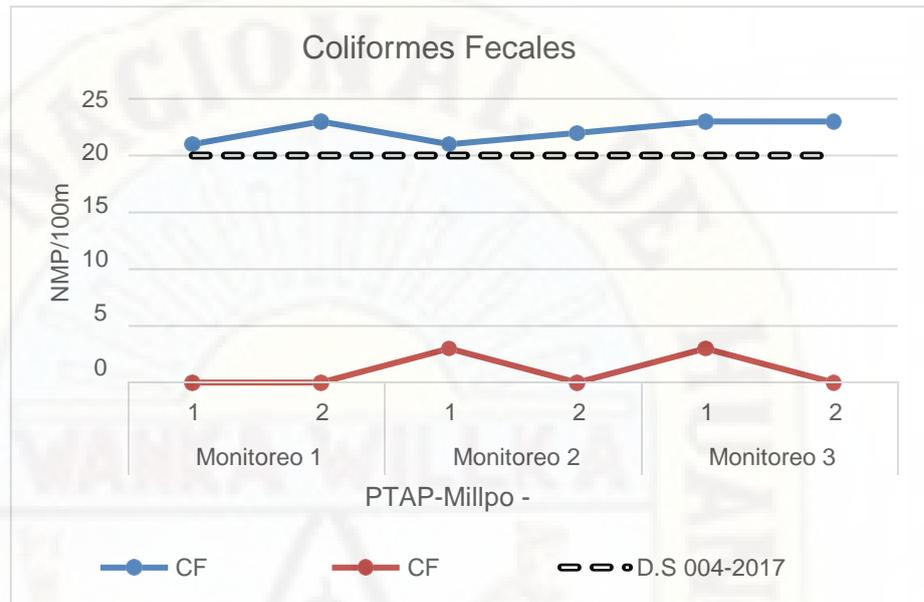
Parámetros	M	Unid.	Resultado s Afluente (entrada)	Resultado s Efluente (salida)	D.S 004- 2017- MINAM	Cumple con ECA
Parámetros microbiológicos – Coliformes fecales						
Coliformes fecales	M1	NMP/100 ml	21	0	20	Si
Coliformes fecales	M1	NMP/100 ml	23	0	20	Si
Coliformes fecales	M2	NMP/100 ml	21	3	20	Si
Coliformes fecales	M2	NMP/100 ml	22	0	20	Si
Coliformes fecales	M3	NMP/100 ml	23	3	20	Si
Coliformes fecales	M3	NMP/100 ml	23	0	20	Si
			22.17	1	20	

Coliformes fecales (□□)

El resultado de coliformes fecales (CF) obtenido del agua de la planta de tratamiento de agua potable de Millpo (efluente) fue de 1 NMP/100ml por lo que cumple con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA), cuyo valor no debe sobre pasar los 20 NMP/100ml.

Figura 16

Parámetro Microbiológico (CF) de la PTAP Millpo y los ECA



4.1.4. NMP (número más probable) de coliformes totales en la planta de tratamiento de agua potable Millpo.

Se observa, los Coliformes Totales (CT), acumulados durante los 3 monitoreos en el mes de febrero, se tomó (afluente y efluente). Obteniendo como resultado que el agua de la planta de tratamiento de agua potable (PTAP), cumplen con el ECA del decreto supremo N° 004-2017- MINAM se obtuvo un promedio de 20.33 NMP/100 ml en el resultado de efluente (salida) y en el resultado de afluente (entrada) se obtuvo un promedio de 65 NMP/100 ml por lo que se observa una disminución en el parámetro microbiológico en la PTAP - Millpo.

Tabla 11*Número Más Probable de Coliformes Totales (CT)*

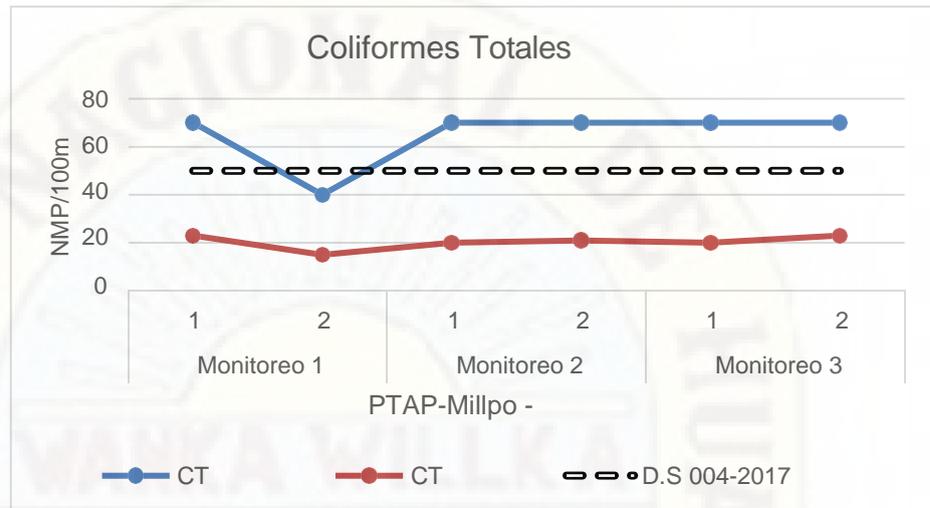
Parámetros	M	Unid.	Resultado s Afluente (entrada)	Resultado s Efluente (salida)	D.S 004- 2017- MINAM	Cumple con ECA
Parámetros microbiológicos – Coliformes fecales						
Coliformes totales	M1	NMP/100 ml	70	23	50	Si
Coliformes totales	M1	NMP/100 ml	40	15	50	Si
Coliformes totales	M2	NMP/100 ml	70	20	50	Si
Coliformes totales	M2	NMP/100 ml	70	21	50	Si
Coliformes totales	M3	NMP/100 ml	70	20	50	Si
Coliformes totales	M4	NMP/100 ml	70	23	50	Si
			65	20.33	50	

Coliformes fecales (□□)

El resultado de coliformes totales (CT) obtenido del agua de la planta de tratamiento de agua potable de Millpo (efluente) fue de 20.33 NMP/100 ml por lo que cumple con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA), cuyo valor no debe sobre pasar los 50 NMP/100ml.

Figura 17

Parámetro Microbiológico (CT) de la PTAP Millpo y los ECA



4.2. Prueba de hipótesis y principios de la investigación

A. Principios de la investigación

A través de la historia se ha tratado de encontrar un método confiable y eficaz, es por ello que la investigación científica tiene principios básicos para poder garantizar un correcto muestreo y un adecuado análisis de los datos obtenidos. La distribución normal es utilizada en muchos campos ya que es el supuesto básico de algunas herramientas estadísticas tales como para las pruebas T de Student, que son pruebas de hipótesis de medias, utilizadas para datos muestrales menores a 50, empleadas para observar los resultados, para los objetivos definidos, al ser modelados mediante esta prueba; de esto han surgido varias pruebas de normalidad que toman la información de la muestra para generar un valor que establezca un parámetro de decisión, por ello utilizamos la prueba de normalidad (Hernández, Fernández, y Baptista, 2006).

Se realizó el test de normalidad utilizando el estadístico de **Shapiro-Wilk**, porque la cantidad de datos evaluados de cada parámetro son menores a 50 datos ($n < 50$).

a) **Test de normalidad para el objetivo general**

- ❖ Test de normalidad para variación de los parámetros químicos y microbiológicos del afluente y efluente.

Tabla 12

Test de Normalidad para Variación

Test para normalidad			
Test	Estadístico	p valor	
Shapiro-Wilk	W 0.787163	Pr < W	0.0900

b) **Test de normalidad para el objetivo específico 1**

- ❖ Test de normalidad para demanda bioquímica de oxígeno (mg/L) del afluente y efluente de la PTAP -Millpo

Tabla 13

Test de Normalidad para Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg/L)

Test para normalidad			
Test	Estadístico	p valor	
Shapiro-Wilk	W 0.776615	Pr < W	0.7800

c) **Test de normalidad para el objetivo específico 2**

- ❖ Test de normalidad para coliformes fecales (NMP/100mL) del afluente y efluente de la PTAP -Millpo.

Tabla 14

Test de Normalidad para Coliformes Fecales (NMP/100mL)

Test para normalidad			
Test	Estadístico	p valor	
Shapiro-Wilk	W 0.59989	Pr < W	0.0900

d) Test de normalidad para el objetivo específico 3

- ❖ Test de normalidad para coliformes totales (NMP/100mL) del afluente y efluente de la PTAP -Millpo

Tabla 15

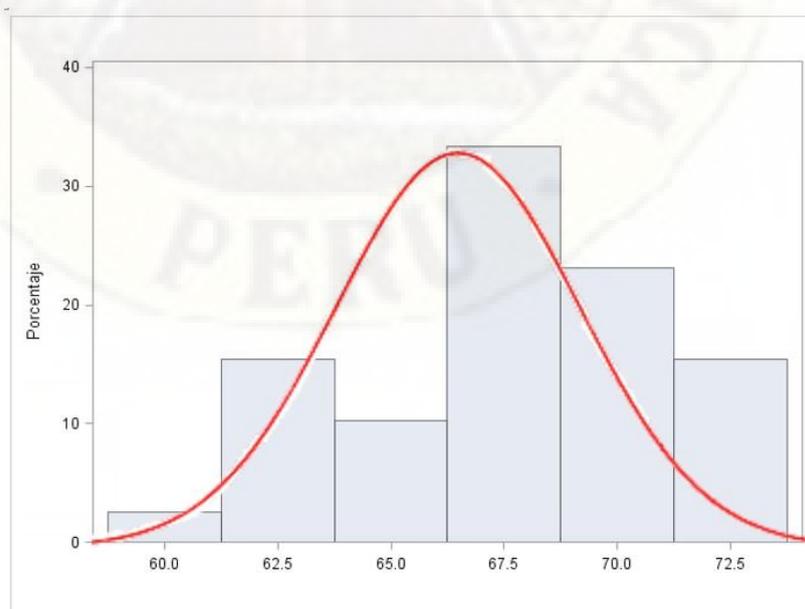
Test de Normalidad para Coliformes Totales (NMP/100mL)

Test para normalidad			
Test	Estadístico		p valor
Shapiro-Wilk	W	0.904711	Pr < W
			0.4500

Se realizó el test de normalidad con el estadístico de Shapiro-Wilk en el cual resultado que los datos de variación, Demanda bioquímica de oxígeno, Coliformes fecales y Coliformes totales en la PTAP Millpo, muestran un comportamiento normal, debido a que $Pr < W$ resultado superior al valor de 0.05 (error de 5 %), por lo que distribución normalidad en la prueba de Shapiro-Wilk.

Figura 18

Campana de Gauss



B. Prueba de hipótesis

Como señala Hernández *et al.* (2014), la contratación de hipótesis se resume a 6 pasos, y estando en este último paso, se tiene ya la posibilidad de tomar la decisión de aceptar o rechazar la hipótesis nula; atendiendo a este planteamiento, que a criterio propio es el más coherente; sin dejar de lado otros planteamientos, se ha optado por seguir estos pasos para el contraste de la hipótesis:

1. Formular la hipótesis nula y alterna de acuerdo al problema.
2. Escoger un nivel de significancia o riesgo " α ".
3. Escoger el estadígrafo de prueba más apropiado.
4. Establecer la región crítica.
5. Calcular los valores de la prueba estadística de una muestra aleatoria de tamaño " n ".
6. Decisión estadística: rechazar la hipótesis nula (H_0) si el estadígrafo tiene un valor en la región crítica y no rechazar (aceptar) igual en el otro caso.

1. Formulación de la hipótesis nula y alterna

a) Formulación de la hipótesis nula y alterna para el primer objetivo

- ✓ Formulación de la hipótesis para variación

Ho: La variación de los niveles de la demanda bioquímica de oxígeno entre la cantidad de coliformes fecales y totales en la planta de tratamiento de agua potable Millpo– Huancavelica es menor a 70 %.

$$Ho: P < 70 \%$$

Ha: La variación de los niveles de la demanda bioquímica de oxígeno entre la cantidad de coliformes fecales y totales en la planta de tratamiento de agua potable Millpo– Huancavelica es mayor a 70 %.

$$Ha: P > 70 \%$$

b) Formulación de la hipótesis nula y alterna para el segundo objetivo

- ✓ Formulación de la hipótesis para la Demanda Química de Oxígeno

Ho: La demanda bioquímica de oxígeno en la planta de tratamiento de agua potable Millpo es mayor a 3 mg/L.

$$Ho: P > 3 \text{ mg/L}$$

Ha: La demanda bioquímica de oxígeno en la planta de tratamiento de agua potable Millpo es menor a 3 mg/L.

$$Ha: P < 3 \text{ mg/L}$$

c) Formulación de la hipótesis nula y alterna para el tercer objetivo

- ✓ Formulación de la hipótesis para Coliformes Fecales

Ho: El NMP (número más probable) de coliformes fecales en la planta de tratamiento de agua potable Millpo es mayor a 20 NMP/100 ml.

$$Ho: P > 20 \text{ NMP/100 ml}$$

Ha: El NMP (número más probable) de coliformes fecales en la planta de tratamiento de agua potable Millpo. es menor a 20 NMP/100 ml.

$$Ha: P < 20 \text{ NMP/100 ml}$$

d) Formulación de la hipótesis nula y alterna para el cuarto objetivo

- ✓ Formulación de la hipótesis para Coliformes Totales

Ho: El NMP (número más probable) de coliformes totales en la planta de tratamiento de agua potable Millpo es mayor 50 NMP/100 ml.

$$Ho: P > 50 \text{ NMP/100 ml}$$

Ha: El NMP (número más probable) de coliformes totales en la planta de tratamiento de agua potable Millpo es menor 50 NMP/100 ml.

$$Ha: P < 50 \text{ NMP/100 ml}$$

2. Nivel de significación

En la presente investigación se trabajó con un error de 5 %; es decir:

$\alpha = 0.05$, por lo que el error del trabajo no debe ser mayor al planteado y con un grado de confianza de 95 %, es decir con $1 - \alpha = 0.95$.

3. Estadístico de prueba

El estadístico de prueba utilizado fue el “T de Student” para proporciones debido a que los datos analizados son menores a 30 datos y se encuentran en porcentajes, por cada parámetro para analizar el comportamiento de los datos (Sampieri, 2010).

4. Valor crítico y regla de decisión

A partir de la hipótesis planteada la $H_a (>)$, indica que tendrá una cola hacia la derecha y cuando $H_a (<)$, indica que tendrá una cola hacia la izquierda para un nivel de confianza de 95% con un error $\alpha = 0.05$ en la tabla de T de Student tenemos los valores críticos de T de tabla y α error.

$$T_{\text{tabla}} = 1/6 = 1.6446$$

$Gf = 6 - 1$; porque se tiene 2 puntos por 3 monitoreos.

$T_{\text{cal}} < =$ que el valor T de la tabla se acepta la hipótesis nula

$T_{\text{cal}} > =$ que el valor T de la tabla se rechaza la hipótesis nula.

5. Cálculo de los estadígrafos de prueba

- a) T de Student para variación de los niveles de la demanda bioquímica de oxígeno entre la cantidad de Coliformes fecales y totales en la planta de tratamiento de agua potable Millpo–Huancavelica.

Tabla 16

Prueba de T de Student para Variación (%)

Nivel de significancia (NS)	0.05
Nivel de confianza (NC)	0.95
Media (x)	87.69
Valor hipotético (μ)	70
Muestra (\square)	18
Desviación estándar (\square)	16.51
T de tabla (valor crítico)	1.6446
T de Student calculado	4.54

Reemplazando los datos en la siguiente formula de la prueba de T de Student para una proporción se obtiene:

$$t = \frac{x - \mu}{\square \sqrt{\square}}$$

Donde:

t = t de Student calculado

x = Media

μ = Valor hipotético

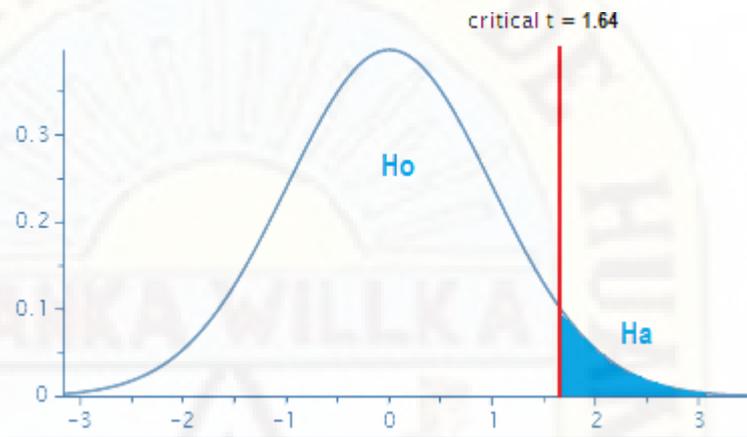
\square = Desviación estándar

\square = Muestra

De acuerdo a los resultados obtenidos se tiene la siguiente campana de Gauss:

Figura 19

Campana de Gauss para Variación



Obteniendo que el T cal o T de Student es = 4.54

Con T de tabla = 1.6446

b) T de Student para demanda bioquímica de oxígeno (mg/L) en la PTAP - Millpo.

Tabla 17

Prueba de T Student para Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg/L)

Nivel de significancia (NS)	0.05
Nivel de confianza (NC)	0.95
Media (\bar{x})	1.33
Valor hipotético (μ)	3
Muestra (n)	6
Desviación estándar (s)	0.516
T de tabla (valor crítico)	1.6446
T de Student calculado	-7.91

Reemplazando los datos en la siguiente formula de la prueba de T de Student para una proporción se obtiene:

$$t = \frac{x - \mu}{\frac{s}{\sqrt{n}}}$$

Donde:

t = t de Student calculado

x = Media

μ = Valor hipotético

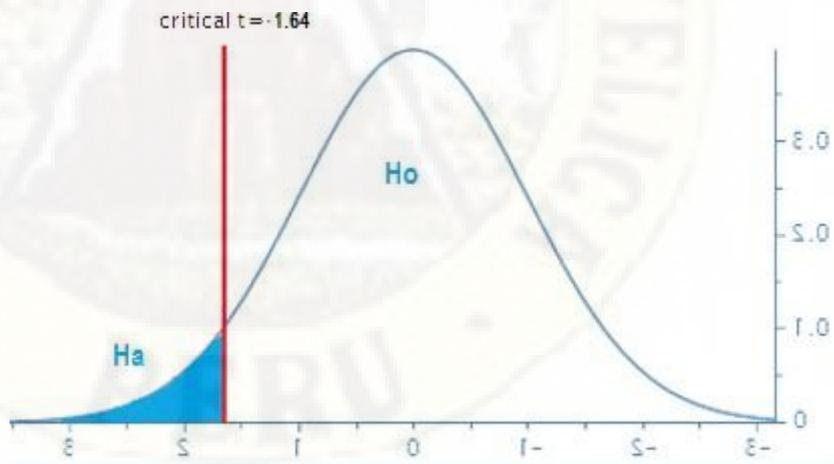
s = Desviación estándar

n = Muestra

De acuerdo a los resultados obtenidos se tiene la siguiente campana de Gauss:

Figura 20

Campana de Gauss para DBO5



Obteniendo que el T cal o T de Student es = -7.91

Con T de tabla = -1.6446

**c) T de Student para coliformes fecales (NMP/100mL) en la PTAP
- Millpo.**

Tabla 18

Prueba de T Student para Coliformes Fecales (NMP/100mL)

Nivel de significancia (NS)	0.05
Nivel de confianza (NC)	0.95
Media (x)	1.00
Valor hipotético (μ)	20
Muestra (\square)	6
Desviación estándar (\square)	1.549
T de tabla (valor crítico)	1.6446
T de Student calculado	-30.04

Reemplazando los datos en la siguiente formula de la prueba de T de Student para una proporción se obtiene:

$$t = \frac{x - \mu}{\square \sqrt{\square}}$$

Donde:

t = t de Student calculado

x = Media

μ = Valor hipotético

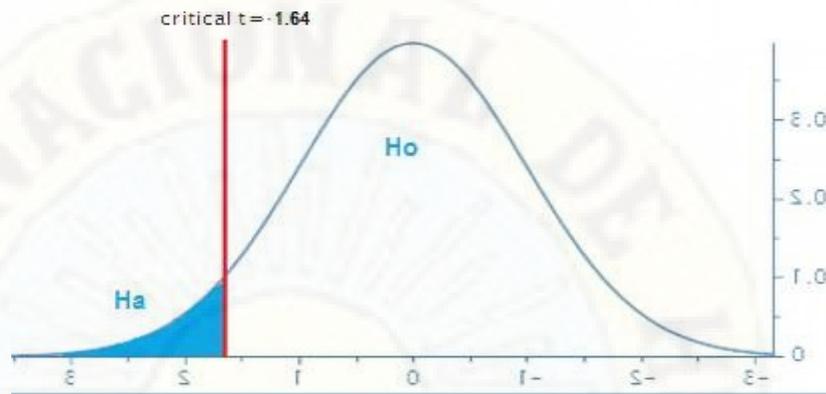
\square = Desviación estándar

\square = Muestra

De acuerdo a los resultados obtenidos se tiene la siguiente campana de Gauss:

Figura 21

Campana de Gauss para Coliformes Fecales



Obteniendo que el T cal o T de Student es = -30.04

Con T de tabla = -1.6446

d) T de Student para coliformes totales (NMP/100mL) en la PTAP - Millpo.

Tabla 19

Prueba de T de Student para Coliformes Totales (NMP/100mL)

Nivel de significancia (NS)	0.05
Nivel de confianza (NC)	0.95
Media (x)	20.33
Valor hipotético (μ)	50
Muestra (\square)	6
Desviación estándar (\square)	2.944
T de tabla (valor crítico)	1.6446
T de Student calculado	-24.68

Reemplazando los datos en la siguiente formula de la prueba de T de Student para una proporción se obtiene:

$$t = \frac{\bar{x} - \mu}{\frac{s}{\sqrt{n}}}$$

Donde:

t = t de Student calculado

\bar{x} = Media

μ = Valor hipotético

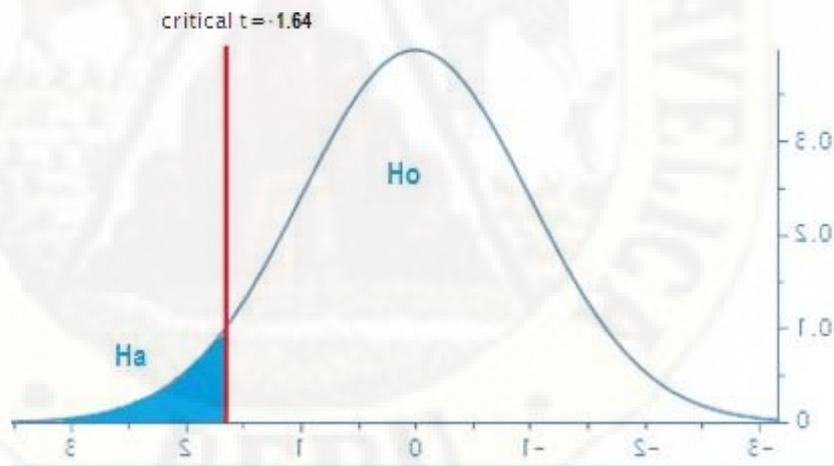
s = Desviación estándar

n = Muestra

De acuerdo a los resultados obtenidos se tiene la siguiente campana de Gauss:

Figura 22

Campana de Gauss para Coliformes Totales



Obteniendo que el T cal o T de Student es = -24.68

Con T de tabla = -1.6446

6. Decisión estadística

a) Decisión estadística

- Decisión estadística para variación (%)

Rechazo la hipótesis nula (H_0) y acepto la hipótesis alterna (H_a) Debido a que el valor de T calculado es $4,54 >$ que el valor de T de la tabla 1.6446, lo que indica que el valor estadístico muestral (T calculado), se encuentra en la región de rechazo para H_0 , entonces la hipótesis nula (H_0) se rechaza, y concluimos que: la variación de los niveles de la demanda bioquímica de oxígeno entre la cantidad de coliformes fecales y totales en la planta de tratamiento de agua potable Millpo– Huancavelica es mayor a 70 %.

b) Decisión estadística

- Decisión estadística para demanda bioquímica de oxígeno (mg/L)

Rechazo la hipótesis nula (H_0) y acepto la hipótesis alterna (H_a) Debido a que el valor de T calculado es $-7.91 >$ que el valor de T de la tabla -1.6446, lo que indica que el valor estadístico muestral (T calculado), se encuentra en la región de rechazo para H_0 , entonces la hipótesis nula (H_0) se rechaza, y concluimos que: La demanda bioquímica de oxígeno en la planta de tratamiento de agua potable Millpo es menor a 5 mg/L.

c) Decisión estadística

- Decisión estadística para coliformes fecales (NMP/100 ml)

Rechazo la hipótesis nula (H_0) y acepto la hipótesis alterna (H_a) Debido a que el valor de T calculado es $-30.04 >$ que el valor de T de la tabla -1.6446, lo que indica que el valor estadístico muestral (T calculado), se encuentra en la región de rechazo para H_0 , entonces la hipótesis nula (H_0) se rechaza, y concluimos que: El NMP (número más probable) de coliformes fecales en la planta de tratamiento de agua potable Millpo. es menor a 20 NMP/100 mL.

d) Decisión estadística

- Decisión estadística para coliformes totales (NMP/100 ml)
Rechazo la hipótesis nula (H_0) y acepto la hipótesis alterna (H_a)
Debido a que el valor de T calculado es $-24.68 >$ que el valor de T de la tabla -1.6446 , lo que indica que el valor estadístico muestral (T calculado), se encuentra en la región de rechazo para H_0 , entonces la hipótesis nula (H_0) se rechaza, y concluimos que: El NMP (número más probable) de coliformes totales en la planta de tratamiento de agua potable Millpo es menor 50 NMP/100 mL.

Conclusiones de la prueba de hipótesis.

Según el análisis estadístico T de Student, para el objetivo general, se asegura que existe variación de los parámetros químicos y microbiológicos de la PTAP – Millpo se encuentra en un nivel de variación positiva. Debido a que, en todos de todos los objetivos específicos planteados, en términos Demanda bioquímica de oxígeno, Coliformes fecales y Coliformes totales no superan los Estándares de calidad ambiental ECA en la PTAP - Millpo.

4.3. Discusión de resultados

4.3.1. Variación de los niveles de la demanda bioquímica de oxígeno entre la cantidad de Coliformes fecales y totales en la planta de tratamiento de agua potable Millpo– Huancavelica.

1. En la presente investigación se obtuvo un valor de Efluente (salida) 2.83 % y una variación una media de 104.04 y representado en porcentaje de 87.69 % Mencionamos a Montes et al., (2013), Donde obtuvieron una variación de carga orgánica de 4 mg/L de DBO y con un caudal de 0.8 L/s. Los resultados de la simulación indicaron también que puede esperarse mayor degradación de la materia orgánica en la época de estiaje; pero en la época de lluvias, Aquí se encontró que la DBO varía entre el 7 y 12% para los meses de estiaje, con un consumo de oxígeno disuelto entre 22 y -11%; en este caso, el valor negativo representa la recuperación del oxígeno disuelto en el tramo. Para la época de lluvias, se observó que el intervalo de variación para la DBO (2.8 a 5.5%) es menor, y las concentraciones de oxígeno disuelto presentaron incrementos entre 3.5 y 6.8%. Estos resultados son coherentes con lo esperado, ya que, durante la época de lluvias, el incremento del caudal favorece, por efecto de reaireación.

2. También se menciona que la variación para cada parámetros fue superior al 70 %, para el parámetro de DBO₅ 249.12 mg/L (Afluente) y 2.83 mg/L en el Efluente con una Variación de 246.28 mg/L en porcentaje superior de 98.86 % mencionamos a Muñoz N. *et al.*, (2012), donde obtuvieron la Demanda bioquímica de oxígeno y población en la subcuenca del río Zahuapan, Tlaxcala, México donde obtuvieron valores de $r^2 > 0.8$. El par DBO-DQO mostró valores de $r^2 > 0.8$ en seis de los doce puntos de muestreo Para Cl, ésta es la única relación en la variación significativa que se cuantificó por este método y criterio de análisis, por lo que se llegó a la conclusión que no existe relación con los otros parámetros fisicoquímicos, discrepamos con el autor porque

encontramos variación de los parámetros analizados en el PTAP – Millpo Huancavelica.

3. El trabajo de investigación presento resultados de la variación de los niveles del parámetro microbiológico (Coliformes fecales y Coliformes totales) donde obtuvieron variación de diferencia (21.17 y 44.67) NMP/100 ml, diferencia entre Afluente y Efluente. También mencionamos a García et al., (2008), donde realizaron el trabajo Contaminación orgánica en el sector de la bahía de buena vista cercano a la desembocadura del río Guanó, Villa Clara, Cuba. Donde obtuvieron la demanda bioquímica de oxígeno en abril de 2006 varió entre 0,24 y 2,17 mgO₂ L⁻¹, este máximo puntual correspondió al punto de muestreo E-1, muy próximo a la desembocadura del río; en diciembre de este año hubo un sustancial incremento de las concentraciones de materia orgánica de naturaleza fácilmente biodegradable, alcanzando una media de $3,90 \pm 0,76$ mgO₂ L⁻¹, valor característico de agua marina de mala calidad para uso pesquero. Llegamos a concordar con este autor debido que también encontró elevada proporción de materia orgánica biodegradable que es responsable, en gran medida, del déficit de oxígeno disuelto en la columna de agua.

4.3.2. Demanda bioquímica de oxígeno en la planta de tratamiento de agua potable Millpo.

1. Hacemos referencia también que el trabajo de investigación se observó que los niveles de afluente (entrada) se obtuvo promedio 249.12 mg/L y en los efluente salida 1,33 mg/L donde se cumple con los ECA del decreto supremo por lo que podemos mencionar a Manzanares P., (2017), donde realizaron la tesis: Remoción de materia orgánica de agua residual sintética con filtros aerobios en medio sintético reciclable a escala piloto. Llegaron al resultado que la remoción de DBO₅ es de 360 mg/L hasta 52.2 mg/L., estando este último resultado por debajo de los L.M.P la investigación está trabajando con los ECA, pero cada quien tiene su valor e importancia.

2. También se puede mencionar a Pérez M., (2017), donde realizó la tesis: Simulación matemática de la interacción entre la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y el oxígeno disuelto (OD) en el río Chili con el método de los elementos finitos. Obteniendo la disminución de todos los valores para ambas variables radica en la naturaleza convectiva del fenómeno, al variar la velocidad la concentración se verá fuertemente afectada, los valores serán menores debido al mayor volumen de agua, concordamos con el autor porque la concentración depende de la carga microbiana.

4.3.3. NMP (número más probable) de coliformes fecales en la planta de tratamiento de agua potable Millpo.

1. En la presente investigación se obtuvo un valor de Afluente (entrada) 22.17 NMP/100 ml donde hubo variación después del tratamiento de planta de tratamiento de agua potable (PTAP) Millpo 1 NMP/100 ml se puede citar a Cid, (2019) Evaluación de la calidad bacteriológica del agua procedente de la laguna San Lorenzo- Neuquén. Universidad Nacional del Comahue donde se realizó la evaluación en dos periodos del año 2017 donde se observa altos valores de organismos coliformes fecales, (>1100 NMP/100ml) en los meses de mayor temperatura como así también de organismos Coliformes totales (>1100 NMP/100ml) concordamos con los autores debido a que en el Afluente se observó valores por encima D.S N° 004 2017 pero baja cuando se realiza el tratamiento en la PTAP.
2. También se puede mencionar a Ortiz E., (2013), donde realizó la tesis: Calidad microbiológica del agua del sector de los aleros, municipio Rangel del estado Mérida – Venezuela. Mostrando los resultados de los Coliformes totales que se encuentran presentes en 11 (91,7%) de las 12 muestras analizadas con valores entre <1 UFC/ml hasta > 6,4x 10³ UFC/ml. Por lo que se concluye que la presencia de microorganismos patógenos en el agua de bebida es un riesgo que se incrementa en las áreas marginales de mayor densidad poblacional o en zonas sin disponibilidad de agua potable.

4.3.4. NMP (número más probable) de coliformes totales en la planta de tratamiento de agua potable Millpo.

1. En la presente investigación se menciona también a Bastidas C., (2009), quien realizó la tesis: Evaluación de la calidad bacteriológica del agua de pozo destinada a consumo humano en comunidades rurales dispersas del valle de Mariquina, provincia de Valdivia. Donde obtuvo los análisis microbiológicos mostraron que el 92,4% de las muestras presentó contaminación con coliformes totales (CT), el 59,2% con coliformes termotolerantes (CF) y el 58,6% con bacterias E. coli, concluyendo que la gran mayoría de estas aguas no estén aptas para el consumo humano. Por lo que no concordamos porque nuestros valores están dentro del D.S.N °004- 2017 MINAM los 50 NMP/100ml.

CONCLUSIONES

- Se determinó la Variación de los niveles de la demanda bioquímica de oxígeno entre la cantidad de Coliformes fecales y totales en la planta de tratamiento de agua potable Millpo– Huancavelica con 87.69 %.
- Se determinó Demanda bioquímica de oxígeno en la planta de tratamiento de agua potable Millpo en el afluente con 1.33 mg/l.
- Se determinó NMP (número más probable) de coliformes fecales en la planta de tratamiento de agua potable Millpo en el afluente con 1 NMP/100 ml.
- Se determinó NMP (número más probable) de coliformes totales en la planta de tratamiento de agua potable Millpo. en el afluente con 20.33 NMP/100 ml.

RECOMENDACIONES

- A los estudiantes de la Universidad Nacional de Huancavelica y a toda la población de Huancavelica, realizar investigaciones orientadas a crear programas de salubridad en la calidad de agua segura.
- A los centros de salud de Huancavelica, desarrollar capacitaciones a los pobladores para el tratamiento, uso y consumo adecuado del agua de calidad apto para el consumo humano.
- A la DIGESA realizar un estudio y diagnóstico del agua de los lugares que no se abastecen de EMAPA en Huancavelica, poder implementar programa de educación sanitaria específico en la población en toda la cadena desde la extracción, uso e ingesta del agua.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilar Sequeiros, o., y Navarro Alfaro, (2017). Evaluación de la calidad de agua para consumo humano de la comunidad de Llañucancha del distrito de Abancay, provincia de Abancay 2017. Universidad tecnológica de los andes.
- Álvarez Miño, L., Cantillo Matos, K., Rico Gutiérrez, K., y Salazar, A. (2013). Acceso y calidad del agua para el consumo humano en Santa Marta como indicador de inequidad en salud. *Revista Universidad y Salud*, 15(2). doi:0124-7107.
- Auge, M. (2007). Agua Fuente de Vida. (F. d. Naturales, Ed.) La Plata, Argentina: Universidad de Buenos Aires. Obtenido de Precipitación.
- Bastidas C., L. M. P. (2009). Evaluación de la calidad bacteriológica del agua de pozo destinada a consumo humano en comunidades rurales dispersas del valle de Mariquina, provincia de Valdivia. Universidad Austral de Chile.
- Calderón López, C. (2015). Control de calidad del agua potable que se distribuye en los campus: central, hospitalidad, balzay, paraíso, yanuncay y las granjas de irquis y romeral pertenecientes a la universidad de cuenca. Universidad de cuenca.
- Carbajal Azcona, Á., y González Fernández, M. (2012). Propiedades y Funciones bilógicas del agua.
- Camacho, A. M. (2009). Método para la determinación de bacterias coliformes, coliformes fecales y Escherichia Coli por la Técnica de dilución en tubo múltiple. México.

- Carrillo Z., E. M., y Lozano C., A. M. (2008). Validación del método de detección de coliformes totales y fecales en agua potable utilizando agar chromocult. Pontifica Universidad Javeriana.
- Casilla Quispe, S. (2014). Evaluación de la calidad de agua en los diferentes puntos de descarga de la cuenca del rio Suchez. Universidad nacional del altiplano puno.
- Cazau, P. (2006). Introducción a la investigación en ciencias sociales. Buenos Aires.
- Cid, N. S. (2019). Evaluación de la calidad bacteriológica del agua procedente de la laguna San Lorenzo- Neuquén. Universidad Nacional del Comahue.
- Espitia Iriarte, N. (2019). Análisis de calidad de agua potable con relación a sus parámetros fisicoquímicos, biológicos, y crecimiento de Lemna minor en la estancia de Lurín, Lima 2015-2016. Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- Gutiérrez S., D. L., y Torres S., M. L. (2013). Estudio comparativo y estadístico de la calidad del agua potable en las redes de distribución de la Parroquia Guapán del Cantón Azogues. Universidad de Cuenca.
- Gianoli Gianoli, A. (2018). Estudio microbiológico y físico químico de la calidad del agua en seis puntos de la Bahía de Sechura – Piura. Universidad Peruana Cayetano Heredia.
- Flores, L. A. (2016). Contaminación Bacteriológica por Coliformes Totales, Coliformes Fecales, Escherichia Coli y Salmonella SP en Aguas Termales de alcance turístico de la región san Martin. San Martin.
- Freire, C. (2018). Tratamiento del agua potable: Un camino hacia la mejora radical de la salud pública. higiene ambiental, 3.

- Gramajo Cifuentes, B. (2004). Determinación de la calidad del agua para consumo humano y uso industrial, obtenida de pozos mecánicos en la zona 11, Mixco, Guatemala. Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Hernández, C. (2008). Detección de Salmonella y Coliformes Fecales en agua de uso agrícola para la producción de melón. México.
- Lozano Núñez, P. (2007). Proyecto de investigación científica. Perú: Printed
- Marín, R. (2006). Características Físicas, Químicas y Biológicas de las aguas. Ed. Córdoba, España: Control de calidad y Medio Ambiente. Obtenido de http://api.eoi.es/api_v1_dev.php/fedora/asset/eoi:48101/componente48099.pdf
- Martínez O., J. A. (2017). Calidad fisicoquímica y bacteriológica del agua de consumo humano del distrito de Saman, provincia de Azángaro – Puno. Universidad Nacional del Altiplano
- Murillo, W. (17 de Setiembre de 2018). La investigación científica. Obtenido de <http://www.monografias.com/trabajos15/invest-científica/investcientífica.shtm>
- Solsona, F., y Méndez, J. P. (2002). Desinfección del agua.
- Sotil F., H. D. (2017). Análisis de indicadores de contaminación bacteriológica (Coliformes totales y termo tolerantes) en el lago de Moronacocha. Universidad Científica del Perú.
- Organización Mundial de la Salud. (2006). Guías para la calidad del agua potable (Tercera edición).
- Ortiz E., B. (2013). Calidad microbiológica del agua del sector de los aleros, municipio Rangel del estado de Mérida-Venezuela. Universidad de los Andes.

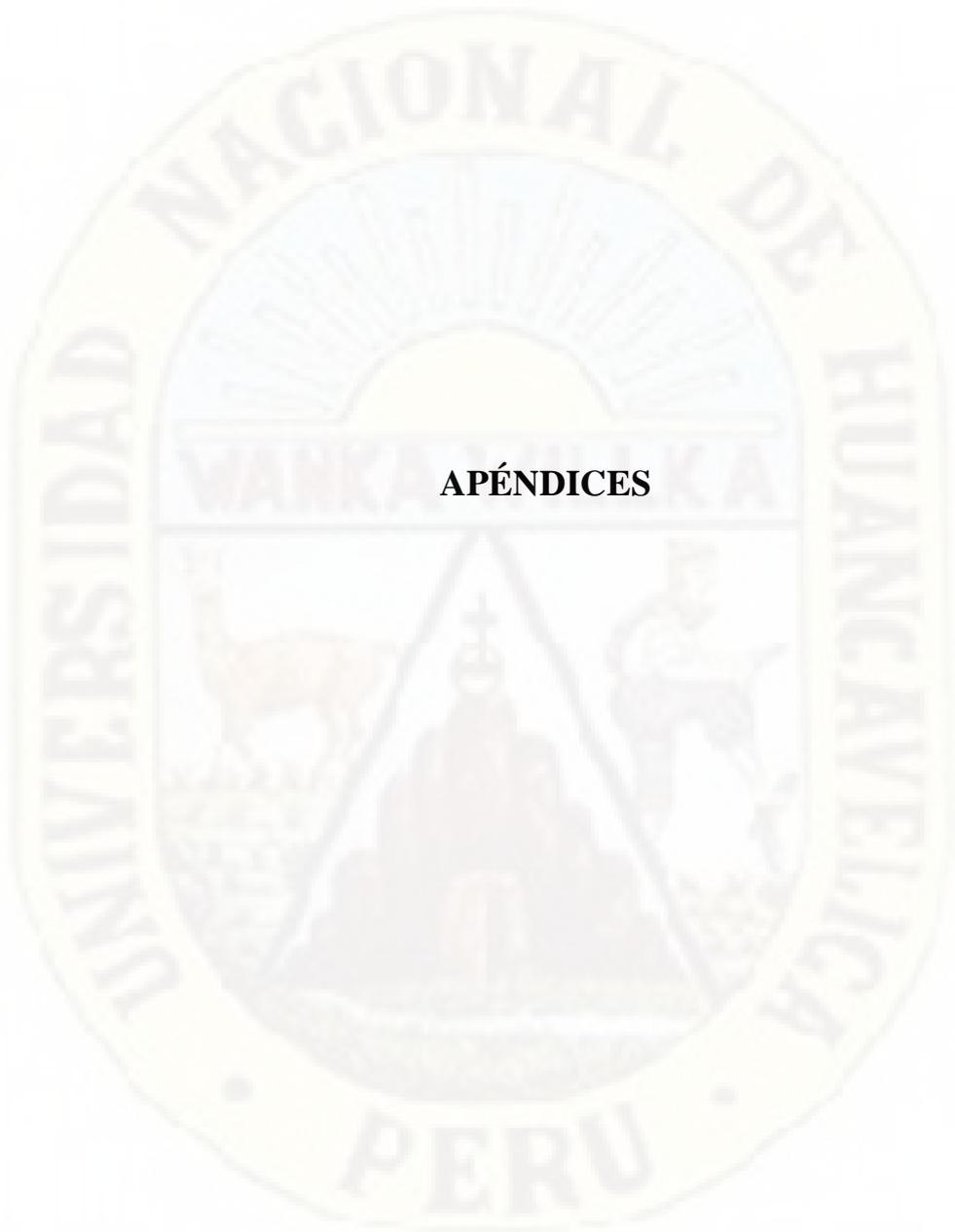
Ovando A.L. 2008. Behind the pathways of mercury in the Iténez-Guaporé basin, mapping the potential deposition and transformation zones. Thesis of mastery. International Institute for geo-information science and earth observation enschede, the Netherlands. Holanda. pp.: 9-35.

Pavón Espinoza, Y. (2011). Evaluación de la calidad del agua superficial utilizando indicadores biológicos en la subcuenca del Río La Trinidad, Diriamba Carazo, en el año hidrológico 2010-2011. Universidad Nacional Agraria.

Quispe C., D. Q. (2017). Calidad bacteriológica y físico-química del agua de seis manantiales del distrito de Santa Rosa-Melgar. Universidad Nacional del Altiplano-Puno.

Ribes, M. E. (2002). Método de Análisis Microbiológicos de Alimentos. España.

Yana T., W. (2017). Calidad fisicoquímica y microbiológica del agua, en el sistema de abastecimiento de agua potable en la ciudad de Azángaro, Puno – 2017. Universidad Nacional del Altiplano.



APÉNDICES

Tabla 20

Matriz de Consistencia

Problema de investigación	Hipótesis	Objetivos	Variables	Metodología
¿Cuál es la variación de la demanda bioquímica de oxígeno, coliformes fecales y totales en la planta de tratamiento de agua potable Millpo -Huancavelica?	<p>Hipótesis Nula</p> <p>Existe una relación de la demanda bioquímica de oxígeno, coliformes fecales y totales en la planta de tratamiento de agua potable Millpo – Huancavelica</p>	<p>Objetivo general</p> <p>Determinar la variación de los niveles de la demanda bioquímica de oxígeno entre la cantidad de coliformes fecales y totales en la planta de tratamiento de agua potable Millpo– Huancavelica</p>	<p>Independiente</p> <p>Plantas de tratamiento de agua potable.</p>	<p>Tipo: Básica</p> <p>Nivel: Descriptivo</p> <p>Método: Deductivo</p> <p>Diseño: No experimental de tipo transversal.</p> <p>Población Agua tratada de la planta de tratamiento de agua potable Millpo.</p> <p>Muestra -1000 ml para el análisis de DBO -250 ml para el análisis de coliformes</p> <p>Muestreo No probabilístico</p>
	<p>Hipótesis Alterna</p> <p>No existe una relación de la demanda bioquímica de oxígeno, coliformes fecales y totales en la planta de tratamiento de agua potable Millpo – Huancavelica</p>	<p>Objetivos específicos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Determinar los niveles de la demanda bioquímica de oxígeno en la planta de tratamiento de agua potable Millpo. • Determinar el NMP (número más probable) de coliformes fecales en la planta de tratamiento de agua potable Millpo. • Determinar el NMP (número más probable) de coliformes totales en la planta de tratamiento de agua potable Millpo. 		

-
- Determinar la relación entre los niveles de la demanda bioquímica de oxígeno entre la cantidad de coliformes fecales y totales en la planta de tratamiento de agua potable Millpo.

Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La observación

Técnicas de procesamiento y análisis de datos

IBM SPSS Statistics 23, Minitab 18 y Microsoft Office, Excel 2016, SAS version 9.4

Análisis Estadístico Afluente

Análisis estadístico para DBO

```
DATA ESTDISCRIMATAMOROS;  
INPUT AFLUENTE DBO;  
CARDS;  
256.5  
248.5  
249.4  
250.3  
244.5  
245.5  
PROC UNIVARIATE PLOT NORMAL DATA=ESTDISCRIMATAMOROS;  
VAR AFLUENTE DBO;  
HISTOGRAM;  
RUN;
```

Análisis estadístico para Coliformes fecales

```
DATA ESTDISCRIMATAMOROS;  
INPUT AFLUENTE CF;  
CARDS;  
21  
23  
21  
22  
23  
23  
PROC UNIVARIATE PLOT NORMAL DATA=ESTDISCRIMATAMOROS;  
VAR AFLUENTE CF;  
HISTOGRAM;  
RUN;
```

Análisis estadístico para Coliformes totales

```
DATA ESTDISCRIMATAMOROS;  
INPUT AFLUENTE CT;  
CARDS;  
70  
40  
70  
70  
70  
70  
PROC UNIVARIATE PLOT NORMAL DATA=ESTDISCRIMATAMOROS;  
VAR AFLUENTE CT;  
HISTOGRAM;  
RUN;
```

Análisis Estadístico Efluente

Análisis estadístico Variación

```
DATA ESTDISCRIMATAMOROS;  
INPUT VARIACION;  
CARDS;  
98.86  
95.49  
68.72  
PROC UNIVARIATE PLOT NORMAL DATA=ESTDISCRIMATAMOROS;  
VAR VARIACION;  
HISTOGRAM;  
RUN;
```

Análisis estadístico para DBO

```
DATA ESTDISCRIMATAMOROS;  
INPUT EFLUENTE DBO;  
CARDS;  
2  
1  
1  
2  
1  
1  
1  
PROC UNIVARIATE PLOT NORMAL DATA=ESTDISCRIMATAMOROS;  
VAR EFLUENTE DBO;  
HISTOGRAM;  
RUN;
```

Análisis estadístico para Coliformes fecales

```
DATA ESTDISCRIMATAMOROS;  
INPUT EFLUENTE CF;  
CARDS;  
0  
0  
3  
0  
3  
0  
0  
PROC UNIVARIATE PLOT NORMAL DATA=ESTDISCRIMATAMOROS;  
VAR EFLUENTE CF;  
HISTOGRAM;  
RUN;
```

Análisis estadístico para Coliformes totales

DATA ESTDISCRIMATAMOROS;

INPUT EFLUENTE CT;

CARDS;

23

15

20

21

20

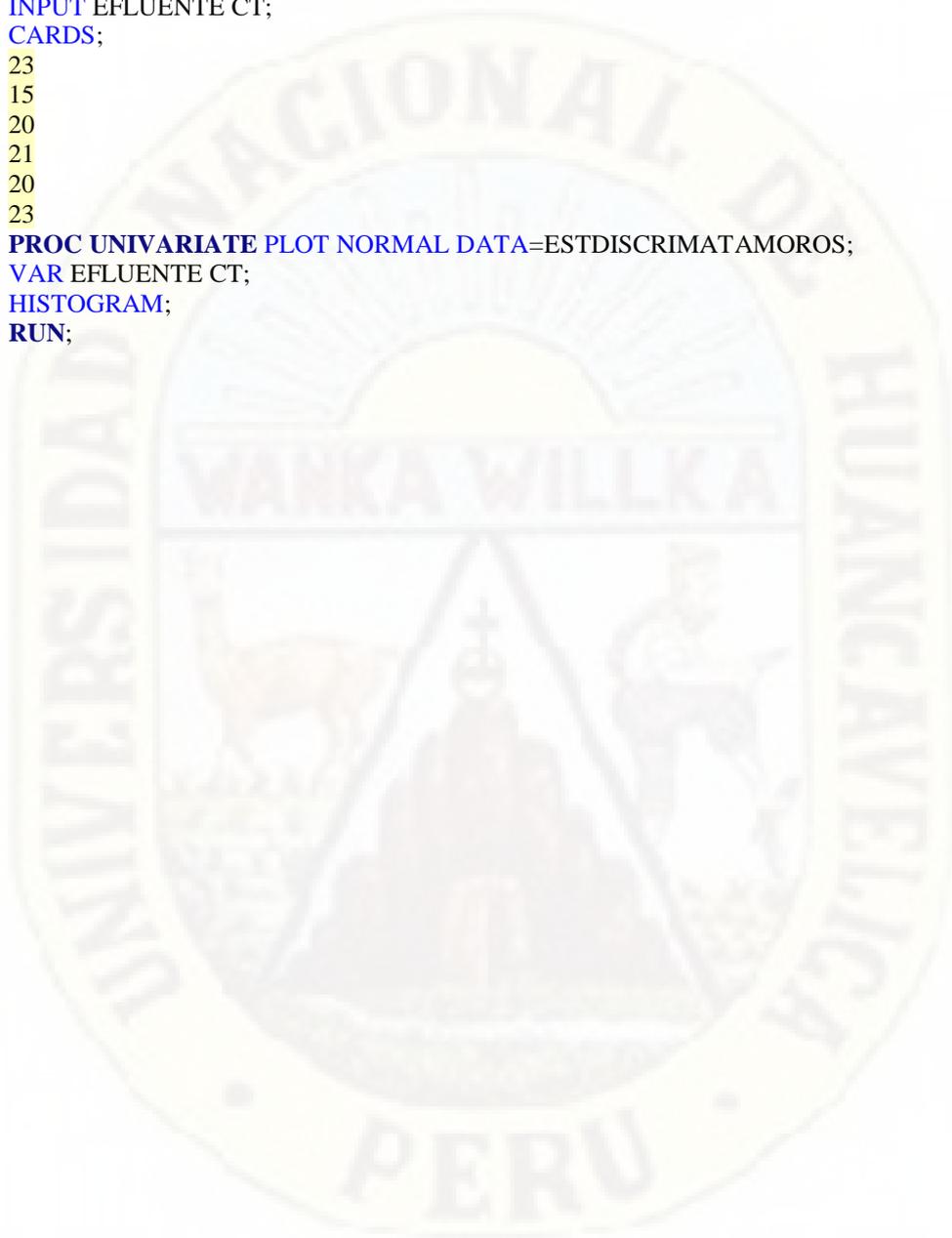
23

PROC UNIVARIATE PLOT NORMAL DATA=ESTDISCRIMATAMOROS;

VAR EFLUENTE CT;

HISTOGRAM;

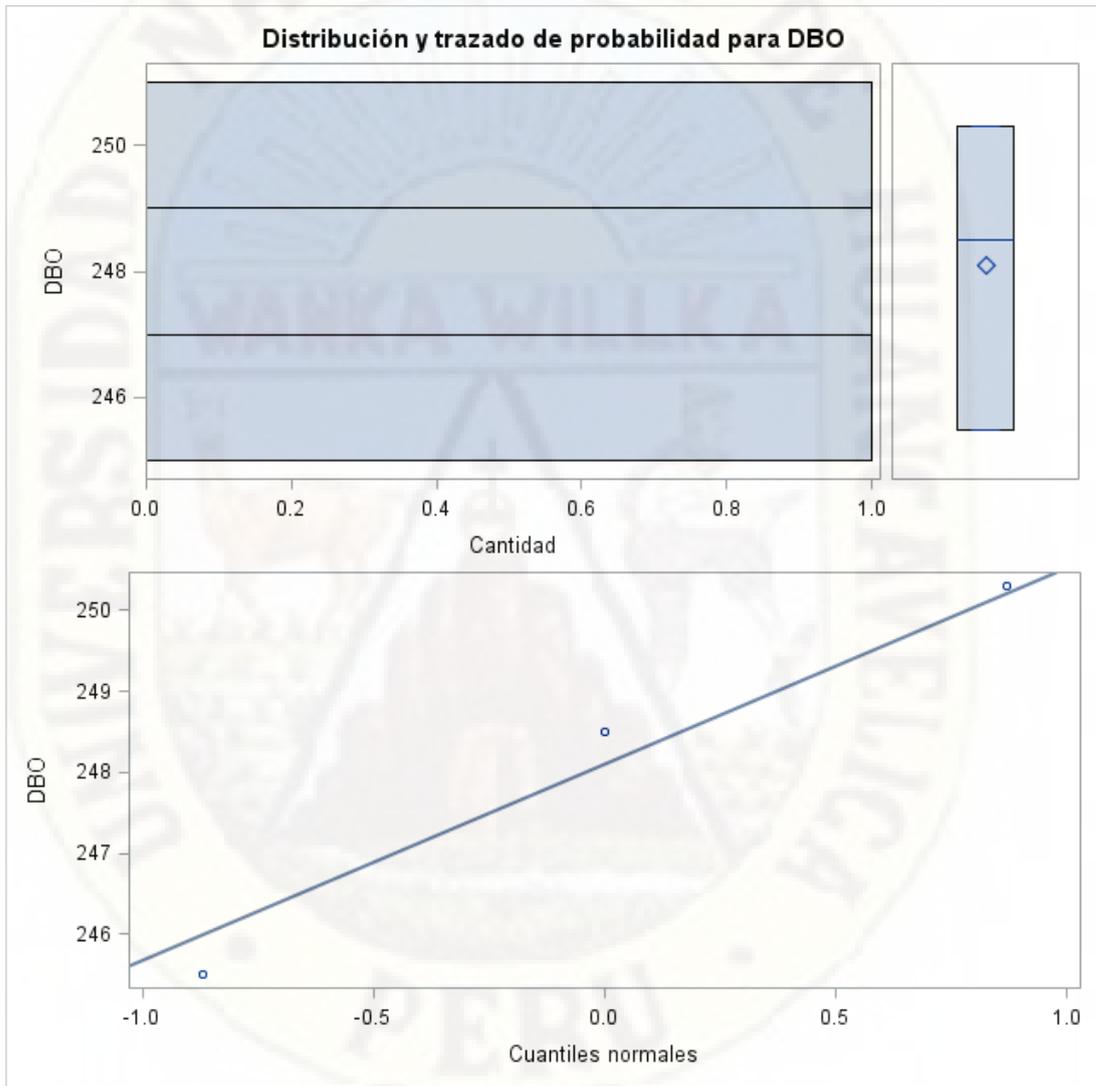
RUN;



Apéndice de distribución de DBO Afluyente

Figura 23

Distribución de DBO Afluyente

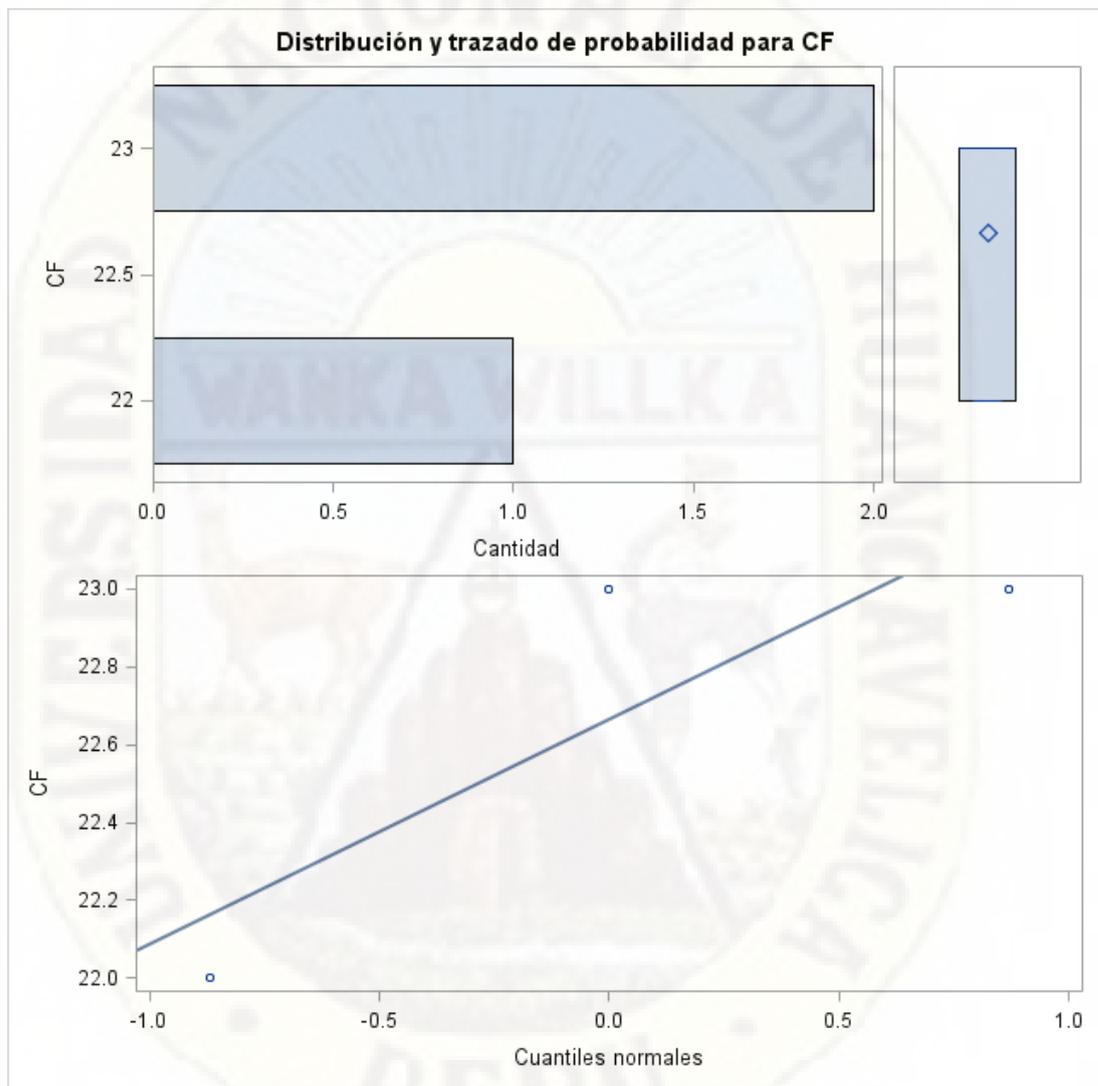


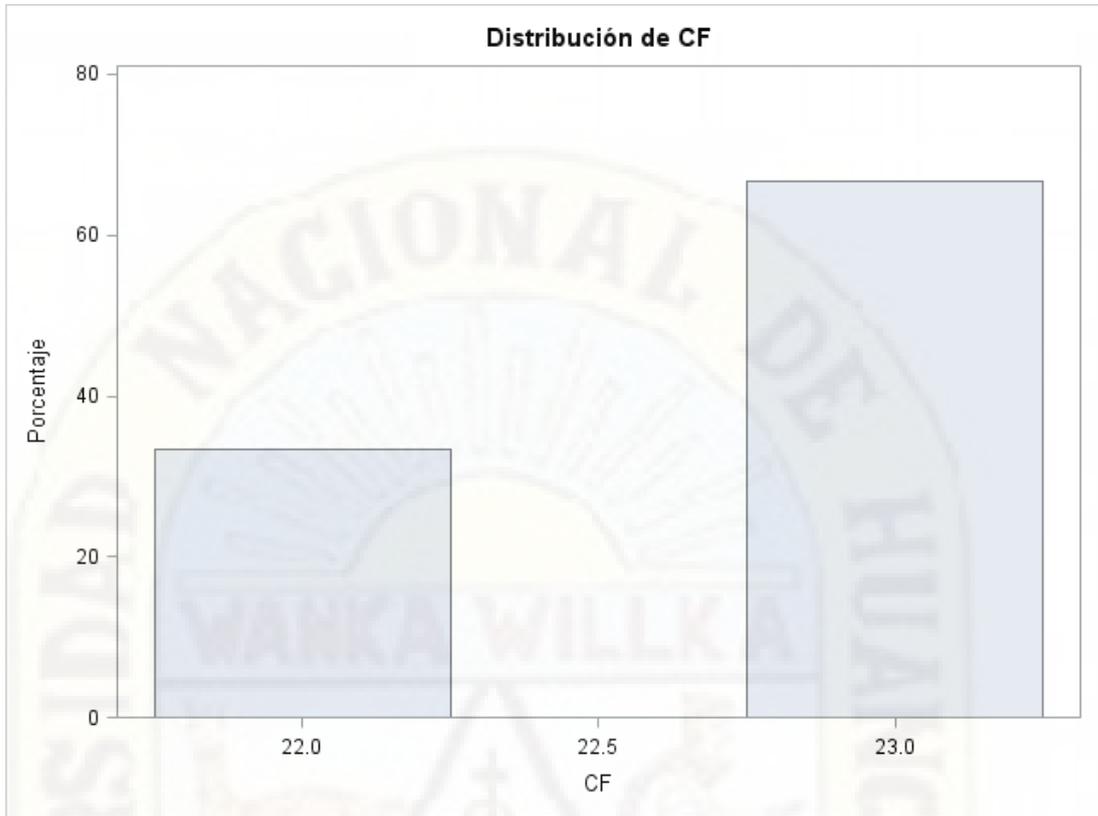


Apéndice de distribución de coliformes fecales Afluyente

Figura 24

Distribución de Coliformes Fecales Afluyente

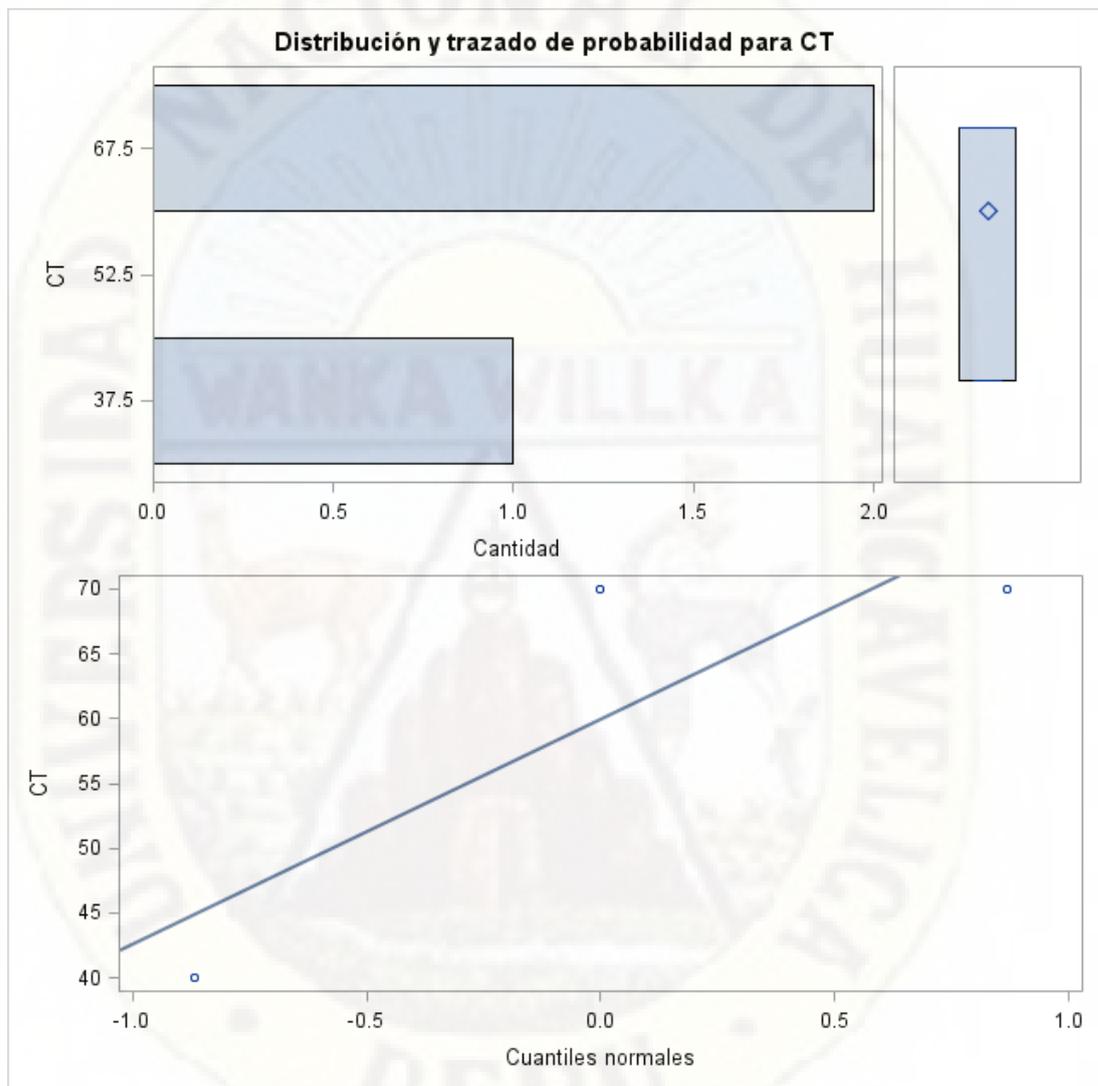


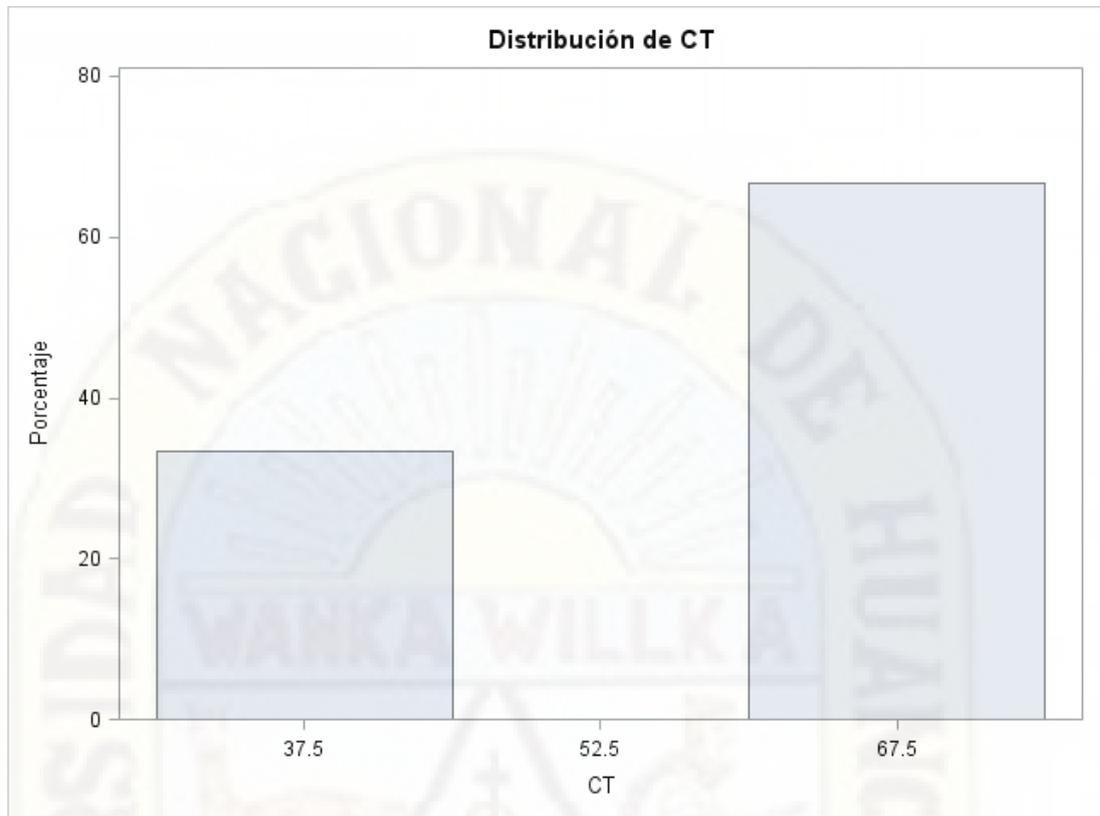


Apéndice de distribución de coliformes totales Afluyente

Figura 25

Distribución de Coliformes Totales Afluyente

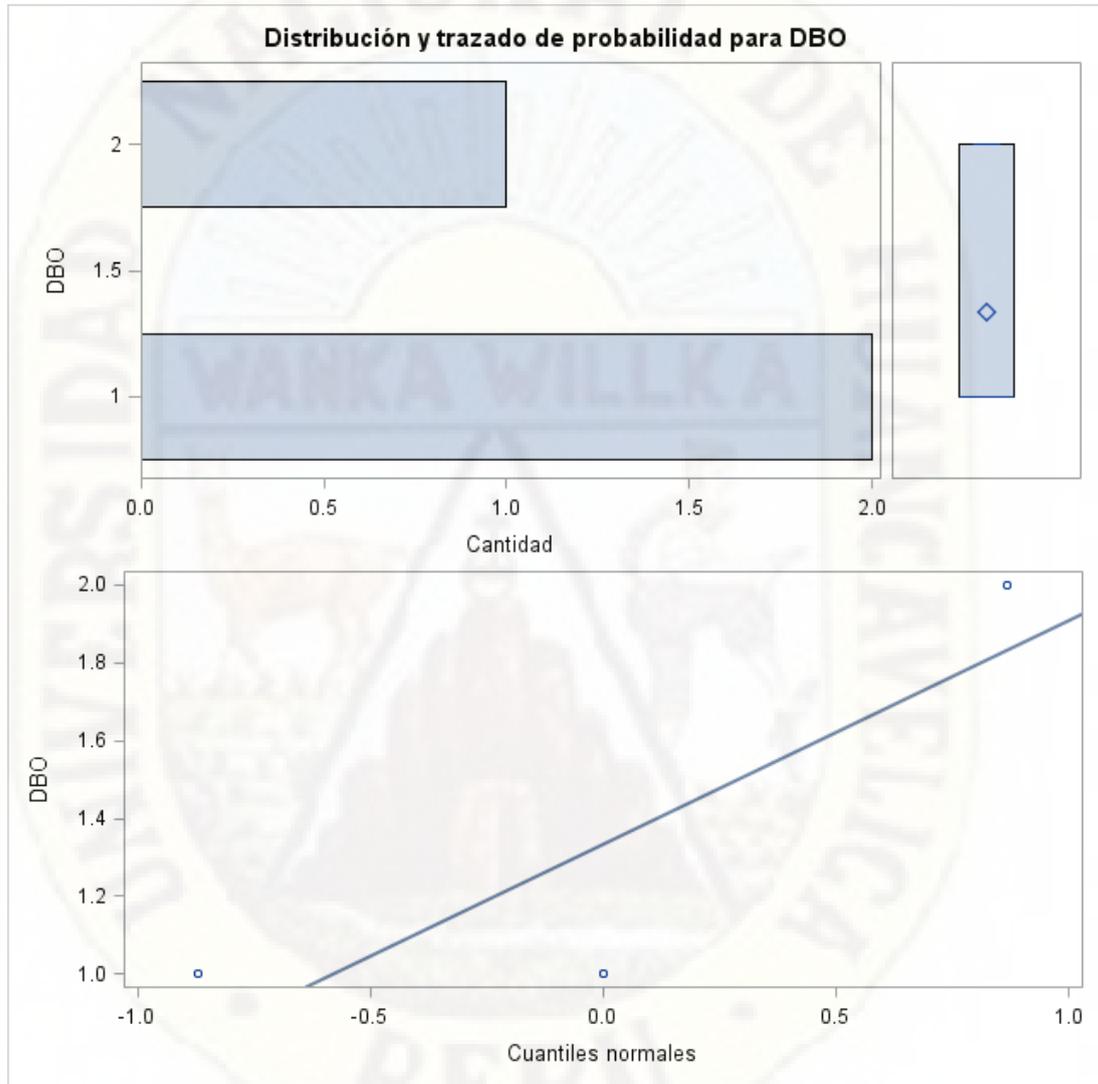


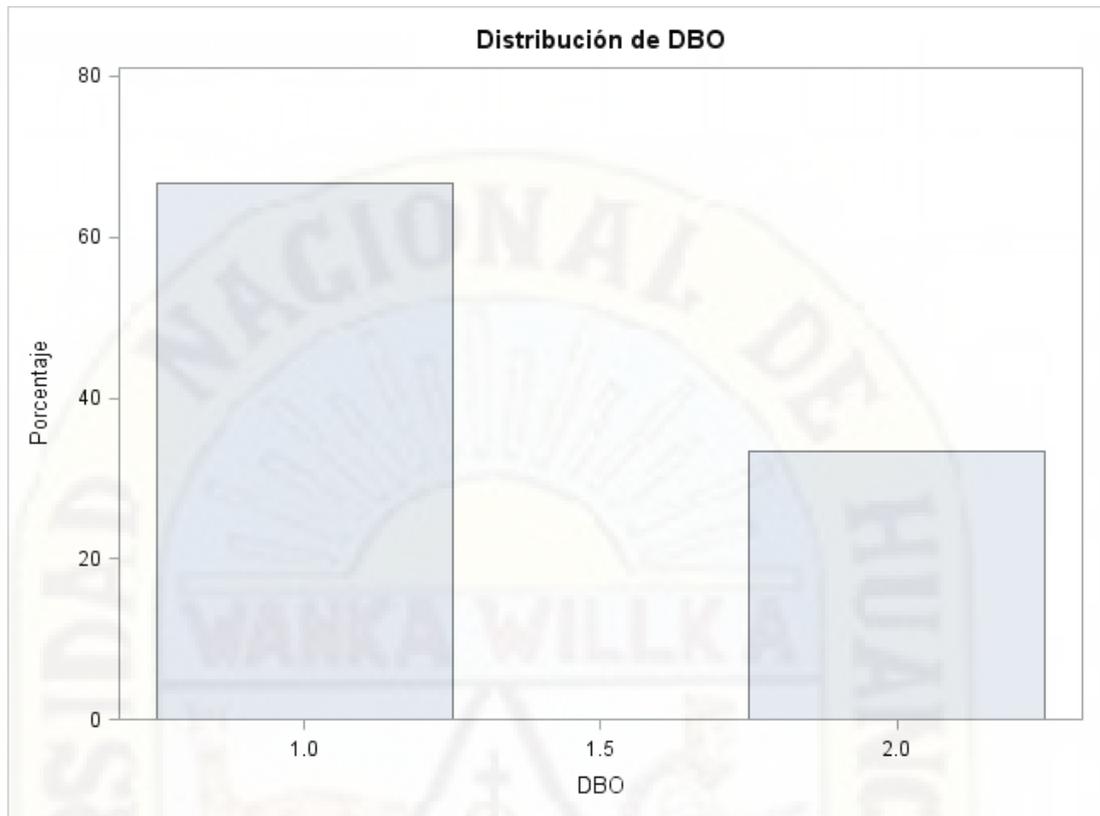


Apéndice de distribución de DBO Efluente

Figura 26

Distribución de DBO Efluente

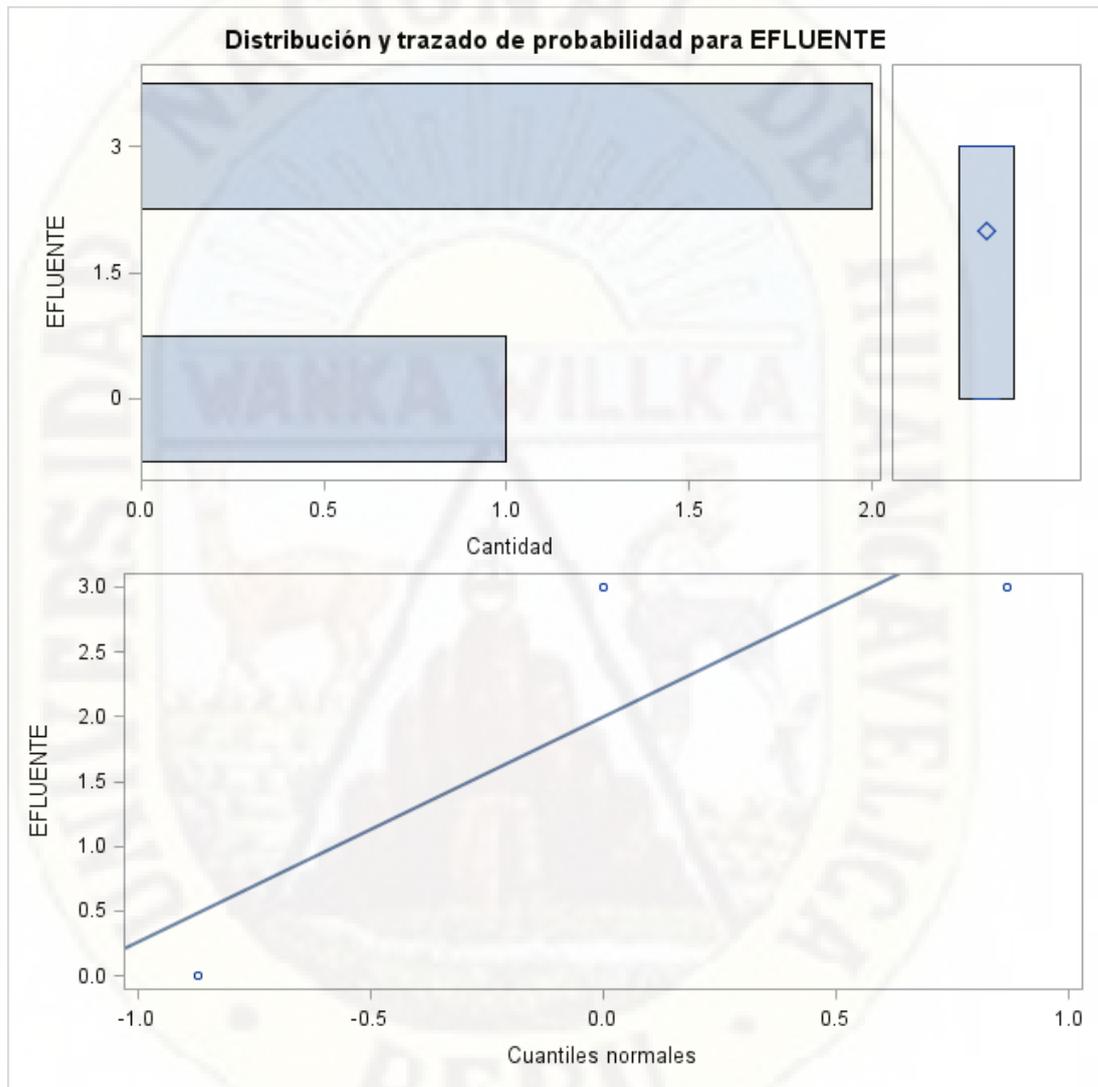


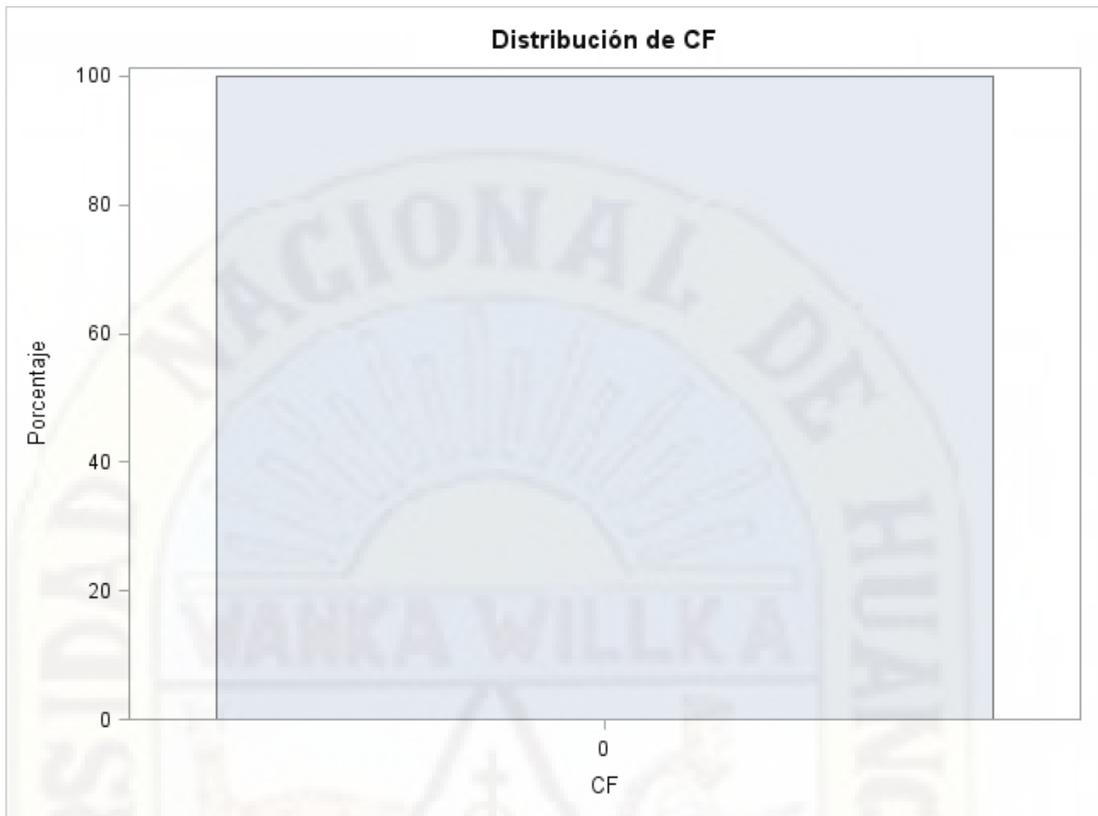


Apéndice de distribución de coliformes fecales Efluente

Figura 27

Distribución de Coliformes Fecales Efluente

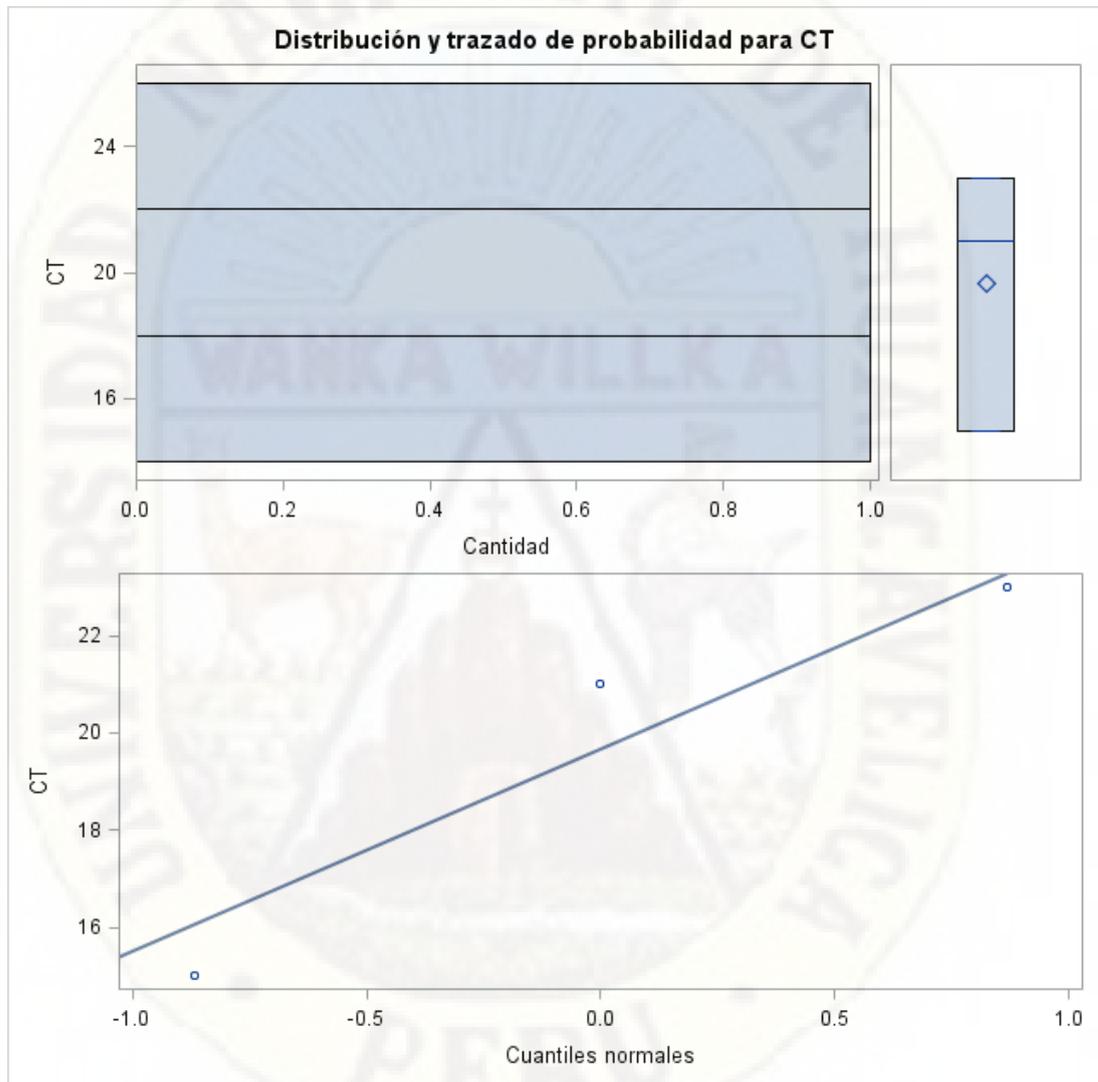




Apéndice de distribución de coliformes totales Efluente

Figura 28

Distribución de Coliformes Totales Efluente



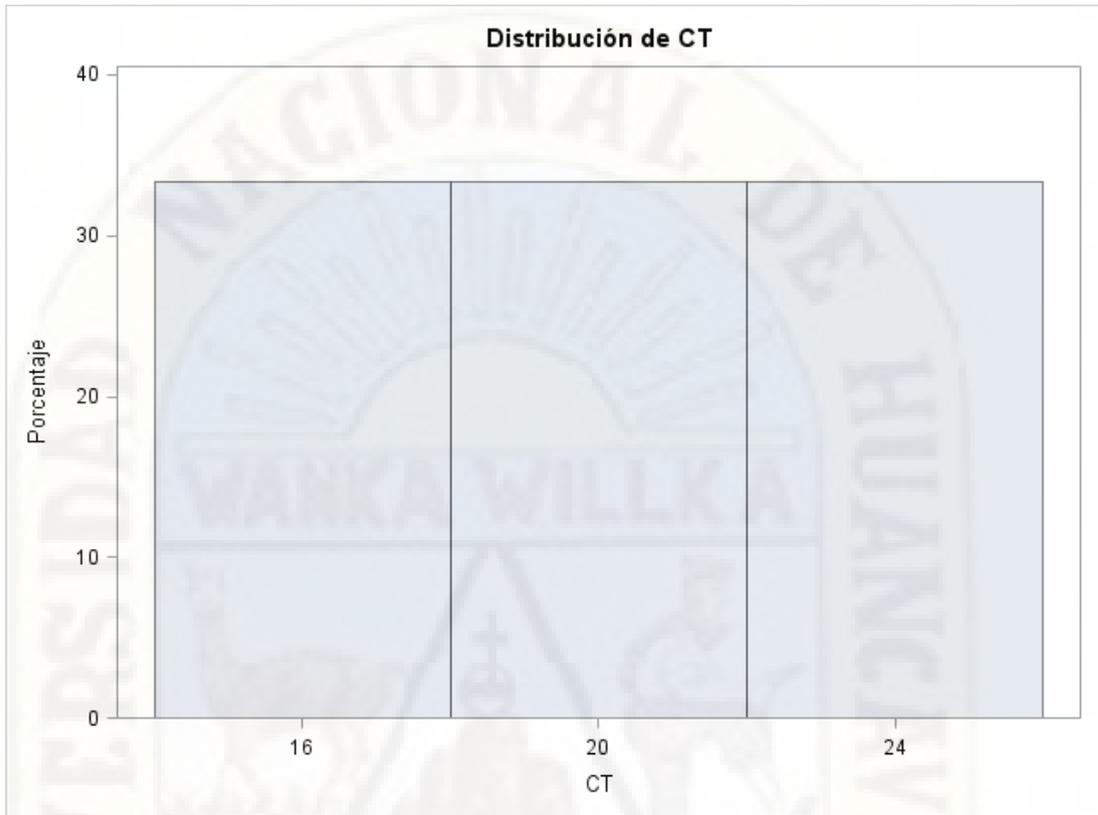


Tabla 21

Tabla del NMP

No. de tubos Positivos en cada dilución			NMP/g ó ml	Limites de confianza			
Diluciones				Infer. 99%	Super.	Infer. 95%	Super.
10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³					
0	1	0	3	<1	23	<1	17
1	0	0	4	<1	28	1	21
1	0	1	7	1	35	2	27
1	1	0	7	1	36	2	28
1	2	0	11	2	44	4	35
2	0	0	9	1	50	2	38
2	0	1	14	3	62	5	48
2	1	0	15	3	65	5	50
2	1	1	20	5	77	8	61
2	2	0	21	5	80	8	63
3	0	0	23	4	177	7	129
3	0	1	40	10	230	10	180
3	1	0	40	10	290	20	210
3	1	1	70	20	370	20	280
3	2	0	90	20	520	30	390
3	2	1	150	30	660	50	510
3	2	2	210	50	820	80	640
3	3	0	200	<100	1900	100	1400
3	3	1	500	100	3200	200	2400
3	3	2	1100	200	6400	300	4800

Panel fotográfico

Figura 29

Recolección de Muestras de la PTAP -Millpo



Figura 30

Identificación de las muestras de Afluente PTAP-Millpo



Figura 31

Identificación de las Muestras de Efluente PTAP-Millpo



Figura 32

Preparación de las muestras de Afluente PTAP -Millpo



Figura 33

Preparación de las Muestras de Efluente PTAP-Millpo



Figura 34

Colocando la Posición del Frasco



Figura 35

Identificando el Rango de Medición en las Muestras



Figura 36

Colocando 244 ml de Muestra de Agua en los Frascos Ámbar



Figura 37

Adicionando el nitrificante en la Muestra 5 Gotas



Figura 38

Adicionando Muestra en el Frasco Ámbar 3



Figura 39

Adicionando Nitrificante en el Frasco Ámbar 6



Figura 40

Adicionando 3 a 4 Gotas de Hidróxido de Potasio al capuchón.



Figura 41

Adicionando el Magneto y Nitrificante



Figura 42

Tapar con el Sensor cada Frasco Ámbar de 1 a 6



Figura 43

Sellar todos los Frascos



Figura 44

Colocar el Sensor con Mucho Cuidado para Evitar que se Derrame la Muestra



Figura 45

Equipo de DBO con los 6 Frascos Ámbar



Figura 46

Equipo Listo para Insertar en la Cabina de CO₂

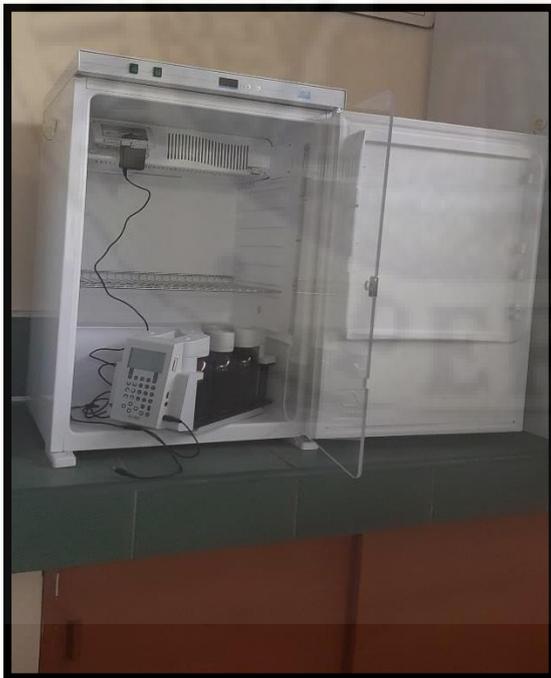


Figura 47

Curva de DBO en mg/L Frasco Ámbar 5

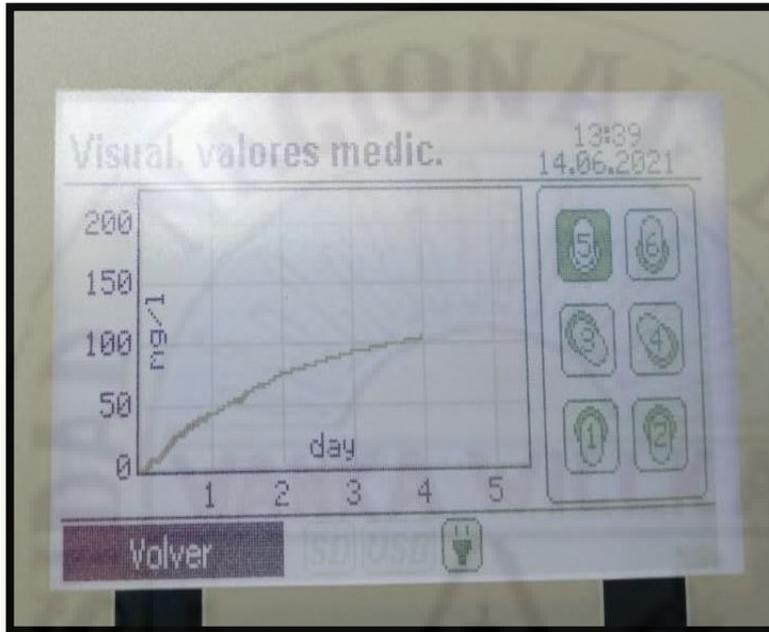


Figura 48

Curva de DBO-Frasco Ámbar 1

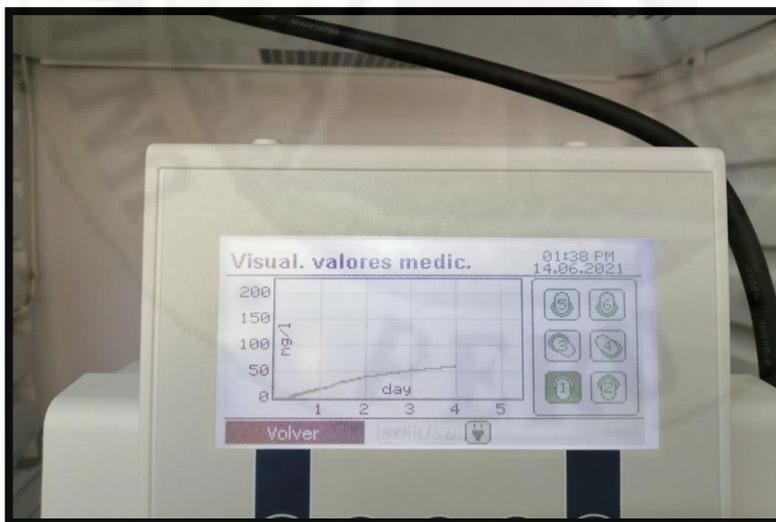


Figura 49

Curva de DBO Frasco 1 y Frasco 6 en mg/L

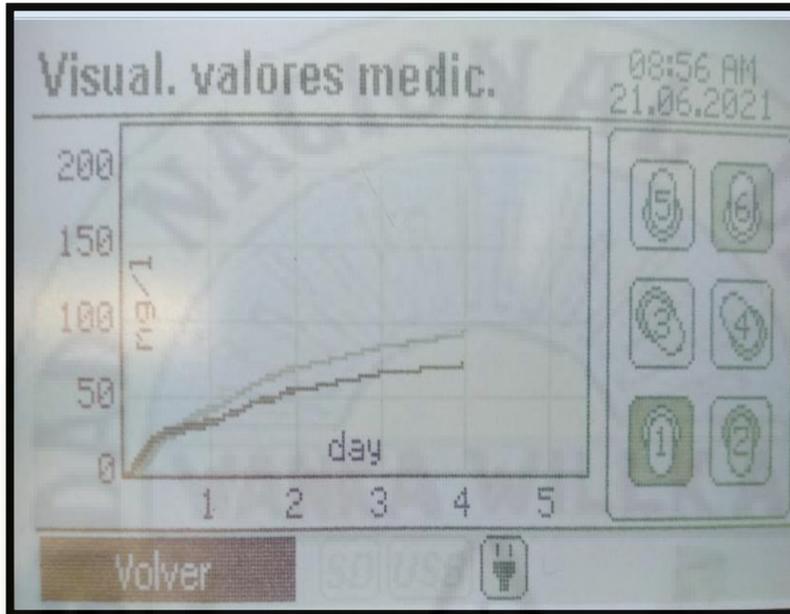


Figura 50

Identificación de las Medidas de DBO

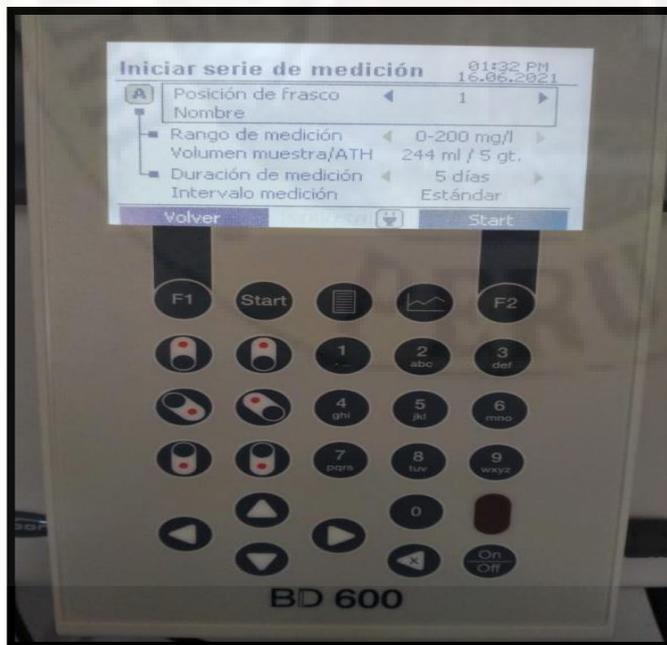


Figura 51

Valores de Medición para DBO después de los 5 días de Evaluación

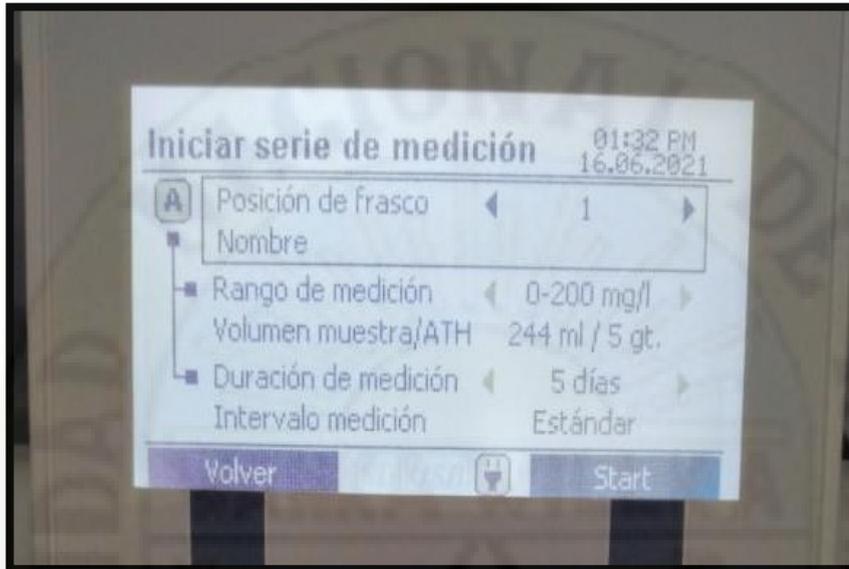


Figura 52

Proceso Final de DBO5 en la Cámara de CO2



Figura 53

Identificación de NMP para Coliformes Totales (CT)



Figura 54

Proceso de Preparación de soluciones 10-1, 10-5 y 10-3



Figura 55

Identificación de los Puntos de Afluente y Efluente



Figura 56

*Incubación de las Muestras a 45°C *24 horas*

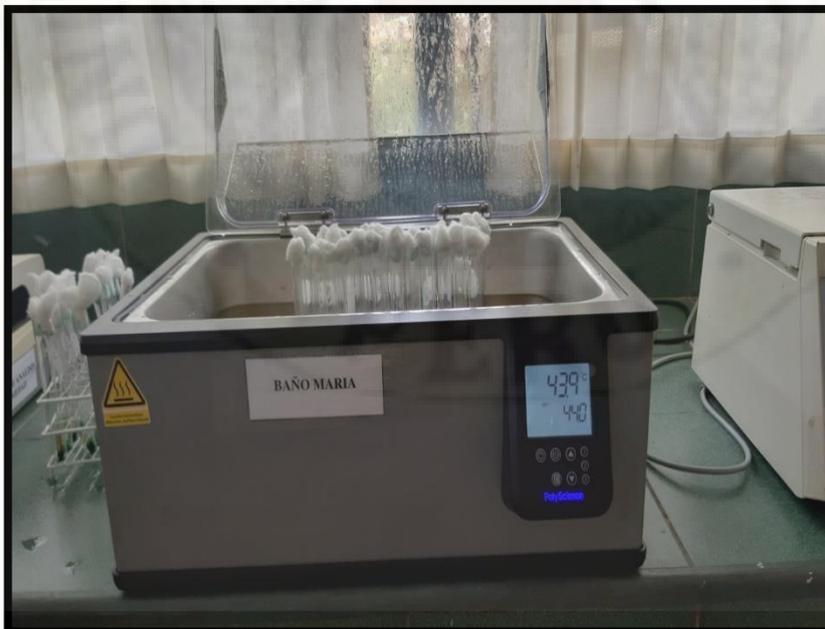


Figura 57

*Proceso de Incubación a 37°C * 24 Horas*



Figura 58

Lectura e Identificación de las Muestras

