

Universidad Católica de Santa María

Facultad de Ciencias e Ingenierías Biológicas y Químicas

Escuela Profesional de Medicina Veterinaria y Zootecnia



“CALIDAD MICROBIOLÓGICA DEL AGUA DEL RÍO SOCABAYA MEDIANTE EL RECUENTO DE *Escherichia coli*, COLIFORMES TOTALES Y MESÓFILOS AEROBIOS TOTALES, EN LOS DISTRITOS DE SOCABAYA Y JACOBO HUNTER, AREQUIPA, 2019”

“MICROBIOLOGICAL QUALITY OF SOCABAYA RIVER WATER THROUGH THE COUNTING OF *Escherichia coli*, TOTAL COLIFORMS AND TOTAL AEROBIC MESOPHILS, IN THE DISTRICTS OF SOCABAYA AND JACOBO HUNTER, AREQUIPA, 2019”

Tesis presentada por el Bachiller:

Cornejo Gutiérrez, José Alberto

para optar el Título Profesional de:

Médico Veterinario y Zootecnista

Asesor:

Dr. Fernández Fernández, Fernando

Arequipa – Perú

2020



Universidad Católica de Santa María

☎ (51 54) 382038 Fax: (51 54) 251213 ✉ ucsm@ucsm.edu.pe <http://www.ucsm.edu.pe> Apartado: 1350

AREQUIPA - PERU

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERIAS BIOLÓGICAS Y QUÍMICAS

ESCUELA PROFESIONAL DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

DICTAMEN PASE A SUSTENTACIÓN

El jurado dictaminador presidido por el MGTER. ADOLFO HERNANDEZ TORI e integrado por la vocal MGTER. VERONICA VALDEZ NUÑEZ y secretaria la MGTER. ELOISA ZUÑIGA VALENCIA DICTAMINA:

Que el Borrador de tesis titulado:

“CALIDAD MICROBIOLÓGICA DEL AGUA DEL RIO SOCABAYA MEDIANTE EL RECuento DE *Escherichia coli*, COLIFORMES TOTALES Y MESOFILOS AEROBIOS TOTALES, EN LOS DISTRITOS DE SOCABAYA Y JACOBO HUNTER, AREQUIPA, 2019
presentado por (la) Sr.(s)(ita):

CORNEJO GUTIERREZ, JOSE ALBERTO

Puede ser sustentado públicamente después de tener en cuenta las observaciones del dictamen adjunto. Caso contrario, el (la) Bachiller asume la responsabilidad que pudiera derivarse.

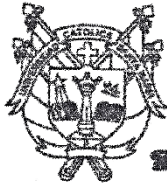
Asesor(a): DR. FERNANDO FERNÁNDEZ FERNÁNDEZ

Arequipa, 08 de enero 2020



.....
FERNANDO FERNÁNDEZ FERNÁNDEZ
Director de la Escuela Profesional de
Medicina Veterinaria y Zootecnia

CSL/DEPMVZ
JL



Universidad Católica de Santa María

(51 54) 382038 Fax: (51 54) 251213 ✉ ucsm@ucsm.edu.pe http://www.ucsm.edu.pe Apartado: 1350

AREQUIPA - PERU

"IN SCIENTIA ET FIDE EST FORTITUDO NOSTRA"
(En la Ciencia y en la Fe está nuestra fuerza)

ESCUELA PROFESIONAL DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

DICTAMEN BORRADOR DE TESIS

Señor Magíster

CARLO SANZ LUDEÑA

Director de la Escuela Profesional de Medicina Veterinaria y Zootecnia

Presente.-

Mediante el presente, comunicamos a usted que se ha procedido a revisar el Borrador de Tesis titulado:

**"CALIDAD MICROBIOLÓGICA DEL AGUA DEL RÍO SOCABAYA MEDIANTE EL
RECUENTO DE *Escherichia coli*, COLIFORMES TOTALES Y MESOFILOS AEROBIOS
TOTALES, EN LOS DISTRITOS DE SOCABAYA Y JACOBO HUNTER, AREQUIPA, 2019**

presentado por:

CORNEJO GUTIERREZ, JOSE ALBERTO

Asesorado (a) por el(la): **DR. FERNANDO FERNÁNDEZ FERNÁNDEZ**

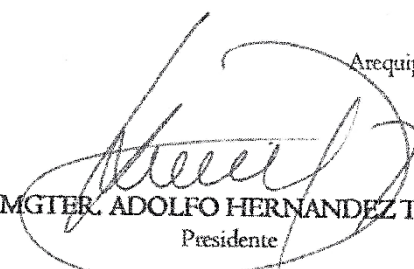
El jurado dictaminador presidido por el MGTER. ADOLFO HERNANDEZ TORI e integrado por la vocal MGTER. VERONICA VALDEZ NUÑEZ y secretaria la MGTER. ELOISA ZUÑIGA VALENCIA

DICTAMINA:

Procede la sustentación pública.

OBSERVACIONES

Arequipa, 06 de ENERO del 2020


MGTER. ADOLFO HERNANDEZ TORI
Presidente


MGTER. VERÓNICA VALDEZ NUÑEZ
Vocal


MGTER. ELOISA ZUÑIGA VALENCIA
Secretaria



Universidad Católica de Santa María

(51 54) 382038 Fax: (51 54) 251213 ✉ ucsm@ucsm.edu.pe <http://www.ucsm.edu.pe> Apertado: 1350

AREQUIPA - PERU

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍAS BIOLÓGICAS Y QUÍMICAS
ESCUELA PROFESIONAL DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

INSCRIPCIÓN PLAN DE TESIS 2019

Bachiller: CORNEJO GUTIERREZ, JOSE ALBERTO

El jurado dictaminador presidido por el MGTER. ADOLFO HERNANDEZ TORI e integrado por el MGTER. VERONICA VALDEZ NUÑEZ y el MGTER. ELOISA ZUÑIGA VALENCIA; según al Reglamento de Grados y Títulos, Título III del Título Profesional de Primera Especialidad, Capítulo III, de la Elaboración, Presentación y Aprobación de un Trabajo de Tesis, Art. 20; el Director de la Escuela Profesional de Medicina Veterinaria y Zootecnia;

DICTAMINA:

Autorizar la inscripción del Plan de Tesis titulado

“CALIDAD MICROBIOLÓGICA DEL AGUA DEL RÍO SOCABAYA MEDIANTE EL RECuento DE *Escherichia coli*, COLIFORMES TOTALES Y MESOFILOS AEROBIOS TOTALES, EN LOS DISTRITOS DE SOCABAYA Y JACOBO HUNTER, AREQUIPA, 2019

presentado por el (la) Sr.(ita) Alumno(a) de la Escuela Profesional de Medicina Veterinaria y Zootecnia;

CORNEJO GUTIERREZ, JOSE ALBERTO

por un período de seis (06) meses a partir de la fecha; debiendo el (la) recurrente proceder al desarrollo del mismo, teniendo en cuenta las observaciones del jurado dictaminador del Plan de Tesis.

ASESOR: DR. FERNANDO FERNÁNDEZ FERNÁNDEZ

Arequipa, 25 de octubre del 2019



MGTER. CARLO SANZ LUDEÑA
Director de la Escuela Profesional de
Medicina Veterinaria y Zootecnia



Universidad Católica de Santa Marta

(51 54) 382030 Fax:(51 54) 251213 ✉ ucom@ucsm.edu.pe 🌐 http://www.ucsm.edu.pe Apartado: 1350

AREQUIPA - PERU

“IN SCIENTIA ET FIDE EST FORTITUDO NOSTRA”

(En la Ciencia y en la Fe está nuestra fuerza)

ESCUELA PROFESIONAL DE MEDICINA VETERINARIA Y
ZOOTECNIA

DICTAMEN DE PLAN DE TESIS

Señor Magíster

CARLO SANZ LUDENÑA

Director de la Escuela Profesional de Medicina Veterinaria y Zootecnia

Presente.-

Mediante el presente, comunicamos a usted que se ha procedido a revisar el plan de Tesis Titulado:

Titulado:

“CALIDAD MICROBIOLÓGICA DEL AGUA DEL RÍO SOCABAYA MEDIANTE EL
RECUENTO DE *Escherichia coli*, COLIFORMES TOTALES Y MESOFILOS AEROBIOS
TOTALES, EN LOS DISTRITOS DE SOCABAYA Y JACOBO HUNTER, AREQUIPA,
2019 presentado por el (la) Sr.(s)(ita):

CORNEJO GUTIERREZ, JOSE ALBERTO

Asesor: DR. FERNANDO FERNÁNDEZ FERNÁNDEZ

El jurado dictaminador presidido por el MGTER. ADOLFO HERNANDEZ TORI e integrado
por el MGTER. VERONICA VALDEZ NUÑEZ y el MGTER. ELOISA ZUÑIGA VALENCIA;

DICTAMINA;

Procede su ejecución

OBSERVACIONES

Arequipa, 23 de OCTUBRE del 2019

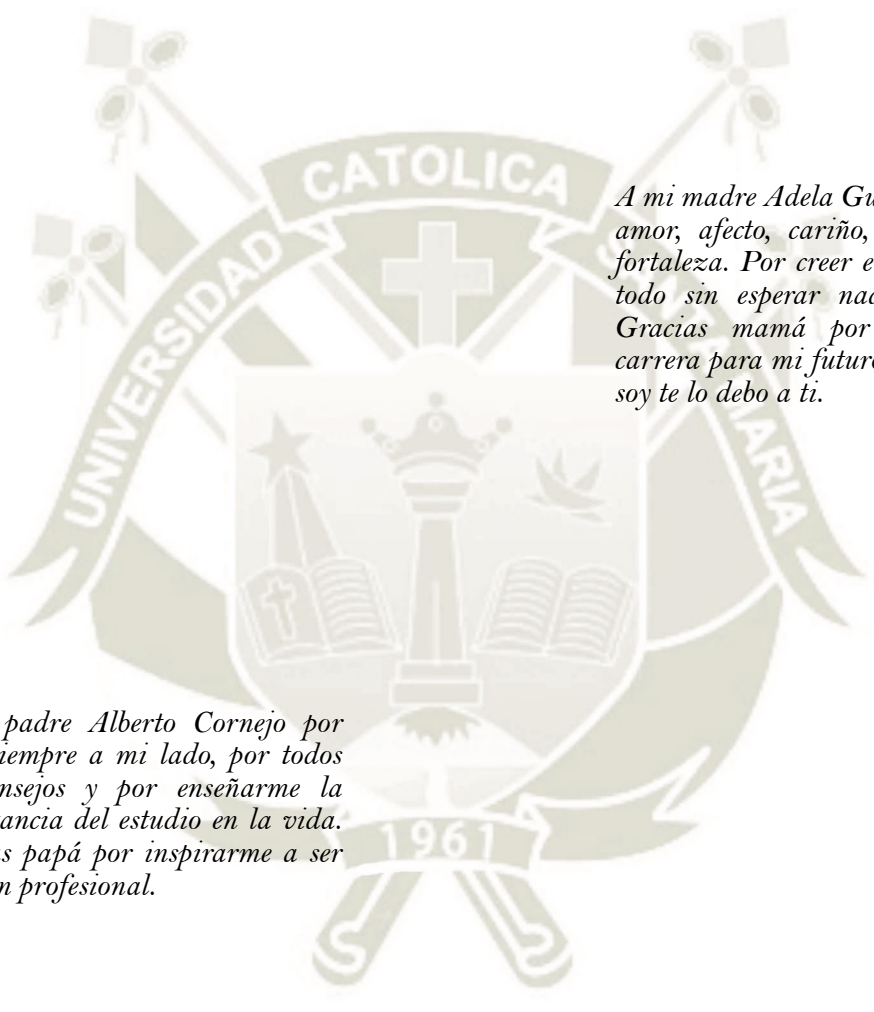
[Firma]
MGTER. ADOLFO HERNANDEZ TORI
Presidente

[Firma]
MGTER. VERONICA VALDEZ NUÑEZ
Vocal

[Firma]
MGTER. ELOISA ZUÑIGA VALENCIA
Secretario

DEDICATORIA

A Dios, porque a pesar de todo nunca dejo de acompañarme y por darme la oportunidad de un obtener un logro más.



A mi madre Adela Gutiérrez por su amor, afecto, cariño, dedicación y fortaleza. Por creer en mí y darme todo sin esperar nada a cambio. Gracias mamá por darme esta carrera para mi futuro. Todo lo que soy te lo debo a ti.

A mi padre Alberto Cornejo por estar siempre a mi lado, por todos sus consejos y por enseñarme la importancia del estudio en la vida. Gracias papá por inspirarme a ser un buen profesional.

A mi amigo Javier Vizcarra, por brindarme todo su apoyo para realizar este trabajo de tesis. Gracias hermano por ayudarme a cumplir esta meta.

AGRADECIMIENTOS

A mi asesor Dr. Fernando Fernández Fernández, gracias por su compromiso y apoyo, por esas largas horas que dedicó para la realización del presente trabajo. Gracias por su tiempo, paciencia y ayudarme a cumplir esta meta.

A mis jurados de tesis:

Mg. Adolfo Hernández Tori

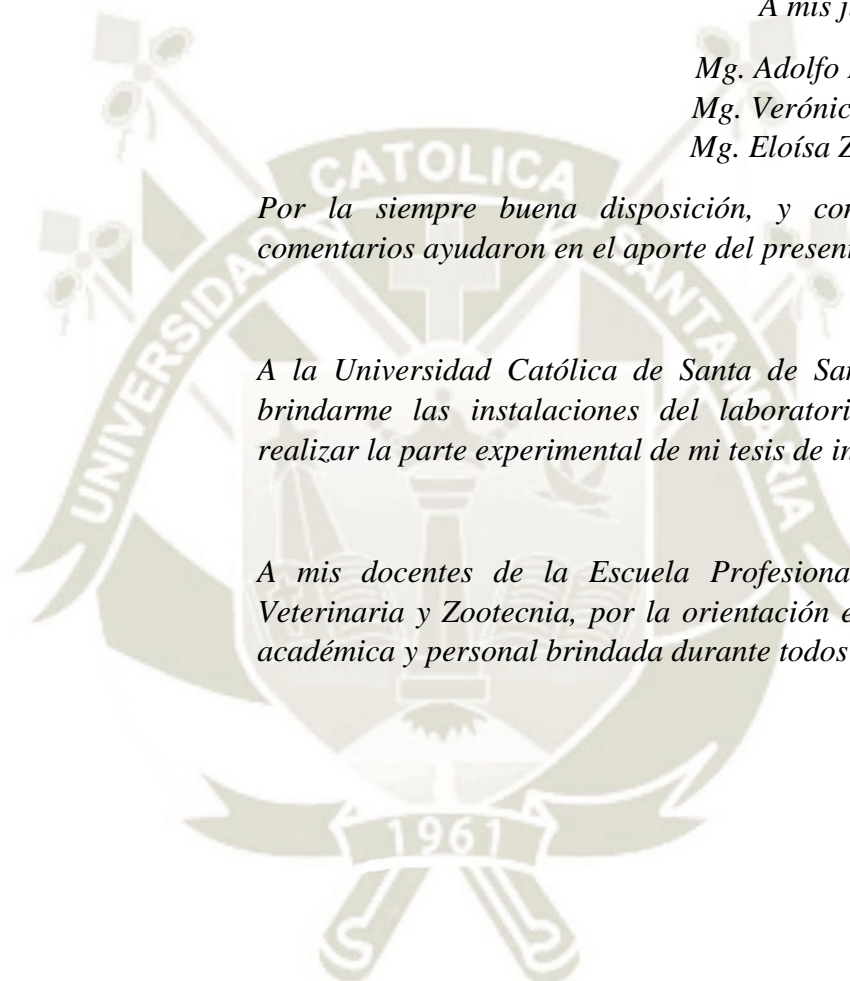
Mg. Verónica Valdez Núñez

Mg. Eloísa Zúñiga Valencia

Por la siempre buena disposición, y con sus valiosos comentarios ayudaron en el aporte del presente trabajo.

A la Universidad Católica de Santa de Santa María, por brindarme las instalaciones del laboratorio, para poder realizar la parte experimental de mi tesis de investigación.

A mis docentes de la Escuela Profesional de Medicina Veterinaria y Zootecnia, por la orientación en la formación académica y personal brindada durante todos estos años.



RESUMEN

El presente trabajo de investigación se realizó con la finalidad de determinar los parámetros de contaminación y conocer las características microbiológicas del agua del río Socabaya, ubicado en los distritos de Socabaya y Jacobo Hunter, provincia y departamento de Arequipa. Se determinó en forma cuantitativa la presencia de tres bacterias, *Escherichia coli*, Coliformes totales y Mesófilos aerobios totales. Para ello se realizaron 8 análisis de muestras de agua. Estas muestras de agua se tomaron en 8 puntos equivalentes en toda la trayectoria del río, cuatro muestras hacia el este y cuatro muestras hacia el oeste, teniendo como referencia central el Fundo La Banda - Huasacache de la Universidad Católica de Santa María. Las muestras de agua se recolectaron en 8 frascos estériles de pyrex de 1000 ml, que luego fueron rotulados y almacenados en una caja térmica con gel refrigerante para su apropiada conservación. Para la parte experimental de laboratorio se utilizó agar Chromocult coliforme ES para la determinación de *Escherichia coli* y Coliformes totales. Y para la determinación de Mesófilos aerobios totales se utilizó el Agar Nutritivo. Las placas fueron cultivadas a 37 °C por 24 horas. Se logró identificar la presencia de *Escherichia coli*, de los 8 puntos de muestreo analizados, 7 resultaron positivos y 1 ausente a *Escherichia coli*, siendo mayor el recuento observado en el octavo punto de muestra con 600 UFC/100 ml y siendo menor el recuento en el séptimo punto de muestra con 0 UFC/100 ml. Para el caso de Coliformes totales se encontró todas las muestras positivas en los 8 puntos muestreados, siendo mayor el recuento en el primer punto de muestra, con 18400 UFC/100 ml, y siendo menor el recuento en el séptimo punto de muestra con 2000 UFC/100 ml. Para el caso de Mesófilos aerobios totales se identificó su presencia en todos los 8 puntos de muestreo, siendo mayor el recuento en el primer punto de muestra, con 76100 UFC/100 ml, y siendo menor el recuento en el séptimo punto de muestra con 22100 UFC/100 ml. Teniendo como promedio general para *Escherichia coli* de 313 UFC/100 ml, para Coliformes totales de 7938 UFC/100 ml, y para Mesófilos aerobios totales de 564750 UFC/100 ml. Tras el análisis cuantitativo, estadístico de varianza (ANOVA) y Tukey, se determinó que los promedios de Unidades Formadoras de Colonia de las 8 muestras de agua superan los límites máximos permisibles de parámetros microbiológicos y parasitológicos, a lo que se refiere que para *Escherichia coli* el límite máximo permisible es de 0 y con una unidad de medida de UFC/100 ml, para Coliformes totales el límite máximo permisible es de 0 y con una unidad de medida de UFC/100 ml, para Mesófilos aerobios totales el límite máximo permisible es de 500 y con una unidad de medida de UFC/100 ml. Comparando estos resultados con el Reglamento de la Calidad del Agua D.S N° 031-2010-S.A. esta se encuentra sobre el límite permisible para consumo humano, animal y de regadío.

Palabras clave: Calidad del agua, Coliformes totales, Mesófilos aerobios Totales, *Escherichia coli*.

SUMMARY

This research work was carried out with the purpose of determining the pollution parameters and knowing the microbiological characteristics of the Socabaya river water, located in the districts Socabaya and Jacobo Hunter, province and department of Arequipa. The presence of three bacteria, *Escherichia coli*, Total coliforms and Total aerobic mesophiles, was determined quantitatively. For this, 8 water sample analyzes were performed. These water samples were taken at 8 equivalent points along the river's trajectory, four samples to the east and four samples to the west, having as a central reference the Fundo La Banda - Huasacache of the Catholic University of Santa Maria. The Water samples were collected in 8 sterile bottles of 1000 ml pyrex, which were then stored in a thermal box with cooling gel for proper conservation. For the experimental part of the laboratory, Chromocult coliform ES agar was used for the determination of *Escherichia coli* and Total Coliforms. And for the determination of Total Aerobic Mesophiles, the Nutritive Agar was used. The plates were grown at 37 °C for 24 hours. It was possible to identify the presence of *Escherichia coli*, of the 8 sampling points analyzed, 7 were positive and 1 absent for *Escherichia coli*, being higher the count observed in the eighth sample point with 600 CFU/100 ml and being less the count observed in the seventh sample point with 0 CFU/100 ml. For the case of total Coliforms, were found all positive samples in the 8 sampled points, being higher the count observed in the first sample point, with 18,400 CFU/100 ml, and being less the count observed at the seventh sample point with 2,000 CFU/100 ml. For the case of total aerobic mesophiles, its presence was identified in all 8 sampling points, being higher the count observed in the first sample point, with 76100 CFU/100 ml, and being less the count observed at the seventh sample point with 22100 CFU/100 ml. Having as a general average for *Escherichia coli* of 313 CFU/100 ml, for total coliforms of 7938 CFU/100 ml, and for total aerobic mesophiles of 564750 CFU/100 ml. After the quantitative, statistical analysis of variance (ANOVA) and Tukey, it was determined that the averages of the Formation Units of Cologne of the 8 water samples exceed the maximum permissible limits of microbiological and parasitological parameters, which refers for *Escherichia coli* the maximum permissible limit is 0 and with a unit of measurement of CFU/100 ml, for Total Coliforms the maximum permissible limit is 0 and with a unit of measurement of CFU/100 ml, for total aerobic mesophiles the maximum permissible limit is 500 and with a unit of measurement of CFU/100 ml. Comparing these results with the Water Quality Regulation D. S N° 031-2010-S.A. this it is found above the limit allowed for human and animal consumption and irrigation.

Keywords: Water quality, Total coliforms, Total aerobic mesophiles, *Escherichia coli*.

INDICE

DEDICATORIA.....	i
RESUMEN.....	iii
SUMMARY.....	iv
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Enunciado del problema.....	1
1.2. Descripción del problema.....	1
1.3. Justificación del trabajo.....	2
1.4. Objetivos.....	3
1.5. Planteamiento de hipótesis.....	3
2. MARCO TEÓRICO O CONCEPTUAL.....	4
2.1. Análisis Bibliográfico.....	4
2.1.1. Agua.....	4
2.1.2. Aguas superficiales.....	5
2.1.3. Río.....	5
2.1.4. Flora microbiana en el agua.....	6
2.1.5. Características microbiológicas del agua.....	7
2.1.6. Microorganismos indicadores de la calidad del agua.....	7
2.1.7. Características bióticas.....	9
2.1.8. Mecanismo de contaminación.....	9
2.1.9. Contaminación de las aguas de superficie.....	10
2.1.10. Parámetros de la calidad del agua e indicadores de contaminación.....	11
2.1.11. Criterios para la toma de muestras.....	15
2.1.12. Agentes Bacterianos.....	16
2.1.13. Bacterias indicadoras de contaminación.....	17
2.1.14. Determinación de la calidad del agua.....	30
2.1.15. Métodos de análisis microbiológicos para determinar contaminación en el agua.....	30
2.1.16. Estadísticas.....	35
2.2. Antecedentes de Investigación.....	35
2.2.1. Revisiones de tesis universitarias.....	35
2.2.2. Otros trabajos de investigación.....	42

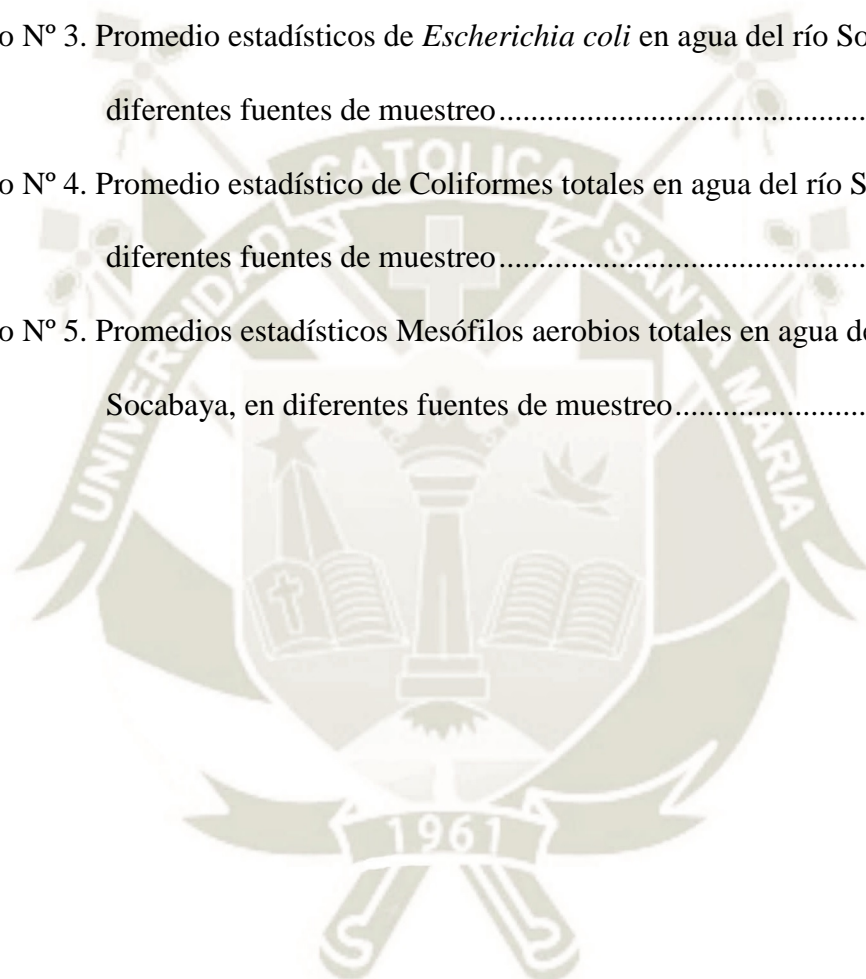
3. MATERIALES Y MÉTODOS	45
3.1 MATERIALES.....	45
3.1.1 Localización del trabajo.....	45
3.1.2 Materiales biológicos.....	45
3.1.3 Materiales de laboratorio	45
3.1.4 Materiales campo.....	46
3.1.5 Equipos	46
3.1.6 Otros materiales	46
3.2. MÉTODOS	47
3.2.1. Muestreo	47
3.2.2 Métodos de evaluación	51
3.2.3. Variables de respuesta.	55
3.3 EVALUACIÓN ESTADÍSTICAS	55
3.3.1. Diseño Experimental	55
3.3.2. Análisis estadístico.....	56
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	57
5. CONCLUSIONES.....	69
6. RECOMENDACIONES	71
7. BIBLIOGRAFÍA.....	72
8. ANEXOS.....	78
ANEXO N°1: UBICACIÓN DE LAS ZONAS DE ESTUDIO.....	78
ANEXO N° 2: TRAYECTORIA DEL RÍO SOCABAYA.....	79
ANEXO N° 3: LABORATORIO DEL FUNDO LA BANDA - HUASACAHE DE LA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA	80
ANEXO N° 4: FOTOGRAFÍAS DE RECOLECCIÓN DE MUESTRAS	81
ANEXO N° 7: ORDEN DE USO DE LABORATORIO.....	98

INDICE DE TABLAS

Tabla N° 1. Promedios de los recuentos UFC/100 ml de cada una de las muestras de agua en el río de Socabaya	57
Tabla N° 2. Promedios generales de UFC/100 ml de <i>Escherichia coli</i> , Coliformes totales y Mesófilos aerobios totales	59
Tabla N° 3. Promedio estadísticos de <i>Escherichia coli</i> en agua del río de Socabaya, en diferentes fuentes de muestreo	61
Tabla N° 4. Promedio estadísticos de Coliformes totales en agua del río de Socabaya, en diferentes fuentes de muestreo	63
Tabla N° 5. Promedios estadísticos de Mesófilos aerobios totales en agua del río Socabaya, en diferentes fuentes de muestreo	65
Tabla N° 6. Promedios estadísticos de <i>Escherichia coli</i> en agua del río Socabaya, en diferentes fuentes de muestreo	67
Tabla N° 7. Comparaciones Múltiples Por Grupo	68

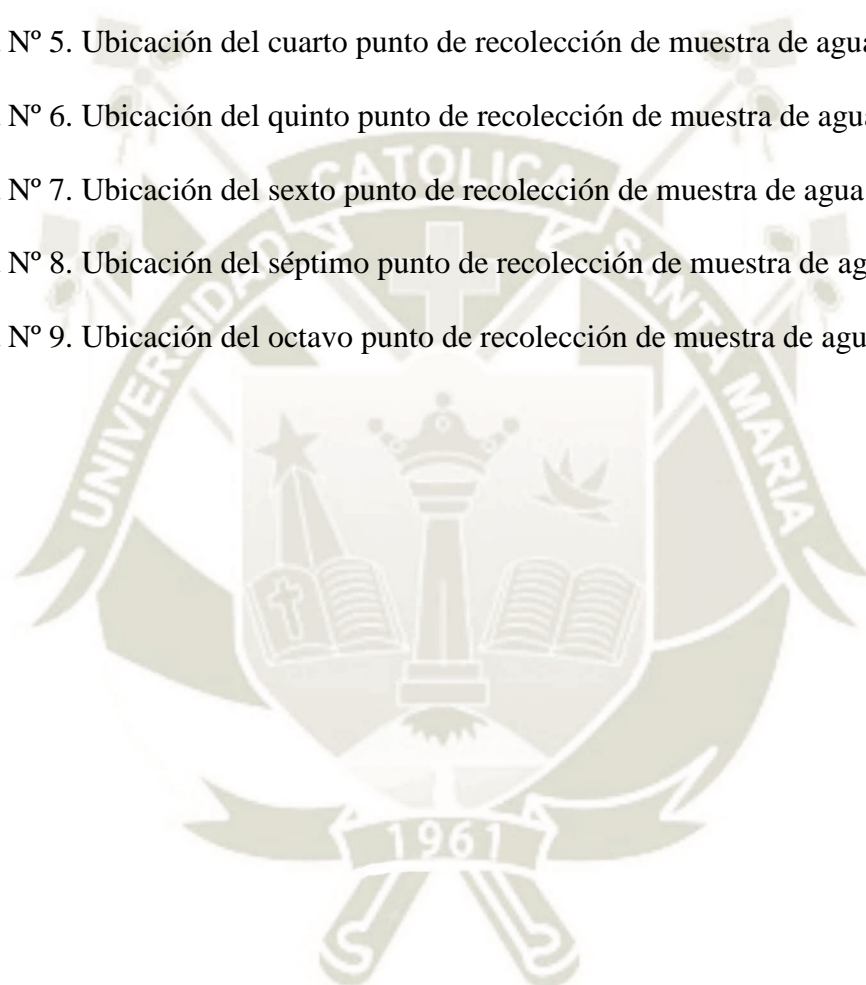
INDICE DE GRÁFICOS

Gráfico N° 1. Promedios de los recuentos UFC/100 ml de cada una de las muestras de agua del río Socabaya	58
Gráfico N° 2. Promedios generales de UFC/100 ml de <i>Escherichia coli</i> , Coliformes totales y Mesófilos aerobios totales	59
Gráfico N° 3. Promedio estadísticos de <i>Escherichia coli</i> en agua del río Socabaya, en diferentes fuentes de muestreo	61
Gráfico N° 4. Promedio estadístico de Coliformes totales en agua del río Socabaya, en diferentes fuentes de muestreo	63
Gráfico N° 5. Promedios estadísticos Mesófilos aerobios totales en agua del río Socabaya, en diferentes fuentes de muestreo	65



INDICE DE FIGURAS

Figura N° 1. Coliformes totales <i>Escherichia coli</i> (10).	34
Figura N° 2. Ubicación del primer punto de recolección de muestra de agua.....	48
Figura N° 3. Ubicación del segundo punto de recolección de muestra de agua.....	48
Figura N° 4. Ubicación del tercer punto de recolección de muestra de agua.....	48
Figura N° 5. Ubicación del cuarto punto de recolección de muestra de agua	49
Figura N° 6. Ubicación del quinto punto de recolección de muestra de agua.....	49
Figura N° 7. Ubicación del sexto punto de recolección de muestra de agua.....	49
Figura N° 8. Ubicación del séptimo punto de recolección de muestra de agua.....	50
Figura N° 9. Ubicación del octavo punto de recolección de muestra de agua.....	50



1. INTRODUCCIÓN

1.1. Enunciado del problema

Calidad microbiológica del agua del río Socabaya mediante el recuento de *Escherichia coli*, Coliformes totales y Mesófilos aerobios totales, en los distritos de Socabaya y Jacobo Hunter, Arequipa, 2019

1.2. Descripción del problema

Las personas y de los animales se encuentran constantemente bajo la influencia de riesgos y circunstancias de microorganismos que pueden poner en peligro el estado de salud y bienestar general de estos mismos.

Los análisis microbiológicos del agua brindan un método para individualizar y señalar con precisión posibles problemas y fuentes de contaminación. También son importantes en la prevención y control de condiciones potencialmente peligrosas, incluyendo las epidemias de enfermedades transmitidas por el agua.

Malaria, diarrea, encefalitis, infecciones intestinales, dolencias cutáneas, son algunas de las consecuencias en el organismo humano por la utilización puntual o frecuente de agua sucia.

Una principal bacteria que es indicador por contaminación fecal en agua es la presencia de *Escherichia coli*, este microorganismo es habitante normal del tracto digestivo de personas y de animales de sangre caliente.

La sobrevivencia de Coliformes totales en agua es mayor que cualquier otra bacteria, es decir que resisten por más tiempo en agua que otros patógenos.

Los Mesófilos aerobios totales reflejan la exposición de contaminación general, la existencia de condiciones desfavorables y la presencia de materia orgánica en el agua.

1.3. Justificación del trabajo

1.3.1. Aspecto general

En la actualidad, la *Escherichia coli*, los Coliformes totales y Mesófilos aerobios totales son bacterias que ocasionan limitaciones en la salud causando numerosas enfermedades, tales como el cólera, la amebiasis, la hepatitis, la fiebre tifoidea y paratifoidea, entre otras.

Es importante señalar que estas bacterias se pueden confundir con otras enfermedades virales y parasitarias, por lo que es muy importante su identificación.

1.3.2. Aspecto tecnológico

Este proyecto brindará la conformación sobre la cantidad de *Escherichia coli*, Coliformes totales y Mesófilos aerobios totales del río de Socabaya, así se determinará si las personas y los animales que ya hacen uso de esta agua para sus necesidades están siendo afectados por estas bacterias.

Utilizando medios de identificación modernos e innovadores que pueden ser utilizadas para alumnos, tesisistas o profesores.

1.3.3. Aspecto social

Se sabe que las bacterias que se encuentran con mayor frecuencia en el agua son las bacterias entéricas que colonizan el tracto gastrointestinal del hombre y de los animales originando un problema para la salud de estos, como diarrea, disentería, cólera, tifus, fiebre tifoidea. Y con esta investigación se pretende obtener resultados los cuales se traducirán en acciones que podrá prevenir peligros de enfermedades y disminuir sus riesgos.

1.3.4. Aspecto económico

La contaminación microbiológica del agua afecta de forma general a muchas viviendas que no teniendo acceso al agua potable se ven en la obligación de utilizar agua de los ríos, y la utilizan para sus diferentes usos, y por otro lado muchos animales que están cerca de las cuencas beben esta agua, causando

trastornos digestivos que implica costos elevados haciendo tratamientos frente a cualquier enfermedad.

1.3.5. Importancia del trabajo

El presente trabajo se consideró que tiene una mayor importancia, porque a través de este estudio se puede evaluar y cuantificar la presencia de *Escherichia coli*, Coliformes totales y Mesófilos aerobios totales, que son bacterias que ocasionan trastornos en la salud pública.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

Cuantificar la carga bacteriana en diferentes fuentes del río Socabaya, teniendo como punto central las instalaciones del Fundo La Banda - Huasacache de la Universidad Católica de Santa María.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Cuantificar la *Escherichia coli* en agua del río de Socabaya, en diferentes fuentes de muestreo
- Cuantificar los Coliformes totales en agua del río de Socabaya, en diferentes fuentes de muestreo.
- Cuantificar los Mesófilos aerobios totales en agua del río de Socabaya, en diferentes fuentes de muestreo.

1.5. Planteamiento de hipótesis

Dado que el agua del río Socabaya se encuentra expuesto a factores de desechos medio ambientales es posible que al realizar el análisis para determinar la presencia de *Escherichia coli*, Coliformes totales y Mesófilos aerobios totales estos se encuentren presentes.

2. MARCO TEÓRICO O CONCEPTUAL

2.1. Análisis Bibliográfico

2.1.1. Agua

El agua, además de ser una sustancia imprescindible para la vida, por sus múltiples propiedades, es ampliamente utilizada en actividades diarias tales como la agricultura (70% al 80%), la industria (20%), el uso doméstico (6%), entre otras, convirtiéndose en uno de los recursos más apreciados en el planeta. De ahí la importancia de conservar y mantener la calidad de las fuentes naturales, de manera que se garantice su sostenibilidad y aprovechamiento para las futuras generaciones (1).

Se considera que el agua es un solvente universal, debido a que es capaz de disolver o dispersar la mayoría de sustancias con las que tiene contacto, sean estas sólidas, líquidas o gaseosas, y de formar con ellas iones, complejos solubles e insolubles, coloides o simplemente partículas dispersas de diferente tamaño y peso.

La calidad del agua esta fundamentalmente determinada por el uso que se le dé, de acuerdo con las diferentes necesidades que se deben satisfacer, varían sustancialmente las características permisibles o deseables, así por ejemplo, el agua para consumo humano y para animales, no debe contener concentraciones de elementos o compuestos que puedan afectar la salud, además debe tener un buen aspecto. Entre los principales usos del agua tenemos el uso doméstico, irrigación, crianza de ganado y aves de corral (2).

Así mismo, las enfermedades que se propagan por el agua contaminada emanada por residuos fecales son agentes patógenos biológicos, antes que químicos, y los males que provocan casi siempre son contagiosos. Generalmente estos agentes patógenos son microorganismos que se transmiten en las heces excretadas por humanos infectados o por animales, básicamente domésticos (3).

2.1.2. Aguas superficiales

Se llaman aguas superficiales a aquellas que discurren sobre la tierra, las cuales al caer forman las llamadas aguas de escorrentía que pueden infiltrarse o contribuir a la formación de ríos y lagos.

Las aguas superficiales de ríos y lagos son fuentes importantes de abastecimiento de aguas públicas en virtud de las altas tasas de extracción que soportan normalmente. Una desventaja de utilizar aguas superficiales es que están expuestas a la contaminación.

Dentro del territorio de la región Arequipa las aguas superficiales conforman una red hídrica dulce indispensable para el desarrollo de la agricultura de valles, la actividad pecuaria y las diversas actividades urbanas (4).

2.1.3. Río

Un río es una corriente natural de agua que fluye con continuidad y siempre por gravedad discurre de las partes altas hacia las bajas. Posee un caudal determinado y finalmente desemboca en el mar, en un lago o en otro río. Algunas veces terminan en zonas desérticas donde su agua se pierde por infiltración y evaporación (5).

El caudal, es posiblemente la variable más importante de los ríos, puesto que define su morfología, estructura, diversidad biológica y las tasas de sus procesos ecosistémicos. La diversidad y abundancia de formas de vida en ríos, reflejan millones de años de evolución y adaptación a estos ciclos naturales y a las fluctuaciones del caudal. Así todo río, debe ser tratado como toda unidad ecológica.

Los ríos tienen una importancia estratégica tanto para la biodiversidad del planeta como para la sociedad, su adecuada gestión exige analizar de forma detallada su estructura y funcionamiento.

2.1.3.1. Río de Socabaya

Corresponde a la cuenca de Tingo Grande, que está formado por los ríos Andamayo y Postrero. El río Andamayo toma el nombre de Chiguata, cuando atraviesa dicho poblado, para luego cambiar de

nombre en el pueblo de Socabaya hasta la confluencia con el río Postrero a la altura de Tingo Grande.

El río Socabaya es el principal recurso hídrico de los distritos de Socabaya y Jacobo Hunter, su régimen es irregular, torrencioso en épocas de lluvia, permaneciendo el resto del año con un caudal mínimo que riega las zonas agrícolas adyacentes. Las áreas llanas (agrícolas y urbanas) que circulan al sector presentan un nivel freático alta que conforman un sistema de aguas subterráneas (manto acuífero) que se extienden hasta la quebrada de Coscollo, que pese a su potencial ecológico no son aprovechados convenientemente.

El río Socabaya permite que los suelos de los distritos de Socabaya y Jacobo Hunter tengan una alta calidad agrologica.

Permite que el distrito de Socabaya tenga una extensa área de campiña. De las 9356.56 ha que hay en Arequipa (100%), el 910.42 (9.7%) ha corresponde a este mismo distrito.

En cuanto a su caudal, llega a un caudal mínimo que es de 0,42 m³/s, y llegando a un caudal máximo de 79.m³/s cálculo realizado por la distribución de Pearson.

El Plan Director de Arequipa Metropolitana, propone consolidar al río Socabaya como un eje principal de articulación físico-funcional de los componentes de la estructura de soporte natural del ecosistema, y destaca el valor patrimonial que posee la campiña (6).

2.1.4. Flora microbiana en el agua

El agua natural constituye un buen reservorio de microorganismos. No debe olvidarse que recibe y arrastra partículas cargadas de bacterias, de tal modo que en las cercanías de las grandes poblaciones incluso el agua de lluvia es portadora de un elevado número de microorganismo (7).

Las bacterias que se encuentran con mayor frecuencia en el agua son bacterias entéricas que colonizan el tracto gastrointestinal del hombre y animales, las cuales son eliminadas a través de materia de fecal (8).

2.1.5. Características microbiológicas del agua

La característica biológica y microbiológica del agua vienen regidas por la población de microorganismos acuáticos que alberga y que afectan de un modo importante a su calidad, ya que hay eliminación de aguas servidas al río.

Algunos de éstos microorganismos pueden dañar la salud humana y la salud de los animales, dando lugar a diferentes enfermedades, de una incidencia especialmente grave en los países en vías de desarrollo, e incluso también en los desarrollados (9).

Estos grupos de contaminantes incluyen bacterias, virus y protozoos que pueden causar fiebres tifoideas, cólera, hepatitis, etc. Se hace un seguimiento de las bacterias desde el origen del agua porque pueden ser peligrosas y porque su presencia es fácilmente detectada. Es suficiente realizar una prueba basada en la presencia de contaminación fecal. Para ello se utilizan las bacterias de origen fecal como indicador y su presencia indica que el agua está contaminada (10).

La mayor parte de los seres vivos originalmente se clasificaron en dos reinos, vegetal y animal. Sin embargo muchos microorganismos no encajaban en una u otra categoría hasta que en 1866 Haeckel propuso que se reconociera un tercer reino: el protista. Con base en esta clasificación, los microorganismos se agrupan en los protistas eucariotas y procariotas, y los virus (2).

2.1.6. Microorganismos indicadores de la calidad del agua

Los microorganismos indicadores de la calidad microbiológica del agua son habitantes normales del intestino y otros animales de sangre caliente, por eso su presencia en las muestras de agua nos indica contaminación con materia fecal y en consecuencia la posibilidad de transmisión de cualquier enfermedad de origen hídrico (4).

Los microorganismos más numerosos que pueden albergar las diferentes masas de agua existentes en nuestro planeta son: bacterias, cianofíceas, hongos, protozoos, algas y virus.

Muchas de las bacterias del agua provienen del contacto con el aire, el suelo, fuentes minerales, animales y hasta del mismo hombre (9).

Sabemos también que la contaminación fecal ha sido y sigue siendo, el principal riesgo sanitario en el agua, ya que supone la incorporación de microorganismos patógenos procedentes de enfermos y portadores, y la transmisión hídrica a la población susceptible. Por ello el control sanitario de riesgos microbiológicos es tan importante, y constituye una medida sanitaria básica para mantener un grado de salud adecuado en la población.

Para la investigación del agua se requiere la búsqueda y aplicación de indicadores biológicos de contaminación fecal, aceptándose de forma universal que deberían cumplir con los siguientes criterios:

- Ser un constituyente normal de la flora intestinal de individuos sanos.
- Está presente de forma exclusiva en las heces de animales homeotérmicos.
- Estar presente cuando los microorganismos patógenos intestinales lo están.
- Presentarse en número elevado, facilitando su aislamiento e identificación.
- Debe ser incapaz de reproducirse fuera del intestino de los animales homeotérmicos.
- Su tiempo de supervivencia debe ser igual o un poco superior al de las bacterias patógenas (su resistencia a los factores ambientales debe ser igual o superior al de los patógenos de origen fecal).
- Debe ser fácil de aislar y cuantificar.
- No debe ser patógeno.

No existe ningún microorganismo que cumpla con todos requisitos de un indicador ideal y apenas algunos satisfacen algunos de estos requisitos.

Entre los microorganismos indicadores, los de utilización más frecuente es el grupo de organismos Coliformes. Esto ha llevado a distinguir entre Coliformes totales (incluye a todos los Coliformes de cualquier origen) y Coliformes fecales (Coliformes de origen exclusivamente intestinal) (10).

2.1.7. Características bióticas

Las bacterias, virus y algunas algas como las azul verdosas, son la biomasa más importante que se encuentra en diferentes tipos de agua, cuando existe una contaminación biológica es debido principalmente a los desechos humanos, las bacterias son indicadores importantes de contaminación del agua, ya que estas habitan los diferentes cuerpos de agua. Estos agentes patógenos no sobreviven por mucho tiempo. Su análisis debe ser rutinario por el corto tiempo de vida, además por estar relativamente en un número reducido.

Parásitos, virus y bacterias principalmente se establecen en el agua, convirtiendo a este recurso en un caldo de cultivo para el desarrollo de diferentes clases de patógenos, los cuales pueden desarrollar enfermedades muy complejas, a esto sumado a la temperatura, debido al calentamiento global (11).

2.1.8. Mecanismo de contaminación

El crecimiento de la población a nivel mundial y el aumento del uso del agua para diferentes actividades, ha incrementado los niveles de contaminación. Esta contaminación está relacionada con los vertidos de origen doméstico e industrial a los cuerpos de agua.

Según la OMS (Organización Mundial de la Salud 2010) el agua está contaminada cuando su composición se haya alterado de modo que no reúna las condiciones necesarias para ser utilizada beneficiosamente para el hombre y animales (12).

La contaminación de los cursos de agua superficial constituye uno de los principales problemas ambientales. Cantidades ingentes de sustancias originadas en la actividad humana son vertidas a los ríos. Los niveles permisibles de nitrato, bacterias, plaguicidas y metales pesados en numerosos cursos de agua se presentan excedidos holgadamente. Todos ellos tienen enorme impacto en salud. Varias observaciones enmarcan este cuadro de situación. Existe una extendida percepción de que el agua es un recurso ilimitado, que los cursos pueden asimilar cuando reciben, o que la contaminación es un inevitable impuesto al desarrollo. Cabe también

señalar la paradoja de que el agua de consumo provenga en muchos casos de los mismos cuerpos de agua en los que se vierten las excretas.

2.1.9. Contaminación de las aguas de superficie

La calidad de los cuerpos de agua superficiales relacionados con centros urbanos, constituye un elemento básico de la salud ambiental. Resulta incuestionable el impacto del estado del agua sobre indicadores salud ambiental como la morbilidad de numerosas enfermedades infectocontagiosas (13).

La contaminación del agua es la incorporación de materias extrañas, como microorganismos, productos químicos, residuos industriales y aguas residuales. Estas materias deterioran la calidad del agua y la hacen inútil para los usos pretendidos. Los principales contaminantes del agua son los siguientes:

- Contaminación urbana

Está formada por las aguas residuales de los hogares y los establecimientos comerciales. Durante muchos años, el principal objetivo de la eliminación de residuos urbanos fue tan sólo reducir su contenido en materias que demandan oxígeno, sólidos en suspensión, compuestos inorgánicos disueltos (en especial compuestos de fósforo y nitrógeno) y bacterias patógenas. En los últimos años, por el contrario, se ha hecho más hincapié en mejorar los medios de eliminación de los residuos sólidos producidos por los procesos de depuración.

- La contaminación agrícola

La agricultura y la ganadería (vacuna y porcina), son la fuente de muchos contaminantes orgánicos e inorgánicos de las aguas superficiales. Estos contaminantes incluyen tanto sedimentos procedentes de la erosión de las tierras de cultivo como compuestos de fósforo y nitrógeno que, en parte, proceden de los residuos animales y los fertilizantes comerciales. Los residuos animales tienen un alto contenido en nitrógeno, fósforo y materia consumidora de oxígeno, y a menudo albergan organismos patógenos (14).

2.1.10. Parámetros de la calidad del agua e indicadores de contaminación

Actualmente se considera el agua como un recurso esencial que requiere la máxima atención de los estados por ser indispensables para la preservación de la vida y encontrarse expuesta al deterioro, en ocasiones irreversible, ocasionando por un uso irresponsable e intensivo del recurso.

La calidad del agua se mide de acuerdo con distintos parámetros mediante los cuales se cuantifica el grado de alteración de las cualidades naturales y se la clasifica para un uso determinado.

El tipo del agua se define en función de los valores de los parámetros físicos, químicos y biológicos (15).

Los indicadores microbiológicos de la calidad del agua son organismos que tienen un comportamiento similar a microorganismos patógenos cuya procedencia, concentración, hábitad y reacción a factores externos es la de la mayoría (16).

Este sistema se denominó Índice de Calidad del Agua (ica) ya es un sistema cualitativo que permite hacer comparaciones de niveles de contaminación en diferentes áreas. El ica se define como el grado de contaminación existente en el agua a la fecha de un muestreo, expresado como un porcentaje, así el agua altamente contaminada tendrá un ica cercano a 0% y de 100% para el agua en excelentes condiciones (17).

Se define indicador, índice y parámetro de la siguiente manera:

- **Indicador:** parámetro o valor derivado de parámetros que proporciona información sobre la descripción del estado de un fenómeno/ambiente/área, con un significado que se extiende más allá de un valor directamente relacionado con un parámetro.
- **Índice:** un conjunto de parámetros o indicadores agregados o ponderados.
- **Parámetros:** una propiedad que se mide o se observa (15).

2.1.10.1. Característica de los índices en general

- Poseen la capacidad de resumir y simplificar datos complejos.
- Pueden incluirse en modelos para la toma de decisiones.

- Son entendibles al público, medios y los usuarios.
- Representan una parte o un aspecto particular del problema.
- Deben ser interpretados con precaución, en forma crítica y ser actualizados periódicamente.

Un índice de calidad de agua, hace referencia a una expresión simple de una combinación de diferentes parámetros, los cuales sirven para determinar la calidad de un cuerpo de agua, siendo este una herramienta para dicha información (18).

La calidad de diferentes tipos de agua se ha valorado a partir de variables físicas, químicas y biológicas, evaluadas individualmente o en forma grupal.

Los parámetros físico-químicos dan una información extensa de la naturaleza de las especies químicas del agua y sus propiedades físicas, sin aportar información de su influencia en la vida acuática, los métodos biológicos aportan esta información pero no señalan nada acerca del contaminante o los contaminantes responsables, por lo que muchos investigadores recomiendan la utilización de ambos en la evaluación del recurso hídrico.

La ventaja de los métodos físico-químicos se basa en que sus análisis suelen ser más rápidos y pueden ser monitoreados con mayor frecuencia, en comparaciones con los métodos biológicos, basados en la observación y medición de ciertas comunidades de seres vivos en las aguas, además, la elección de las especies debe ser cuidadosa ya que de esta depende la evaluación de la calidad del recurso, que generalmente solo se realiza para un uso determinado, a diferencia de físico-químicas, que permiten una evaluación para diferentes tipos de usos (19).

- **Parámetros físicos**

No son índices absolutos de contaminación, sino indicadores relativos. Los cambios pueden ser tan apreciables que un solo parámetro llegue a dar una idea del grado de contaminación y de la extensión de la zona afectada. Los principales parámetros físicos son, turbidez, sólidos en

suspensión, transparencia, propiedades organolépticas (color, olor, sabor), temperatura, conductividad.

- **Parámetros químicos**

Son muy importantes para definir la calidad del agua, permiten identificar y cuantificar agentes causales de contaminación. Los parámetros químicos están relacionados con la capacidad del agua para disolver diversas sustancias entre la que podemos mencionar a los sólidos totales, fluoruros, metales, pH, dureza, alcalinidad, coloides, bicarbonato y carbonatos.

- **Parámetros Biológicos**

Se basan en la organización de organismos vivos como indicadores de la calidad del agua, representan la actividad biológica en el agua mediante el control de la presencia, abundancia, estructura, de organismos vivos y/o microorganismos patógenos analizados en agua. Estos son bacterias heterotróficas, virus, larvas de helmintos, quistes y oocistos de protozoarios patógenos, y organismos de vida libre, como algas, protozoarios, copépodos y nematodos en sus estadios evolutivos (20).

A partir de estos parámetros se establecerán los indicadores que le permitirán vigilar de manera permanente las variaciones de la calidad del agua, tanto en los aspectos sanitarios como ecológicos, permitiendo así tomar las acciones de control (21).

2.1.10.2. Indicadores físico químicos de la calidad del agua

- **Demanda bioquímica de oxígeno**

Es un parámetro que representa la materia orgánica biodegradable. Es la más usada para determinar la eficiencia de los tratamientos que se aplican a los líquidos residuales. Se da cuando ciertas sustancias presentes en las aguas residuales, al verterse a un curso de agua, captan el oxígeno existente debido a la presencia de sustancias químicas reductoras. Esta es una medida de la estimación de las materias oxidables presentes en el agua, cualquiera que sea su origen orgánico o mineral como el hierro, nitritos, amoníaco, sulfuro y cloruros.

- **Potencial de hidrogeno pH**

Es la concentración relativa de los iones hidrógeno en el agua, es la que indica si esta actuara como un ácido débil, o si se comportará como una solución alcalina. Es una medición valiosa para interpretar los rangos de solubilidad de los componentes químicos. Esta mide la acidez o la alcalinidad del agua. La actividad del ión hidrógeno puede afectar directa o indirectamente la actividad de otros constituyentes presentes en el agua, la medida del pH constituye un parámetro de importancia para la descripción de los sistemas biológicos y químicos de las aguas naturales.

- **Temperatura**

Los datos sobre la temperatura del agua son necesarios cuando se utiliza como refrigerantes o en procesos industriales, así como para el cálculo de la solubilidad del oxígeno y del equilibrio dióxido de carbono-bicarbonatocarbonato. Con la sola medición de la temperatura se puede identificar fuentes de agua como los pozos profundos. La temperatura del agua potable influye en su sabor. Además, es importante en relación con el uso del agua para baño y riego agrícola.

- **Cloro residual**

El cloro es un producto químico utilizado en la desinfección del agua. Su medida es importante y sirve para controlar la dosificación que se está aplicando y también para seguir su evolución durante el tratamiento (4).

**CUADRO. 1 LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE PARÁMETROS
MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICOS**

Parámetros	Unidad de medida	Límite máximo permisible
1. Bacterias Coliformes Totales	UFC/100 ml a 35°C	0 (*)
2. <i>E. Coli</i>	UFC/100 ml a 44,5 °C	0 (*)
3. Bacterias Coliformes Termotolerantes o Fecales	UFC/100 ml a 44,5 °C	0 (*)
4. Bacterias Heterotroficas	UFC/ml a 35 °C	500
5. Huevos y larvas de Helmintos, quistes y ooquistes de protozoarios patógenos	N° org/L	0
6. Virus	UFC/ml	0
7. Organismos de vida libre, como algas protozoarios, copépodos, rotíferos, nematodos en todos sus estadios evolutivos	N° org/L	0

UFC = Unidad formadora.

(*) En caso de analizar por la NMP por tubos múltiples = <1,8/100 ml

Fuente: Dirección General de Salud Ambiental del Ministerio de Salud. 2011

2.1.11. Criterios para la toma de muestras

- **Identificación**

El punto de muestreo, debe ser identificado y reconocido claramente, de manera que permita su ubicación exacta en muestreos futuros (21).

- **Accesibilidad**

El punto de muestreo debe estar en un lugar fácilmente accesible con vías de acceso vehicular y peatonal que sean necesarias, de tal manera que permitan un rápido y seguro acceso al lugar establecido para la toma de muestras.

- **Seguridad**

El punto de muestreo, sus alrededores y las condiciones meteorológicas deben garantizar la seguridad de las personas responsables del muestreo, minimizando los riesgos de accidentes y de lesiones personales, es por esto que es recomendable tomar siempre todas las precauciones y utilizar los equipos de seguridad y de protección personal necesarios. En los ríos se debe prestar atención a posibles crecientes, deslizamientos o arrastre de objetos solidos grandes hacia la corriente (22).

- **Representatividad**

El punto de recolección de las muestras debe de ser lo más representativo posible de características totales del cuerpo de agua, esto significa que el cuerpo de agua debe ser mezclado totalmente en el lugar de muestreo, relacionado específicamente de la turbulencia, velocidad y apariencia física del mismo, adquiriendo que la muestra sea lo más homogénea posible.

Se debe elegir un punto en donde el río este lo más regular, accesible y uniforme en profundidad. Es importante considerar la referencia para la ubicación de un punto de monitoreo pudiendo ser un puente, roca grande, árbol, kilometraje vial y localidad.

Debe ubicarse los puntos de muestreo, aguas arriba y aguas abajo en el cuerpo de agua receptor. Estos puntos permitirán determinar si la descarga de efluentes líquidos de las actividades productivas constituye a la contaminación de los cuerpos receptores y en qué nivel están afectando los contaminantes, el punto de muestreo aguas arriba estará ubicado lo suficiente distante para asegurarse que no exista influencia de la descarga de un líquido efluente, que pudiera influir en las características de la calidad del agua (21).

2.1.12. Agentes Bacterianos

Las bacterias son microorganismos unicelulares que presentan un tamaño de algunos micrómetros de largo (entre 0,5 y 6 μm), pero existe bacterias de mayor tamaño, que pueden llegar a medir hasta 40 o 50 μm , como los filamentos o espirilos.

Suelen ser de diversas formas incluyendo esferas, barras y hélices. Las bacterias son procariontas, y por lo tanto a diferencia de las células eucariotas de los animales y plantas, no tienen núcleo ni orgánulos internos.

Son los microorganismo más abundantes de la tierra se estima que un gramo de la tierra hay 40 millones de células bacterianas, y en un mililitro

de agua hay un millón de bacterias. Sin duda hablamos de los seres vivos más abundantes de la tierra y los más arcaicos también.

Filogenéticamente las bacterias se clasifican en tres dominios: Archea, Bacteria y Eukarya. Los dominios Archea y Bacteria incluyen los organismos procariotas, estos son aquellos cuyas células no tienen un núcleo celular diferenciado, mientras que el dominio Eukarya se incluyen formas de vida más conocidas y complejas (protista, animales, hongos y plantas) (11).

Estos microorganismos en general son encontrados comúnmente en el agua, suelo y aire. La cantidad de ellos, presentes en cualquiera de estos medios, depende de una serie de factores como humedad, temperatura y nutrientes.

El peligro más común y difundido, relativo al agua, es su contaminación microbiana, tanto por excretas del hombre y de los animales. Si dicha contaminación es reciente y se hallan microorganismos patógenos, es posible que dichos microorganismos se encuentren vivos y con capacidad de producir enfermedad (23).

El crecimiento de los microorganismos presentes en sustrato que se encuentren en condiciones que lo propicien, se traducirá primero en el aumento de los componentes celulares, y en seguida por el aumento del tamaño y el incremento del número de células. Los estudios relacionados con el análisis de muestras de agua requieren de una enumeración cuantitativa de los microorganismos presentes en estos compuestos, ya que la calidad microbiológica de estos productos está en relación directa con la calidad sanitaria (24).

2.1.13. Bacterias indicadoras de contaminación

Un buen indicador debe ser específico de contaminación, debe hallarse en forma constante y estar asociado a las aguas residuales; tradicionalmente el grupo de bacterias Coliformes ha sido siempre el principal indicador de calidad en distintos tipos de agua, incluyendo los géneros *Escherichia*, *Enterobacter*, *Klebsiella*.

También se usa como indicador de control de calidad de agua la presencia de *Escherichia coli*, que evidentemente representa un riesgo para la salud por estar asociado a la contaminación fecal, sin embargo, varios géneros de *Escherichia coli* también pueden provenir de aguas orgánicamente enriquecidas (25).

La calidad microbiológica y sanitaria de las aguas se ha medido durante casi un siglo por análisis de microorganismos indicadores. Los grupos de microorganismos más ampliamente utilizados son:

2.1.13.1 *Escherichia coli*

La *Escherichia coli*, comúnmente llamada *E. coli*, esta bacteria se encuentra comúnmente en el sistema digestivo del hombre y de los animales, por lo tanto se elimina por las heces al exterior (26).

Fue descrita por primera vez por Theodor Escherich en 1885, quien determinó que existía esta bacteria bajo la forma de huéspedes habitual de las personas y los animales. En 1919 se le dio la denominación, por Castelli y Chalmers, y se convirtió de manera rápida en el género típico de las *Enterobacteriaceas*.

Escherichia coli es una bacteria que se encuentra involucrada en la mayoría de las enfermedades infecciosas que afectan al ser humano, actualmente es la bacteria que se muestra recurrente en los diversos casos infecciosos que aquejan a la población, además de ser la bacteria con el mayor índice de recuperación en las muestras clínicas (27).

Esta bacteria son las más estudiadas y se ha mostrado que existen diferentes cepas que son patógenos gastrointestinales graves tanto para las personas como para los animales. Son de rápido crecimiento y amplia distribución en suelo, vegetales y agua. Se distingue por su capacidad de provocar enfermedades mediante la producción de toxinas, adhesión e invasión de células huéspedes, la interferencia con el metabolismo celular y destrucción tejidos (28).

2.1.13.1.1. Características de *Escherichia coli*

La *Escherichia coli* es una bacteria móvil habitualmente dotada de flagelos peritricos, y a menudo también de fimbrias. Es Gram negativa, anaerobia facultativa (29).

La colonización del trato intestinal de los mamíferos por *Escherichia coli* a partir de fuentes ambientales ocurre poco después del nacimiento. Estas bacterias forman parte de la microbiota del intestino a lo largo de la vida.

Las cepas causan enterocolitis, y la infección se produce por el contacto directo con animales infectados de forma clínica o subclínica o por ingestión de comida o agua contaminada. Las cepas patógenas expresan factores de virulencia que les permiten colonizar las mucosas y luego causar enfermedades.

Los factores predisponentes que permiten la colonización y vuelven a los animales susceptibles al desarrollo de la enfermedad clínica incluyen entre otros la edad, el estado de inmunocompetencia, el tipo de dieta u la intensidad del desafío con cepas patógenas (30).

Su temperatura óptima de crecimiento de este bacilo es de 37 °C, pero posee propiedades de desarrollo en una gama bastante amplia de temperaturas, el pH favorable es 7, algunas cepas producen hemolisina (31).

La presencia de *Escherichia coli* en tales sitios resulta de la excreción de desechos de los animales y de las personas, por ello es que este microorganismo es considerado como un indicador de la contaminación fecal en el ambiente (32).

2.1.13.1.2. Estructura

La bacteria de *Escherichia coli*, tiene una pared celular rígida y porosa para brindar protección, está compuesta por polisacáridos en el exterior, y el interior por pequeños péptidos. Su membrana celular está compuesta por lípidos, proteínas y los flagelos de composición proteica.

La capsula generalmente es de naturaleza polisacáridos. Las estructuras capsulares les permiten a los microorganismos evitar la fagocitosis por impedir la interacción entre la superficie celular bacteriana y las células fagocíticas. Existen cepas que fabrican unas pequeñas microcápsulas y otras muy pocas elaboran macrocapsulas.

Los flagelos son filamentos proteicos, helicoides, delgados y rígidos, de longitud y diámetro uniforme, responsables de la movilidad de la bacteria. El filamento del flagelo bacteriano está compuesto de subunidades de una proteína denominada flagelina.

Las bacterias de *Escherichia coli* pueden producir aerobactina, enterotoxinas y toxinas asociadas. La aerobactina permite la capacitación de hierro para el transporte de oxígeno y electrones, síntesis de ADN y metabolismos de peróxidos.

Las endotoxinas (termolábil y termoestable) afectan exclusivamente la actividad de los enterocitos, las verotoxinas también pueden lesionar los enterocitos, cuando la verotoxina es absorbida y pasa al torrente circulatorio, dan lugar a lesiones del tejido endotelial en determinadas ubicaciones anatómicas y los factores citotóxicos necrotizantes pueden impedir la división celular.

La clasificación de las cepas puede basarse en la diferencia de tres antígenos estructurales: antígeno O, antígeno H y antígeno K, los antígenos O (somática) se encuentran en la porción del polisacárido LPS que se encuentran en la pared celular. Estos antígenos son estables al calor, pueden ser compartidos entre diferentes géneros en *Enterobacteriaceae* y se utilizan comúnmente para describir serológicamente muchos bacilos gramnegativos entéricos (33).

2.1.13.1.3. Clasificación de *Escherichia coli* es la siguiente:

Reino: Bacteria
Phylum: Proteobacteria
Clase: Gammaproteobacteria
Orden: Enterobacteriales
Familia: Enterobacteriaceae
Género: *Escherichia*
Especie: *Escherichia coli* (28)

2.1.13.1.4. Infecciones clínicas

Las infecciones clínicas en animales jóvenes pueden limitarse al intestino (colibacilosis entérica, diarrea neonatal) o pueden derivar en septicemia (colisepticemia, colibacilosis sistémica).

En personas y animales adultos pueden aparecer infecciones en las vías urinarias. Más del 85% de todas las infecciones de las vías urinarias adquiridas son causadas por este microorganismo. La enfermedad puede variar de cistitis a pielonefritis.

Las cepas patógenas de *Escherichia coli* se dividen en 5 grupos, de acuerdo con los síntomas clínicos que producen y con sus mecanismos patogénicos, en los siguientes grupos:

2.1.13.1.5. *Escherichia coli* enteropatógeno (EPEC)

Afecta la mucosa intestinal, coloniza las microvellosidades de todo el intestino produciendo lesión. Produce vómitos, fiebre y una diarrea acuosa, con mucus pero sin sangre. Si no se controla conduce a deshidratación y finalmente la muerte (34).

Se presenta con frecuencia en países en vías de desarrollo, se empieza a estudiar a partir de un brote localizado en Inglaterra a mediados de los 40. Los menores de 2 años son los más susceptibles a esta infección con una elevada letalidad. Esto debido a que se produce una alteración histopatológica a nivel intestinal conocida como lesión A/E (adherencia y eliminación) que induce una

degeneración de las microvellosidades y altera la morfología normal de la región apical del enterocito (27).

Las epidemias causadas por este microorganismo se deben al consumo de agua contaminada y productos cárnicos. La diarrea por EPEC se ha vinculado con múltiples serotipos específicos de *Escherichia coli* los cuales pueden ser identificados mediante la tipificación del antígeno O (somático) y en ocasiones del antígeno H (flagelar) (35).

2.1.10.1.6. *Escherichia coli* enteroinvasivo (EIEC)

Afectan la mucosa del colon, origina diarrea profusa con heces que contienen mucus y estrías sanguinolentas. Causa dolor abdominal tipo cólico y fiebre (34).

Su transmisión se produce por consumo de agua o alimentos contaminados. Aunque no se conocen brotes endémicos de este tipo de cepa, se sabe que hasta el 5% de los episodios asociados a infecciones producidas por *Escherichia coli* patógeno, además esta cepa se difunde entre las células intestinales, provocando una diarrea sanguinolenta similar a la disentería (27).

La patogenicidad de este microorganismo se debe a su capacidad para invadir y destruir el epitelio del colon debido a que es capaz de evadir la lisis en los fagosistomas (35).

2.1.13.1.7. *Escherichia coli* enterohemorrágica (EHEC)

Causa una diarrea de inicio brusco con dolor abdominal. Las evacuaciones son líquidas y se acompañan de una descarga hemorrágica (34).

Esta cepa de mayor importancia a nivel epidemiológico ya que es productora de la toxina Shiga (STEC), produce diversas enfermedades severas en el hombre como purpura trombocitopenia trombótica (PPT) y la colitis hemorrágica (CH), que se deriva a un

síndrome urémico hemolítico (SUH) la cual es causante de insuficiencia renal aguda.

Fue detectado como patógeno en 1982, siendo responsable de diversos brotes a nivel mundial, se sabe que su principal reservorio es el vacuno y el ovino, y se transmite mediante vía oral ya sea por consumo de alimento o vegetales contaminados, por el contacto directo del hombre con animales infectados o con otras personas infectadas.

Los factores de virulencia de la STEC son conocidas como Shigatoxinas, debido a que fueron neutralizadas con antitoxina obtenida a partir de *Shigella dysenteriae* tipo 1. Están compuestas por una estructura de tipo A1B5, la cual comprende una subunidad A catalítica de 32 kDa asociada no covalente con un pentámero de subunidad B que está implicado con la unión de la toxina a los receptores específicos de glucolípidos en la superficie de las células diana (27).

2.1.13.1.8. *Escherichia coli* enteroagregativa (EAEC)

Se adhiere a la mucosa intestinal y produce enterotoxinas y citotoxinas causando lesión en la mucosa, produce una diarrea secretora con moco y sangre, y es la causa de una Fiebre en bajo grado (34).

Esta cepa es la responsable de la diarrea persistente en lactantes. Scaletsky y Nataro encontraron cepas aisladas de pacientes con diarrea, las cuales por serología no correspondían al grupo EPEC, pero si presentaban un patrón de adherencia diferente. (27).

2.1.13.1.9. *Escherichia coli* enterotoxigenico (ETEC)

Responsable de la llamada vulgarmente “diarrea del viajero”, causa una diarrea acuosa, como agua de arroz y poca fiebre. Coloniza la porción proximal del intestino delgado (34).

Este microorganismo es capaz de producir dos tipos de toxina. Su toxicidad se produce por 2 enterotoxinas, una termolábil (LT) y otra termoestable (ST), además posee fimbrias, que actúan como factores de colonización o antígeno de adherencia (27).

La infección puede ser adquirida por el consumo de alimentos y de agua. La dosis infectiva para adultos es mucho mayor que en jóvenes (35).

CUADRO. 2 CARACTERÍSTICAS DE LOS PATOTIPOS DE *Escherichia coli* DIARROGÉNICA PARA EL HUMANO

Propiedades y síntomas causados por algunas cepas de <i>Escherichia coli</i> patógenas				
	ETEC	EPEC	EHEC	EIEC
Toxina	Lábil/estable	-	Shiga o vero	-
Invasiva	-	-	-	+
Intiminas	-	+	+	-
Enterohemolisina	-	-	+	-
Aspecto de las heces	Aguadas	Aguadas sanguinolentas	Aguadas muy sanguinolentas	Mucoides y sanguinolentas
Presencia de leucocitos en heces	-	-	-	+
Fiebre	baja	+	-	+
Intestino involucrado	Delgado	Delgado	Colon	Colon y parte baja del delgado
Dosis infectiva	Alta	Alta	baja	Alta
Serotipos	varios	O26, O111 y otros	O157:H7, O26, O111 y otros	Varios

Fuente: Camacho, A. Giles, M. Ortegón, A. Palao, M. Serrano, B. Velázquez, O. Departamento de Microbiología y Parasitología UNAM México. 2008.

2.1.13.1.10. Epidemiología de *Escherichia coli* patógeno en el Mundo y Perú

La distribución de *Escherichia coli* es mundial y es de muy peculiar interés en países que tienen climas tropicales. En países subdesarrollados, se ubica o se halla en lugares de hacinamiento y con malas condiciones de higiene. En países en vías de desarrollo

es uno de los principales patógenos, en donde se ha estimado que causa entre el 30 y 40% de los casos de diarrea infantil (28).

Según el informe realizado por la OMS en el 2015, se estima que los niños menores de 5 años son lo más perjudicados al representar un tercio de las muertes por enfermedades alimenticias, las cuales son ocasionadas por enfermedades diarreicas producidas por ingestión de alimentos contaminados por *Campylobacter*, *Salmonella* no tifoidea y *Escherichia coli* patógeno.

Como se mencionó las enfermedades diarreicas suelen presentarse con mayor prevalencia en países en vías de desarrollo, como es el caso de Perú, las causas más comunes se deben a rotavirus y *Escherichia coli* patógena. Este hecho agrava la malnutrición que aqueja a gran parte de la población infantil del Perú y del mundo, ya que las enfermedades diarreicas empeoran el estado nutricional, este hecho se agudiza debido a las malas condiciones sanitarias de la población.

Se conoce que la EHEC puede causar daños graves que pueden llegar incluso a la muerte si es que no son tratados a tiempo. El peligro de infección radica en el hecho que se produce la verotoxina. Esta cepa cobro importancia en la salud pública a partir de un brote producido en Estados Unidos en 1892. Posteriormente se produjo otro brote en el 2011 en Alemania conocido como brote del síndrome Urémico Hemolítico que causo la muerte de alrededor de 32 personas, miles de infectados y una millonaria perdida monetaria debido a que se relacionó con el consumo de productos agrícolas provenientes de España. A fines de julio del 2011 se dictaminó que la epidemia había cesado en Alemania.

En la infección causada por EHEC se presentan síntomas como calambres abdominales y diarreas, las cuales llegan a ser sanguinolentas y en casos de mayor gravedad se presenta el síndrome hemolítico urémico, que se caracteriza por presentar una insuficiencia renal aguda, anemia hemolítica y trombocitopenia.

Este cuadro puede llevar inclusive a ocasionar complicaciones a nivel neurológico.

El reservorio de este patógeno es principalmente mamíferos y aves, se trasmite al hombre por el consumo de agua y de alimentos contaminados, así como, por la contaminación cruzada durante la preparación de estos. Es por ello que se deben aplicar medidas de control sanitarias.

En la infección causada por EHEC se presenta síntomas como calambres abdominales y diarreas, las cuales llegan a ser sanguinolentas y en casos de mayor gravedad se presenta el síndrome hemolítico urémico (SHU) que se caracteriza por presentar una insuficiencia renal aguda, anemia hemolítica y trombocitopenia. Este cuadro puede llevar inclusive a ocasionar complicaciones a nivel neurológico (27).

2.1.13.2. Coliformes Totales

Son bacterias principalmente asociadas con los desechos humanos y animales. Los Coliformes totales proporcionan una medida de contaminación del agua proveniente de materia fecal.

Los Coliformes totales se reproducen en el ambiente, proporcionan información sobre el proceso de tratamiento y acerca de la calidad sanitaria del agua.

Los Coliformes totales se caracterizan por su capacidad de fermentar la lactosa a 35-37 °C en 24-48 horas y producir ácido y gas. Tienen la enzima cromogénica B galactosidasa, que actúa sobre el nutriente indicador ONPG. Este nutriente sirve como fuente de carbono y su efecto consiste en un cambio de color en el medio de cultivo (2).

Como se mencionó los Coliformes es constante, abundante y casi exclusivo de la materia fecal, sin embargo, las características de sobrevivencia y la capacidad para multiplicarse fuera del intestino también se observan en el agua, por lo que los Coliformes se utiliza

como indicador de contaminación fecal en agua; conforme mayor sea el número de Coliformes en agua, mayor será la probabilidad de estar frente a una contaminación reciente (13).

Los microorganismos que conforman el grupo de los Coliformes totales son:

- *Enterobacter*
- *Escherichia*
- *Citrobacter*
- *Klebsiella*.
- *Serratia*
- *Edwardsiella*

Los cuales viven como saprofitos independientes o como bacterias intestinales.

Este conjunto de bacterias pertenece a la familia *Enterobacereacea*.

Se ha demostrado que las especies *Enterobacter*, *Klebsiella*, *Citrobacter* crecen formando una biopelícula cuando las condiciones son favorables, es decir presencia de nutrientes, temperaturas cálidas y bajas concentraciones de desinfectantes (23)

Estas bacterias solo se transforman en patógenos cuando alcanzan tejidos fuera del tracto intestinal.

La presencia de bacterias Coliformes incluye microorganismos asociados con condiciones sanitarias higiénicas inadecuadas, ya que la presencia de estos agentes es inactivada de una posible contaminación fecal.

Por otro lado, los Coliformes son el grupo más ampliamente utilizado en la microbiología de agua y de alimentos como indicador de prácticas higiénicas inadecuadas.

En el laboratorio los Coliformes totales se cultivan en sobre un medio que contiene lactosa, a una temperatura de 35 a 37 °C, se identifican provisionalmente por la producción de ácido gas de la fermentación de la lactosa.

El grupo incluye Coliformes totales y termotolerantes y bacterias de origen fecal, así como algunas bacterias que pueden aislarse de fuentes ambientales (36).

La definición de Coliformes totales no está basada en criterios taxonómicos estrictos sino en reacciones bioquímicas específicas o en la apariencia de colonias características en medios selectivos o diferenciales

Los efectos que tiene a nivel microbiológico es que puede provocar síntomas como náuseas, vómitos, diarreas, constituyendo un problema de salud que demanda un control urgente en la implementación de medidas de protección a fin de evitar enfermedades (37).

2.1.13.2.1. Localización:

Es común encontrarlos en el tracto gastrointestinal del hombre y animales de sangre caliente, pero también se encuentra en grandes cantidades en el ambiente (agua, vegetación y suelos) (23).

2.1.13.2.2. Características

- Los Coliformes son bacterias Gram negativas.
- Tienen una forma de bastoncillos.
- Tienen una capacidad de crecimiento aeróbico y facultativamente anaeróbico.
- No forman esporas.
- A temperatura especificada de 35°C a 37°C causan fermentación de lactosa de 24 a 48 horas. (aunque algunos pueden ser fermentadores tardíos o no fermentadores, como *Citrobacter* y *Serratia*).
- Producen de gas y ácido láctico.
- Permanecen mucho más tiempo en el agua que otras bacterias patógenas.
- Pertenecen a la familia *Enterobacteriaceae* (38).

2.1.13.3. Mesófilos Aerobios Totales

Los Mesófilos tienen unas temperaturas mínimas de 25 – 40°C y máximas entre 40 y 47°C. Alcanzan su desarrollo óptimo entre 20 y 54°C. La mayor parte de estos microorganismos viven en ambientes templados y tropicales (39).

Según el comportamiento de esta bacteria frente a la temperatura se distingue de tres tipos; Mesófilos, termófilos y psicrófilos.

A este grupo pertenecen todas las bacterias, mohos y levadura capaces de desarrollarse en condiciones establecidas.

Termófilas: Se desarrollan entre 25 y 80 °C, óptima 50 y 60 °C.

Psicrófilas: Se desarrollan entre 5 y 30° C, óptima 10 y 20 °C.

Las especies Mesófilos se incluyen en casi todos los gérmenes patógenos o no patógenos ya sean cocos, bacilos, forma intermedias, esporulados o no esporulados, Gram positivos, Gram negativos, móviles o inmóviles, fermentadores o no fermentadores de los principales carbohidratos.

Estas bacterias son propias de las cavidades corporales del hombre y de los animales de sangre caliente, que están especialmente adaptados a esta temperatura (10).

El recuento de placas de bacterias Mesófilos aerobios totales sigue siendo uno de los indicadores más útiles del estado microbiológico del agua.

Los recuentos altos, a menudo indican materias primas contaminadas, que nos expresa que el agua está en condiciones inadecuadas (34).

De igual modo, permite detectar cambios anómalos en el número de microorganismos en el agua. Así, todo aumento repentino del número obtenido puede advertir de la existencia de un foco de contaminación y requerirá su inmediata investigación.

2.1.14. Determinación de la calidad del agua

El agua, como posible portador de microorganismos patógenos, puede poner en peligro la salud y la vida. Mucho antes que la microbiología se organizara como ciencia, se suponía ya que el agua podía ser un medio de transmisión de organismos patógenos, hecho que se comprobó en 1854 a través del brote de una epidemia de cólera que tuvo su origen en agua contaminada por un alcantarillado. A partir de entonces se han llenado a cabo extensos estudios bacteriológicos del agua, para determinar los focos de organismos de importancia para la salud pública y establecer procedimientos que permitan descubrirlos, identificarlos y destruirlos.

Los gérmenes patógenos se propagan con más frecuencia por la vía acuática son los que causan infecciones intestinales. Estos microorganismos se encuentran en las heces y en la orina de personas y animales infectados y cuando se eliminan pueden llegar a contaminar aguas potencialmente utilizadas como fuentes de abastecimientos. El agua puede ser completamente clara y no presentar ninguna cualidad apreciable al olfato ni al paladar y sin embargo estar contaminada. Por esta razón es necesario determinar la existencia de contaminación del agua, lo cual se logra empleando técnicas bacteriológicas sumamente sensibles y específicas (2).

2.1.15. Métodos de análisis microbiológicos para determinar contaminación en el agua

Los métodos de determinación de microorganismo indicadores de contaminación deben permitirnos tener resultados cuantitativos y cualitativos. Además es necesario elegir los métodos y medios de aislamiento más idóneos que proporcionen resultados uniformes. Por lo tanto, la elección de un método apropiado debe implicar una técnica más simple, rápida y reproducible.

Medios de cultivo

Los medios de cultivo son un sustrato o una solución de nutrientes que permite el desarrollo de microorganismos, en las condiciones de laboratorio para realizar un cultivo, se debe sembrar sobre el medio de cultivo elegido

en donde los microorganismos van a crecer y multiplicare y dar origen a colonias.

Los medios se pueden clasificar de la siguiente manera:

1. Según su estado físico: líquidos, semilíquidos y sólidos

2. Según su finalidad:

- **No selectivos:** son medios que contienen los nutrientes suficientes para soportar el crecimiento de gran variedad de microorganismos.
- **Selectivos:** son medios que permiten el crecimiento de solo un tipo de microorganismo.
- **Enriquecido:** son medios no selectivos a los que se le agregan sustancias como sangre, suero, albumina, etc.
- **Diferenciales:** son medios de cultivo que permiten establecer diferencias entre diferentes tipos de microorganismos (10).

La composición química del medio de cultivo debe proveer los requerimientos nutricionales básicos para el crecimiento de microorganismos, sin embargo un medio de cultivo debe de cumplir con características muy importantes. La selectividad y la productividad. Su productividad se refiere a la formulación básica del medio de tal forma que favorezca el crecimiento de microorganismos con las características macroscópicas y microscópicas esperadas.

Además de las características anteriormente mencionadas, existen otras pruebas de control de calidad que se realizan a los medios de cultivo, entre ellas podemos encontrar, propiedades bioquímicas (diferenciales y diagnosticas), propiedades físicas (pH, volumen) y la especificidad (cuando se trate de medios con características diferenciales) (40).

Los principales métodos conocidos utilizados para aislar microorganismos presentes en el agua, es el Chromocult coliforme ES, que es usada para *Escherichia coli* y Coliformes totales. Así también el Agar nutritivo que es usada para Mesófilos aerobios totales (10).

Medios Cromogénicos

Se fundamentan en el uso de un sustrato cromogénico específico de la enzima del microorganismo que se investiga. Esta enzima al actuar sobre estos sustratos genera en ellos un cambio en su estructura, que se evidencia por la formación de colonias coloreadas.

En base a esto se ha desarrollado diferentes tipos de medios cromogénicos:

- a) **Medios cromogénicos de orientación:** permiten la identificación de múltiples microorganismos en un medio.
- b) **Medios cromogénicos selectivos:** permiten la identificación de un determinado grupo de microorganismos, inhibiendo el crecimiento de otros (41).

2.1.15.1. Medio Chromocult coliforme ES

2.1.15.1.1. Uso

Es un agar selectivo para la detención y recuento de *Escherichia coli* y Coliformes totales en muestras de agua y alimentos.

Por la acción conjunta de peptonas selectivas, piruvato y tampón de fosfatos se garantiza un rápido crecimiento también de Coliformes con daños sublaterales (42).

2.1.15.1.2. Descripción

Contiene una combinación de dos sustratos cromogénicos de manera que se hace posible la detección simultánea de los dos tipos de bacterias coliformes.

La enzima característica de los Coliformes, β -D-Galactosidasa se fija al sustrato Salmon – GAL y provoca una coloración roja de las colonias para Coliformes.

La enzima característica de *Escherichia coli*, es β -D-Glucuronidasa que se fija en el sustrato X – Glucuronina y es la responsable de que las colonias positivas de *Escherichia coli* presenten un azul oscuro o violeta (43).

Las bacterias no Coliformes aparecen como colonias incoloras o con baja frecuencia (44).

2.1.15.1.3. Ventajas

- **Ahorro de tiempo:** Hasta 24 horas más rápido que otros métodos.
- **Resultados claros:** Se obtiene un recuento más fácil de *Escherichia coli* y bacterias de Coliformes totales. No es necesario ningún otro medio de cultivo para la confirmación de la presencia estas bacterias.
- **Es más fácil:** el método del Chromocult coliforme ES es más fácil realizar que otros medios.

2.1.15.4. Composición

• Peptona	3,0
• Cloruro sódico	5,0
• Dihidrogenofosfato sódico	2,2
• Hidrogenofosfato disodico	2,7
• Triptofano	1,0
• Piruvato sódico	1,0
• Tergitol	70,15
• Sorbita	1,0
• Agar-agar	10,0
• 6-cloro-3-indoxil-beta-D-galactopiranosido	0,2
• Isopropil-beta-D-tiogalactopiranosido	0,1
• 5-bromo-4-cloro-3-indoxil-beta-D-glucurónico acido	0,1 (45).

2.1.15.5. Preparación

Disolver 37.4 g en un litro de agua destilada en baño de agua hirviendo o corriente de vapor bajo agitación por balanceo regular hasta que el medio de cultivo se haya disuelto completamente. No tratar en autoclave, no sobrecalentar. Enfriar el medio de cultivo a 45 – 50 °C y verter en placas de Petri (10).

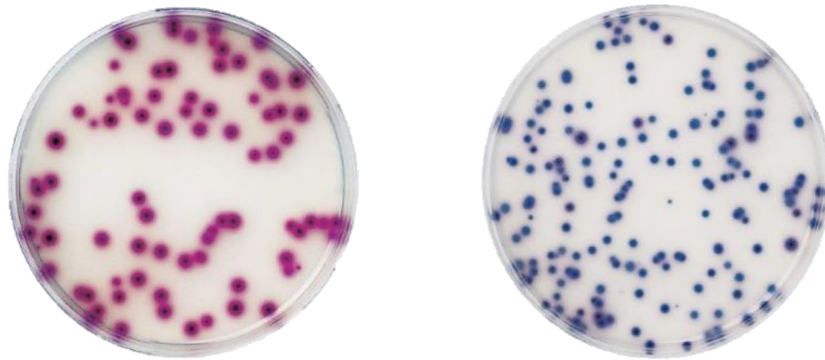


Figura N° 1. Coliformes totales

Escherichia coli (10).

2.1.15.2. Medio Agar Nutritivo

El Agar Nutritivo sigue siendo un medio ampliamente utilizado para propósitos generales, para el aislamiento y recuento de microorganismos con escasos requerimientos nutricionales (46).

Su uso está descrito para el análisis de alimentos, agua y otros materiales de importancia sanitaria.

Es muy útil porque permanece sólido incluso a relativas altas temperaturas. Además, el crecimiento bacteriano en este agar lo hace en la superficie, por lo que se distingue mejor las colonias pequeñas (47).

2.1.15.2.1. Fundamento

Medio de cultivo nutritivo no selectivo, en el cual la pluripectona y el extracto de carne constituyen la fuente de carbono, nitrógeno y aporta nutrientes para el desarrollo bacteriano. El agregado de cloruro de sodio mantiene el balance osmótico y el agar es el agente solidificante.

Puede ser suplementado con sangre ovina desfibrinada estéril para favorecer el crecimiento de microorganismos exigentes en sus requerimientos nutricionales y permite una clara visualización de las reacciones de hemólisis (48).

2.1.15.2.2. Composición

- Peptona 0.5 %
- Extracto de carne 0.3 %
- Agar 1.5 %
- NaCl 0.5%
- Agua purificada
- pH neutro: 6.8 (49).

2.1.15.2.3 Preparación

Disolver 31 g en 1000 ml de agua destilada calentando en un baño de agua hirviendo o en corriente de vapor y tratar en autoclave (15 minutos a 121 °C) verter en placas de Petri (10).

2.1.16. Estadísticas

2.1.16.1. Prueba de Tukey

La prueba de Tukey, es una prueba estadística utilizada general y conjuntamente con ANOVA, La prueba de Tukey se usa en experimentos que implican un número elevado de comparaciones.

Es de fácil cálculo puesto que se define un solo comparador, resultante del producto del error estándar de la medida por el valor tabular en la tabla de Tukey usando como numerador el número de tratamientos y como denominador los grados de libertad del error.

2.2. Antecedentes de Investigación

2.2.1. Revisiones de tesis universitarias

2.2.1.1. Autor: Melanny Alejandra Pinto Paredes.

Título: Calidad de agua superficial en el Río Chili – en los sectores de Sachaca, Jacobo Hunter, Tiabaya y Uchumayo para uso de riego de vegetales y bebida de animales en la provincia de Arequipa 2018.

Fuente: Repositorio de la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa.

Resumen: El presente trabajo de investigación se realizó mediante una metodología cualitativa y cuantitativa en el río Chili aledaño a los sectores de Uchumayo, Tiabaya, Jacobo Hunter y Sachaca, provincia de Arequipa, Región Arequipa. El trabajo de investigación se realizó en temporada húmeda en los meses de enero, febrero, marzo y en temporada seca para los meses de julio, agosto, septiembre. En los monitoreos de agua se tomaron las muestras de parámetros in situ como el pH, Oxígeno Disuelto, Temperatura y Conductividad también se analizaron parámetros ex situ como Aceites y Grasas, Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), Demanda Química de Oxígeno (DQO), Sulfatos, Nitrato-N, metales (aluminio, arsénico, boro, bario, cadmio, cromo, cobre, hierro, mercurio, manganeso, níquel, plomo y zinc), coliforme fecales o Termotolerantes, Coliformes totales, *Escherichia Coli* y Huevos y Larvas de Helminto es decir parámetros fisicoquímico y microbiológico.

Para la toma de muestra de agua se utilizó el equipo medidor multiparamétrico portátil 3430 marca WTW, dicho equipo permite monitorear los parámetros in-situ y debe ser calibrado en el campo, las muestras recolectadas para los metales pesados deben ser preservadas con ácido nítrico, para Aceites y Grasas y Demanda Química de Oxígeno deben ser preservadas con ácido sulfúrico, para la DBO debe ser llenado totalmente y sin burbujas de aire.

Se han monitoreado cuatro puntos del agua del río Chili aledaños a los sectores de Uchumayo, Tiabaya, Jacobo Hunter y Sachaca, el primer punto está ubicado aguas arriba de la laguna de Tingo, el segundo punto está ubicado en paralelo a la intersección de la avenida Arancota con la calle Alata el tercer punto está ubicado aguas abajo del puente de Tiabaya y el cuarto punto 800 m aguas abajo del poblado de Congata. Los resultados obtenidos para los meses de enero, febrero y marzo están por debajo según indican en los Estándares de Calidad Ambiental de Agua DS 015-2015-MINAM y los valores obtenidos para el mes de Julio, Agosto y Septiembre están por debajo según indican en los Estándares de Calidad Ambiental de Agua DS 004-2017-MINAM (50).

2.2.1.2. Autor: Bianny Gempell Velarde Paz.

Título: Índice de calidad de agua superficial del río Chili en el sector de Sachaca – Tiabaya – Huayco 2016.

Fuente: Repositorio de la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa.

Resumen: Como es de conocimiento, el deterioro de la calidad del agua del río Chili trae consigo un riesgo a nivel sanitario y es una necesidad dar un tratamiento para reducir estos efectos adversos, para ello tenemos que contar con información que nos permita tomar decisiones acertadas y actuar. La evaluación de la calidad del agua nos ayudara a que planteemos las mejores soluciones posibles para tomar dichas decisiones para poder mitigar o hasta eliminar los problemas según sea la magnitud del problema de contaminación.

Una de las herramientas que tenemos justamente para obtener información rápida son los “Índices de calidad de agua ICA”. El ICA-NSF (desarrollado en Estados Unidos) plantea el uso de ecuaciones de tipo multiplicativo ya que son más sensibles que las ecuaciones de tipo aditivo (suma ponderada) a valores extremos en los subíndices li, asociados generalmente con fuertes variaciones en la calidad del agua, evitando el fenómeno de eclipsamiento que se presenta cuando se calcula un valor satisfactorio aunque el subíndice no lo sea.

El presente estudio nos revela que la calidad del agua está siendo afectada más por los aportes de desechos de naturaleza orgánica, vemos que los valores de los coliformes totales, fecales y *E. Coli* están muy por encima de los valores de los ECA para un agua de la categoría 3 D1, D2 y categoría 4 E2, los niveles de demanda química y biológica de oxígeno se están viendo muy comprometidos de igual forma.

El presente trabajo abarca cuatro puntos de monitoreo, siendo estos; el puente San Martín, el puente de Tingo, el Puente de Tiabaya y el puente del Huayco.

Los puntos más afectados son el sector de Tiabaya y el sector del Huayco, es aquí donde vemos que los valores de estos parámetros sobrepasan por mucho los ECA, y los índices de calidad evaluados dan como resultado que es un agua de mala calidad. En el sector del puente

de San Martín aún tenemos un agua de buena calidad, y en el sector del puente de Tingo se presenta un agua de calidad regular, que si no tenemos el cuidado que amerita podemos convertirla en un agua de mala calidad.

Con el proyecto de Enlozada ya hemos visto una ligera mejora en la calidad agua comparando los índices del primer monitoreo con los del segundo pero aún no es suficiente esta mejora para poder elevar el índice de calidad de las aguas de los sectores de Tiabaya y Huayco (51).

2.2.1.3. Autor: Elizabeth Yolanda Arroyo Aguilar.

Título: Determinación de la calidad bacteriológica de las aguas del río Chili, durante los meses de marzo-mayo, Arequipa 2019.

Fuente: Repositorio de la Universidad Nacional San Agustín de Arequipa.

Resumen: En el presente trabajo se evaluó la calidad bacteriológica del Río Chili entre marzo y mayo del 2019. Para ello se dividió el área de estudio en 4 zonas de muestreo, los cuales fueron Puente Fierro (A), Puente Tingo (B), Puente Tiabaya (C) y Punto Congata (D), cada zona se dividió en tres subzonas (S1,S2,S3) de 1km aproximadamente y se tomaron 2 repeticiones por cada una de ellas tres veces durante cada 15 días, las muestras fueron analizadas en el laboratorio usando el medio de cultivo Caldo Lauril Sulfato para coliformes totales, para después realizar las pruebas confirmativas con los medios de cultivo Verde Brila y EC, este último para la determinación del primer parámetro microbiológico de los dos establecidos según los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) en el D.S. 004-2017-MINAM, coliformes termotolerantes donde las muestras de agua fueron consideradas NO APTAS con un 54.17%. Para el segundo parámetro, *Escherichia coli*, a los tubos con el medio EC se le agregaron unas gotas de indol, la aparición de un anillo rojizo era considerado como positivo para dicho parámetro, se encontró al agua del río Chili APTA con un valor total de 83.33%. Las evaluaciones de parámetros fisicoquímicos que determinan las condiciones favorables o no para el crecimiento de

bacterias, fueron la temperatura que fluctuó entre 9.95°C y el pH que presentó un valor de 6 (52).

2.2.1.4. Autor: Fiorela Shabrina Tejada Pacheco.

Título: Análisis bacteriológico de la calidad del agua de consumo humano y regadío del distrito de Santa Rita de Siguan, provincia de Arequipa, Setiembre del 2014.

Fuente: Repositorio de la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa.

Resumen: En el presente estudio se tomó muestras de la bocatoma, canal de diferentes puntos, planta de tratamiento y conexiones domiciliarias, incluido pozos, del distrito de Santa Rita de Siguan. Los métodos usados fueron numeración para coliformes totales y coliformes termotolerables, por el método del número más probable (NMP) y bacterias heterótrofas recuento de colonias UFC/100ml.

Los resultados fueron para las bacterias heterótrofas en agua potable de zona urbana, representa un 33.33% aptas cumpliendo el reglamento que es < 500 UFC/100ml en coliformes totales y coliformes termotolerable, se obtuvo en las muestras de agua potable 0 NMP/100ml, los que cumplen con el D.S Nº 031- 2010 - SA. Y el 66.67 % de muestras sin tratar de zonas rurales no son aptas para consumo humano superando el límite de < 1.8 NMP/100ml según los estándares nacionales de calidad ambiental para agua (ECA) categoría 3.

Se identificaron en las muestras enterobacterias: *Escherichia coli*, *Enterobacter agglomerans* y *Citrobacter sp.* (53).

2.1.1.5. Autor: Rusel Araujo Cahuana.

Título: Nivel de contaminación microbiológica en agua de consumo humano en el sector sequia alta, santa bárbara, Huancavelica – 2017.

Fuente: Repositorio Universidad Nacional de Huancavelica.

Resumen: Para el análisis de agua estuvo conformada por 10 muestras de agua de consumo humano, las cuales fueron tomadas en diferentes puntos: 1 captación, 2 reservorios y 7 grifos. La investigación corresponde al tipo básica, de nivel descriptivo, el método corresponde al inductivo deductivo y estadístico; El diseño fue no experimental, transversal; la técnica para la recolección de datos fue la observación con su instrumento guía de observación. La muestra 1, la zona de captación (paltamachay) 2,8 de promedio de contaminación microbiológica; La muestra 2, la zona de reservorio con 1,1 promedio de contaminación microbiológica y la muestra 3, zona de los grifos con 0,6 promedio de contaminación microbiológica. El total de las muestras de aguas de consumo humano en el sector Sequia Alta, Santa Bárbara, Huancavelica - 2017. Presentan microorganismos patógenos, superando los límites máximos permisibles de los reglamento de calidad de agua para el consumo humano (54).

2.1.1.6. Autor: Marjorie Francesca Amado Camargo.

Título: Determinación bacteriológica de la calidad del agua de consumo humano, regadío y bebida a animales del Distrito de Majes, Provincia de Caylloma, Departamento de Arequipa, Abril - Mayo 2017.

Fuente: Repositorio Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa

Resumen: El objetivo del presente estudio fue determinar la calidad bacteriológica del agua de consumo humano, regadío y bebida de animales por medio de la presencia de microorganismos indicadores; coliformes totales, coliformes termotolerantes o fecales y bacterias heterótrofas en agua potable y agua cruda del Distrito de Majes. Para ello se realizaron tres muestreos con tres repeticiones por cada punto de muestreo tanto en la zona urbana (CPE, MPE, DPE) como en la zona rural (BPI, CDT, C1R, C2R, C3R, CMA, APT, BL5, PCA, PCB, PPA, DPA) durante dos meses con una frecuencia de 15 días, en donde se

recolectaron 135 muestras de agua, 108 de agua cruda y 27 de agua potable. Se determinó el recuento de bacterias heterótrofas en agua potable, obteniendo como valor mínimo 0.33 UFC/100ml en los puntos CPE Y DPE y como valor máximo 0.67 UFC/100ml en el punto MPE, no superando en ningún punto el LMP. También se determinó el número más probable (NMP) de bacterias coliformes totales y fecales, demostrando diferencias altamente significativas ($P < 0.01$) para las tres evaluaciones realizadas; teniendo como valor mínimo para coliformes totales y fecales 0 NMP/100ml en los puntos CPE, MPE y DPE y como valor máximo 2200 NMP/100ml para el punto PPA (1ra evaluación), 3800 NMP/100ml punto CMA y 3233.33 NMP/100ml punto PPA (2da evaluación) y 4200 NMP/100ml punto PPA (3ra evaluación). Los promedios de las tres evaluaciones del (NMP/100mL) realizadas para coliformes totales, coliformes fecales y *Escherichia coli* superan el LMP y el ECA CATEGORIA 1 – A1 en los puntos BPI, CDT, C1R, C2R, C3R, CMA, APT, BL5, PCA, PCB, PPA, DPA; también se determinó que los puntos CMA, PCB y PPA para coliformes totales, el punto PPA para coliformes fecales y los puntos C3R, CMA, BL5, PCB, PPA y DPA superan el ECA CATEGORIA 3 – D1 mientras que el ECA CATEGORIA 3 – D2 no es superado en ningún punto de muestreo. Los parámetros fisicoquímicos cloro residual, T° y pH no superan ninguno de límites máximos permisibles sin embargo DBO5 supera el ECA CATEGORIA 3 – D1 pero no el ECA CATEGORIA 3. Se han identificado 7 especies de enterobacterias en los puntos de muestreo de agua sin tratar, *Escherichia coli*, *Enterobacter aerogenes*, *Enterobacter agglomerans*, *Proteus mirabilis*, *Proteus vulgaris*, *Citrobacter diversus* y *Citrobacter freundii* (4).

2.2.2. Otros trabajos de investigación

2.2.2.1. Autor: Iboni Fernández P. de Vizcardo.

Título: Contaminación del río Chili, en Arequipa durante los años 1972 a 1982 y 1999 a 2004.

Resumen: La presente investigación se realizó con el fin de determinar los parámetros de la contaminación de la cuenca del río Chili. Las aguas del río Chili, que divide la ciudad de norte a sur, son el recurso hídrico más importante. Sin embargo, visto que sirve para el consumo humano, los regadíos y la generación de electricidad, las aguas del río Chili vienen sufriendo la contaminación de sus aguas por los residuos domésticos y químicos (curtiembres, textiles, etc.).

Del estudio comparativo de las aguas del río Chili y su evolución a lo largo del cauce y a través del tiempo, se detecta que las fuentes de contaminación puntuales y no puntuales (alrededor de 50 puntos) se ubican principalmente en las zonas comprendidas entre la Estación II (Puente Grau) y la Estación VI (Uchumayo). El río Chili se encuentra contaminado esencialmente por agentes inorgánicos y orgánicos (descargas de aguas servidas principalmente) cuya característica principal es la permanente degradación) en las estaciones antes mencionadas).

El río Chili se está convirtiendo en río muerto y también en un agente letal. Sus aguas, cargadas de cromo en una proporción 8 veces mayor al límite permisible según las Normas Internacionales, se usan para regar el valle agrícola de La Joya (55).

2.2.2.2. Autor: Javier Falcón S.

Título: Reporte de la consultoría para la identificación y sistematización de fuentes de contaminación en la cuenca del río Quilca – Vítor – Chili.

Resumen: El viceministerio de gestión ambiental del ministerio del ambiente, como parte del programa diseñado para la recuperación ambiental de las principales cuencas del país, que presentan elevados niveles de degradación ambiental, ha iniciado un proceso de inventario

y sistematización de las fuentes contaminantes existentes en estas cuencas de importancia para el desarrollo sostenible del país. Se han establecido cuencas prioritarias en las que figura el río Chili, las cuales han sido objeto de una evaluación intensiva para identificar las fuentes de contaminación, principalmente vertimientos de aguas residuales.

Para el caso de la cuenca del río Quilca – Vítor – Chili (perteneciente a la vertiente hidrográfica del Océano Pacífico, ubicado en el departamento de Arequipa), se ha realizado el trabajo en las tres subcuencas principales, la subcuenca baja (en el ámbito de Quilca), la subcuenca intermedia (en el ámbito de Vítor y parte de Arequipa) y la subcuenca alta (denominado Chili).

El trabajo de campo y el posterior trabajo de gabinete ha permitido caracterizar 45 puntos de contaminación identificados, que suman en total más de 1,5 metros cúbicos de aguas residuales de tipo agrícola, doméstico e industrial por segundo descargados al río, el cual presente una variabilidad de caudal de 5 m³ /s hasta 24 m³ /s en promedio. De ahí el impacto significativo de estos vertimientos sobre la calidad del cuerpo de agua.

La identificación y sistematización de las fuentes contaminantes permitirá en un futuro inmediato, establecer los planes de gestión ambiental con fines de prevención, recuperación o restauración ambiental (56).

2.2.2.3. Autor: SENAMHI.

Título: “Monitoreo de la calidad de agua de los ríos en el Perú” 2007.

Resumen: El agua es uno de los recursos naturales más fundamentales, y junto con el aire, la tierra y la energía constituye los cuatro recursos básicos en que se apoya el desarrollo. La importancia de la calidad del agua ha tenido un lento desarrollo. Hasta finales del siglo XIX no se reconoció el agua como origen de numerosas enfermedades infecciosas. Hoy en día, la importancia tanto de la cantidad como de la calidad del agua está fuera de toda duda.

El uso de los recursos naturales provoca un efecto sobre los ecosistemas de donde se extraen y en los ecosistemas en donde se utilizan. Hay que considerar también que el hombre influye sobre el ciclo del agua de dos formas distintas, bien directamente mediante extracción de las mismas y posterior vertido de aguas contaminadas como se ha dicho, o bien indirectamente alterando la vegetación y la calidad de las aguas.

La contaminación actúa sobre el medio ambiente acuático alterando el delicado equilibrio de los diversos ecosistemas integrado por organismos productores, consumidores y descomponedores que interactúan con componentes sin vida originando un intercambio cíclico de materiales (57).



3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 MATERIALES

3.1.1 Localización del trabajo

a) Localización espacial

El presente trabajo de investigación se desarrolló en el río de Socabaya, en los distritos de Socabaya y Jacobo Hunter Provincia de Arequipa. Que tiene una longitud de -71.578 y una latitud de -16.456.

b) Localización Temporal

El presente trabajo de investigación se realizó entre los meses de junio a diciembre del 2019.

3.1.2 Materiales biológicos

Se recolectó muestras de Agua, para su posterior análisis de laboratorio.

3.1.3 Materiales de laboratorio

- Medio Chromocult coliforme ES
- Agar nutritivo
- Placas Petri descartables
- Tubos de Falcon de 15 ml
- Agua estéril
- Micropipeta de 1000 ul
- Tips azules de 1 ml
- Incubadora de 37 °C
- Parafilm
- Mechero Bunsen
- Guantes de látex estériles
- Cofia descartable
- Barbijo descartable

3.1.4 Materiales campo

- Mandil
- Guantes de látex
- Botas de jebe
- Cámara fotográfica
- Frascos pyrex de 1000 ml
- Caja térmica
- Gel refrigerante
- Bastón de 1.50 m.
- Recipiente de 3 litros

3.1.5 Equipos

- Autoclave
- Balanza analítica
- Baño maría

3.1.6 Otros materiales

- Lapiceros
- Cuaderno de apuntes
- Plumón indeleble
- Etiquetas autoadhesivas
- Papel toalla

3.2. MÉTODOS

3.2.1. Muestreo

a. Universo

El universo de la muestra se consideró la trayectoria del río, desde el inicio que es en el distrito de Socabaya, hasta el fin de su trayecto que es en el distrito de Jacobo Hunter.

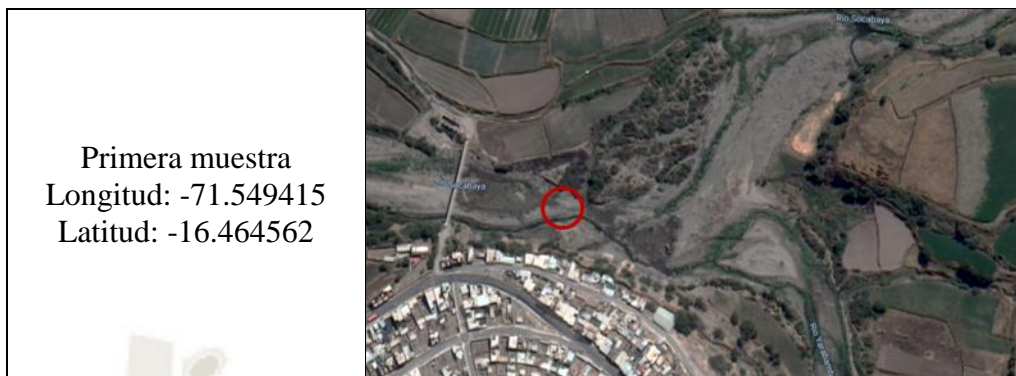
b. Tamaño de la muestra

El tamaño de la muestra fue de acuerdo a la distribución y la longitud del río. Se tomó puntos equivalentes, cuatro muestras hacia el este y cuatro muestras hacia el oeste, el punto central fue el Fundo La Banda - Huasacache de la Universidad Católica de Santa María.

c. Procedimiento de muestreo

Las muestras de agua se recolectaron en forma individual de un determinado punto, se anotó las coordenadas de cada punto de muestreo y se preparó los frascos de pyrex de 1000 ml a utilizar. Se recolectaron las 8 muestras de agua y se procedió con el roturado de los frascos. El transporte de los frascos se realizó en una caja térmica de forma vertical, considerando que los frascos de vidrio se encuentren apropiadamente protegidos evitando su rompimiento. Al finalizar la recolección las muestras fueron transportadas hasta al laboratorio del Fundo La Banda - Huasacache de la Universidad Católica de Santa María.

Figura N° 2. Ubicación del primer punto de recolección de muestra de agua



Fuente: <https://www.google.com/maps>

Figura N° 3. Ubicación del segundo punto de recolección de muestra de agua



Fuente: <https://www.google.com/maps>

Figura N° 4. Ubicación del tercer punto de recolección de muestra agua



Fuente: <https://www.google.com/maps>

Figura N° 5. Ubicación del cuarto punto de recolección de muestra de agua



Fuente: <https://www.google.com/maps>

Figura N° 6. Ubicación del quinto punto de recolección de muestra de agua



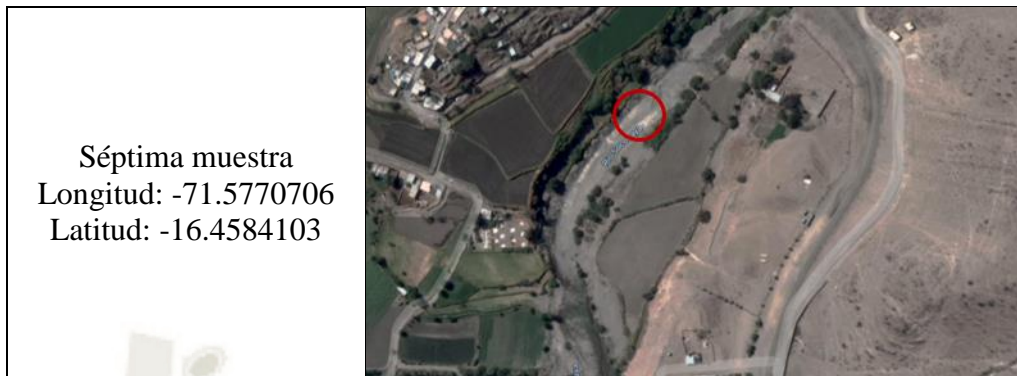
Fuente: <https://www.google.com/maps>

Figura N° 7. Ubicación del sexto punto de recolección de muestra de agua



Fuente: <https://www.google.com/maps>

Figura N° 8. Ubicación del séptimo punto de recolección de muestra de agua



Fuente: www.google.com/maps

Figura N° 9. Ubicación del octavo punto de recolección de muestra de agua



Fuente: www.google.com/maps

3.2.2 Métodos de evaluación

a. Metodología de la experimentación

Obtención de la muestra de agua del Río

Se recolectaron las 8 muestras de agua en diferentes puntos de la trayectoria del río. Para la recolección de muestras se utilizó un bastón de 1.50 metros de largo, sujetando a un recipiente de 3 litros el cual cuidadosamente se sumergió a unos 20 cm de profundidad con la boca situada hacia la corriente. Luego la muestra de agua del mismo recipiente fue trasvasado a un frasco estéril de pyrex de 1000 ml, dejando un pequeño espacio de aire para agitar la muestra antes de su análisis. Una vez obtenida cada muestra de agua se procedió a su posterior rotulación.

Seguido de ello todas las muestras colectadas se almacenaron en una caja térmica, donde se colocaron geles refrigerantes para mantener la temperatura de $6^{\circ}\text{C} \pm 4^{\circ}\text{C}$ hasta la llegada al laboratorio para los análisis respectivos.

Procesamiento de las muestras en el laboratorio

Proceso de preparación de medio del Agar Nutritivo

- Primero se suspendió 31 g en 1000 ml de agua destilada.
- Luego se mezcló y se dejó reposar por 5 minutos.
- Para posteriormente calentar agitando frecuentemente y hervir 1 o 2 minutos hasta su dilución total.
- Se esterilizó en autoclave a 121°C por 15 minutos.
- Se dejó enfriar a 50°C en baño maría.
- Se colocaron en placas.
- Y finalmente se dejó enfriar.

Proceso de preparación de medio Agar Chromocult coliforme ES

- Primero se suspendió 37.4 g en 1000 ml de agua destilada.
- Se dejó calentar sin que llegue a hervir hasta disolver su contenido.

- En este caso no se puso en el autoclave
- Luego se dejó enfriar a 50 °C.
- Posteriormente se colocaron en placas de Petri
- Y por último se dejó enfriar

Proceso de plaqueo

Como se mencionó en el proceso de preparación, para los dos medios se dejó enfriar hasta menos del 50 °C y luego se procedió a plaquear bajo el ambiente de esterilidad de un mechero, colocando una cantidad de 25 ml por placa. Ya que si es menor la temperatura este se puede solidificar en el frasco.

Se dejó que estos se solidifiquen en medio ambiente por un corto tiempo. Una vez solidificados el medio se colocaron en forma invertida y se procedió hacer el rotulo correspondiente.

Proceso de chequeo de esterilidad

Los medios de agar nutritivo y agar Chromocult coliforme ES se colocaron en la incubadora por 24 horas a 37 °C para hacer su verificación completa de esterilidad.

Luego los medios ya estériles se utilizaran inmediatamente.

Siembra del inóculo en los agares

Para el sembrado de la *Escherichia coli* y Coliformes totales se utilizó el medio de cultivo Chromocult coliforme ES.

Primero se procedió a hacer una homogenización suave del frasco de agua, evitando la lisis de bacterias. Se transfirió 1 ml de agua con una pipeta estéril a las placas de Chromocult coliforme ES bajo el ambiente de esterilidad. Luego el inóculo se disemino por toda la superficie del agar mediante movimientos circulares y suaves.

Para el sembrado de los Mesófilos aerobios totales en el agar nutritivo se realizó el mismo procedimiento que el anterior (10).

Procedimiento de la siembra del inóculo en dilución

Luego de la siembra del inóculo en 8 placas de agar Cromocult coliforme ES y 8 en placas de agar nutritivo, se procedió a iniciar otra siembra en otras 8 placas de agar Cromocult coliforme ES y en otras 8 placas de agar nutritivo, sin embargo en este proceso se realizaron diluciones correspondientes para las muestras, para ello se tomó 1 ml de la muestra de agua utilizando una pipeta estéril y se transfirió a un tubo de Falcon de 15 ml, que contenía 9 ml de agua estéril, de esta forma se obtuvo una dilución de 1 ml al décimo de la muestra (10^{-1}).

Luego de diluidas las muestras en los tubos de Falcon, se procedió a hacer homogenización suave del tubo, posteriormente se transfirió 1 ml de agua diluida con una pipeta estéril a la placa de Chromocult coliforme ES bajo el ambiente de esterilidad. Seguido de ello el inóculo se diseminó por toda la superficie del agar mediante movimientos circulares y suaves. El mismo procedimiento se realizó para en el agar nutritivo (4).

Una vez distribuido el inóculo para ambos casos, se colocaron las placas Petri en la estufa con la tapa sobrepuesta, luego cada 10 minutos se procedió hacer movimientos suaves hasta que se seque y fijen las bacterias.

Una vez seco, se tapó completamente las placas y se dejó en la estufa, en forma invertida e incubada a 37 °C por 24 horas.

Identificación y recuento

Después de 24 horas, ya transcurrido el tiempo de incubación, se sacó las placas de la estufa incubadora y se procedió hacer el recuento de las colonias de cada una de las placas incubadas, utilizando un plumón indeleble marcando los que ya fueron contados.

En el caso del Chromocult coliforme ES por ser un método cromogénico, se contaron las colonias rojas que son colonias Coliformes totales y colonias azules que son *Escherichia coli*. Y en

medio agar nutritivo se encontraron colonias de color blanco característico de los Mesófilos aerobios totales.

Los resultados se expresaron como número de unidades formadoras de colonias por mililitros U.F.C/ml de cada muestra (36).

Para determinar el número total de colonias por cada placa y por la variable microbiológica se tuvo en cuenta lo siguiente:

Total de *Escherichia coli* = total de n° de colonias azules.

Total de Coliformes totales = total de *Escherichia coli* + total de n° de colonias rojas.

Total de Mesófilos aerobios totales = total de n° de colonias blancas.

Por último, el número total de colonias contadas en cada placa fue el resultado del recuento total de colonias UFC/ 100 ml.

Para el recuento del medio agar Chromocult coliforme ES para *Echerichia coli* y Coliformes totales y del agar nutritivo para Mesófilos aerobios totales, fue multiplicada por 100, el resultado de esta multiplicación expreso el recuento total de colonias en UFC/ 100 ml.

b. Recopilación de la información

- **En el campo**

En el campo la información está referida con obtención de las 8 muestras del agua de río.

- **En el laboratorio**

Se analizó el agua con medios de cultivos Chromocult coliforme ES y agar nutritivo, para obtención de unidades formadoras de colonias.

Las muestras de agua fueron analizadas en el laboratorio del Fundo La Banda - Husacache de la Universidad Católica de Santa María.

- **En la biblioteca**

La información para la realización del marco teórico de este trabajo, se revisó textos de libros, trabajos de investigación, publicaciones diversas.

- **En otros ambientes generadores de la información científica**

Fueron obtenidas de Internet y páginas web relacionadas a la información actualizada del estudio.

3.2.3. Variables de respuesta.

a. Variables independientes

- Puntos de muestreo

b. Variables dependientes

- Cuantificación de *Escherichia coli*
- Cuantificación de Coliformes totales
- Cuantificación de Mesófilos aerobios totales

3.3 EVALUACIÓN ESTADÍSTICAS

3.3.1. Diseño Experimental

3.3.1.1. Unidades experimentales

Las unidades experimentales se consideraron a las muestras de agua y se realizaron en 8 lugares diferentes, teniendo como punto medio las instalaciones del Fundo La Banda - Huasacache de la Universidad Católica de Santa María.

3.3.2. Análisis estadístico

3.3.2.1. Análisis y procesamiento de datos

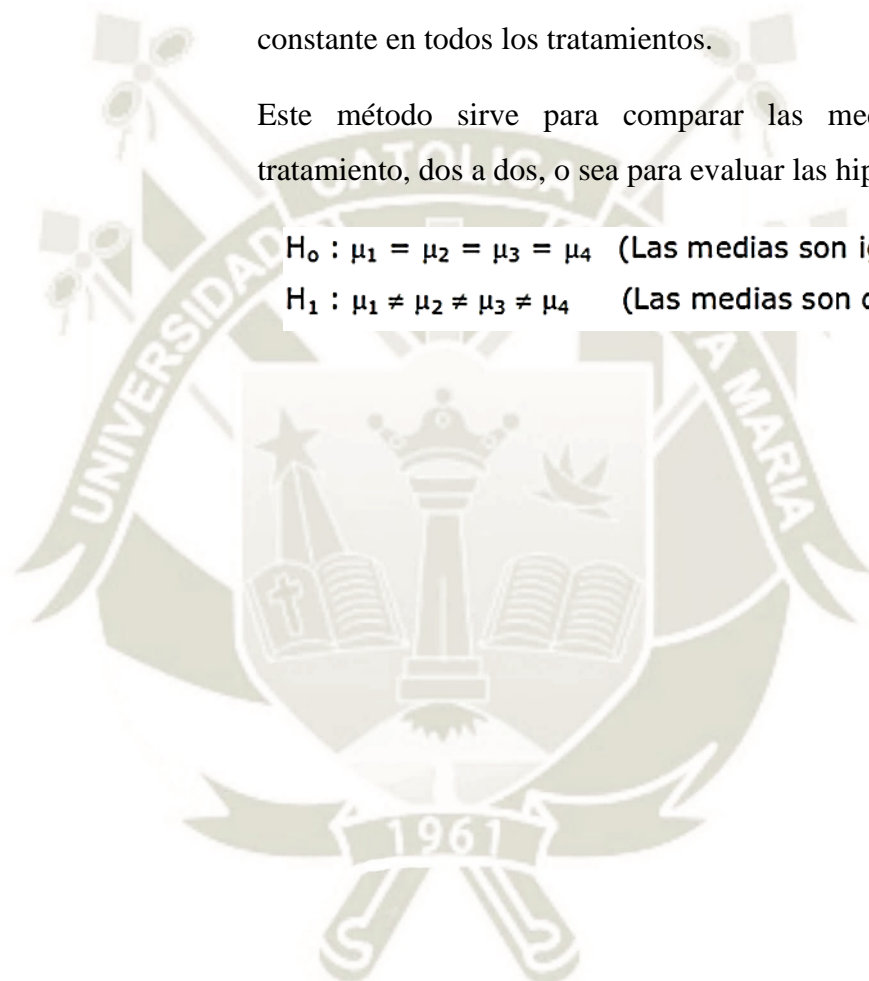
Los análisis serán evaluados mediante con la prueba de Tukey. Que es una prueba que sirve para evaluar todas las diferencias entre medidas de tratamientos de una experiencia.

La única exigencia es que el número de repeticiones sea constante en todos los tratamientos.

Este método sirve para comparar las medidas de los tratamiento, dos a dos, o sea para evaluar las hipótesis:

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 \quad (\text{Las medias son iguales})$$

$$H_1 : \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \mu_4 \quad (\text{Las medias son diferentes})$$



4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

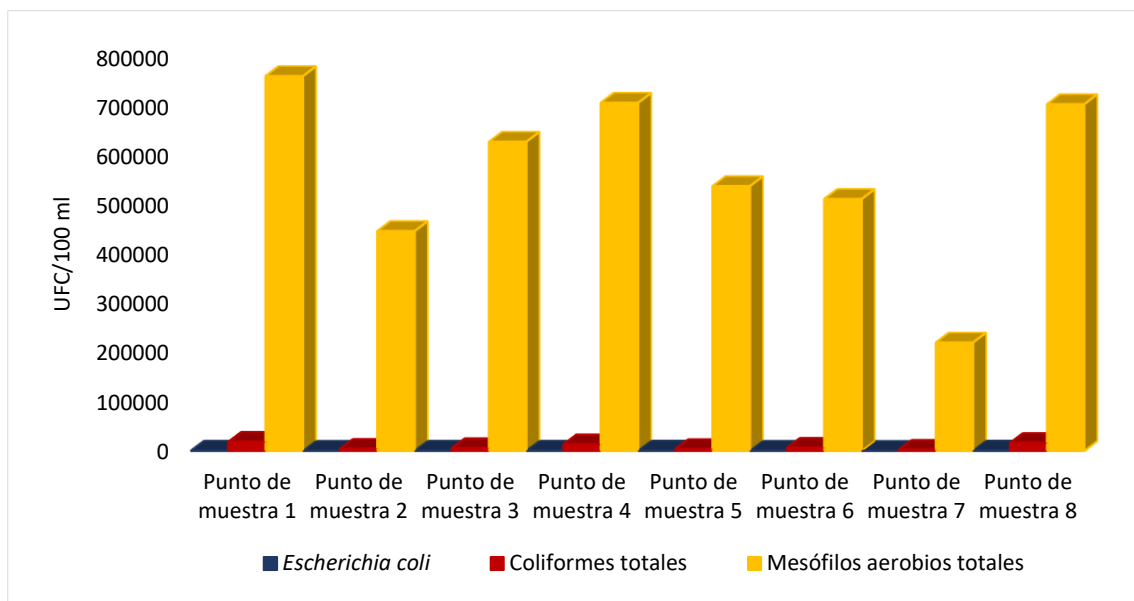
Tabla N° 1. Promedios de los recuentos UFC/100 ml de cada una de las muestras de agua en el río de Socabaya

Puntos de muestra	<i>Escherichia coli</i> UFC/100ml	Coliformes totales UFC/100ml	Mesófilos aerobios totales UFC/100ml
1	400	18400	761000
2	100	4100	447000
3	400	5400	628000
4	300	13300	707000
5	500	3500	538000
6	200	6200	512000
7	0	2000	221000
8	600	16000	704000

UFC: Unidad Formadora de Colonias

En la Tabla N°. 1 Se describe el recuento de las tres tipos bacterias utilizadas como indicadores de calidad microbiológica del río Socabaya, donde se muestra que los resultados hallados para *Escherichia coli*, en el primer punto de muestra fue de 400 UFC/100 ml, en el segundo punto de muestra fue de 100 UFC/100 ml, en el tercer punto de muestra fue de 400 UFC/100 ml, en el cuarto punto de muestra fue de 300 UFC/100 ml, en el quinto punto de muestra fue de 500 UFC/100 ml, en el sexto punto de muestra fue de 200 UFC/100 ml, en el séptimo punto de muestra fue de 0 UFC/100 ml, y en el octavo punto de muestra fue de 600 UFC/100 ml. Los resultados hallados para Coliformes totales, en el primer punto de muestra fue de 18400 UFC/100 ml, en el segundo punto de muestra fue de 4100 UFC/100 ml, en el tercer punto de muestra fue de 5400 UFC/100 ml, en el cuarto punto de muestra fue de 13300 UFC/100 ml, en el quinto punto de muestra fue de 3500 UFC/100 ml, en el sexto punto de muestra fue de 6200 UFC/100 ml, en el séptimo punto de muestra fue de 2000 UFC/100 ml, y en el octavo punto de muestra fue de 16000 UFC/100 ml. Y los resultados hallados para Mesófilos aerobios totales, en el primer punto de muestra fue de 761000 UFC/100 ml, en el segundo punto de muestra fue de 447000 UFC/100 ml, en el tercer punto de muestra fue de 628000 UFC/100 ml, en el cuarto punto de muestra fue de 707000 UFC/100 ml, en el quinto punto de muestra fue de 538000 UFC/100 ml, en el sexto punto de muestra fue de 51200 UFC/100 ml, en el séptimo punto de muestra fue de 221000 UFC/100 ml y en el octavo punto de muestra fue de 704000 UFC/100 ml.

Gráfico N° 1. Promedios de los recuentos UFC/100 ml de cada una de las muestras de agua del río Socabaya



En el gráfico N° 1 se muestra el recuento de las bacterias analizadas como indicadores de calidad microbiológica del agua del río Socabaya, se puede observar que en todas las muestras se determinaron la presencia de *Escherichia coli*, Coliformes totales y Mesófilos aerobios totales. En excepción del punto de muestra 7 que se obtuvo un resultado de 0 UFC/100 ml para *Escherichia coli*.

En relación al análisis de los resultados hallados de Coliformes totales y Mesófilos aerobios totales, al observar los datos de la muestra de agua recolectada en el lugar de muestreo N° 1, resultó más elevada la presencia de Coliformes totales y Mesófilos aerobios totales en tal sitio que en otros lugares de muestreo. Esta diferencia puede deberse por el aporte de aguas residuales domésticas que son resultados de las actividades cotidianas de las personas.

La detección de bacterias de *Escherichia coli* es superior en el lugar de muestreo N° 8 que en otros puntos, y esto puede deberse a un mayor arrastre de los desechos orgánicos de animales y humanos a esta altura del río.

Los puntos de muestreo con densidades poblacionales medias o altas están contaminados con una elevada carga bacteriana como en el caso del lugar de muestreo N° 1 y además que varios de ellos superaran el límite máximo permisible de parámetros microbiológicos y parasitológicos.

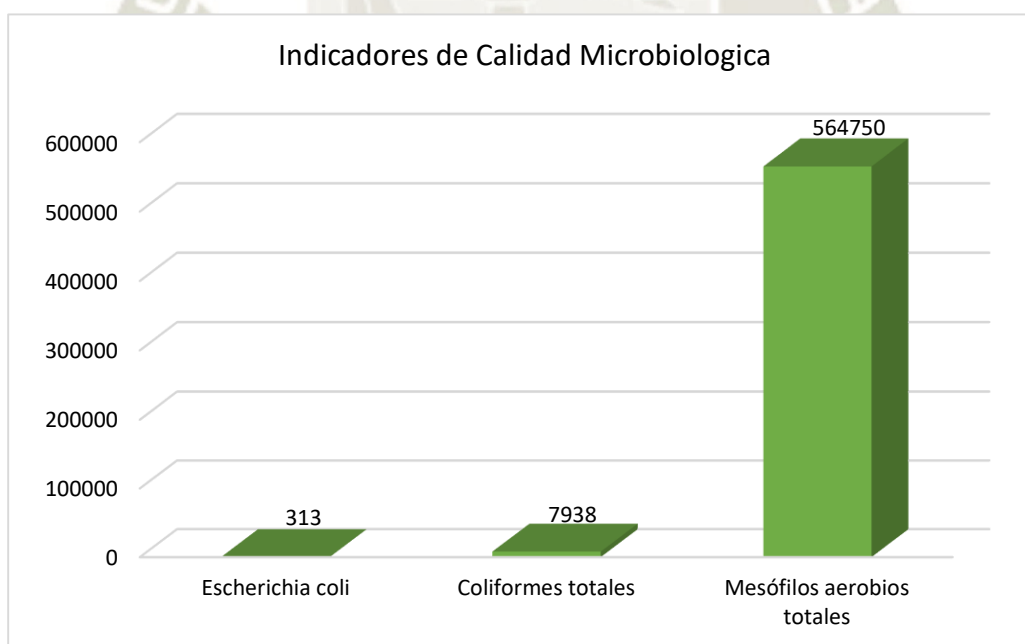
Tabla N° 2. Promedios generales de UFC/100 ml de *Escherichia coli*, Coliformes totales y Mesófilos aerobios totales

Indicadores de calidad microbiológica	UFC/100ml
<i>Escherichia coli</i>	313
Coliformes totales	7938
Mesófilos aerobios totales	564750

UFC: Unidad Formadora de Colonias

En la Tabla N°. 2 Se describe que de un total de 8 muestras de agua analizadas, se observa el promedio general de UFC/100 ml de *Escherichia coli*, Coliformes totales y Mesófilos aerobios totales, donde se muestra que el promedio general para *Escherichia coli* fue de 313 UFC/100 ml, para Coliformes totales fue de 7938 UFC/100 ml y para Mesófilos aerobios totales fue de 564750 UFC/100 ml.

Gráfico N° 2. Promedios generales de UFC/100 ml de *Escherichia coli*, Coliformes totales y Mesófilos aerobios totales



En el grafico N°. 2 Se representa los promedios generales UFC/100 ml de las bacterias analizadas como indicadores de calidad microbiológicas, donde se puede observar en todas las muestras la presencia de *Escherichia coli*, Coliformes totales y Mesófilos aerobios totales.

Además en relación al análisis de resultados hallados se puede observar la cantidad alta de Mesófilos aerobios totales, seguido de Coliformes totales y *Escherichia coli*.

Realizando la comparación con los límites máximos permisibles de parámetros microbiológicos y parasitológicos del Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano D.S N° 031- 2010-SA. Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA) MINSA. Nos indica en forma general que el agua en río de Socabaya se encuentra expuesta a contaminaciones diversas, superando los valores máximos aceptables.

Arroyo (2019) en su trabajo de investigación denominado “Determinación de la calidad bacteriológica de las aguas del río Chili, durante los meses de marzo-mayo, Arequipa 2019”. Encontró que los Estándares de Calidad Ambiental (ECA), del agua del río Chili es APTA con un valor total de 83.33% según las evaluaciones de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos que determinan las condiciones son favorables. Por lo contrario Velarde (2016) en su trabajo denominado “Índice de calidad de agua superficial del río Chili en el sector de Sachaca – Tiabaya – Huayco 2016”. Determino cuatro puntos de monitoreo, siendo estos; el puente San Martin, el puente de Tingo, el puente de Tiabaya y el puente del Huayco, donde vemos que los valores de los Coliformes totales, fecales y *E. Coli* están muy por encima de los valores de los ECA, los niveles de demanda química y biológica de oxígeno se vieron muy comprometidos de igual forma. Determinándose que los puntos más afectados son el sector de Tiabaya y el sector del Huayco, donde vemos que los Estándares de Calidad Ambiental ECA y los índices de calidad evaluados dan como resultado que es un agua de mala calidad. Con lo cual comparamos con nuestros resultados hallados y existe relación con los valores obtenidos, ya que la cantidad de bacterias analizadas sobrepasan los límites máximos permisibles de los parámetros microbiológicos establecidos. Esto se debe que el crecimiento poblacional ha incrementado los niveles de contaminación, esta contaminación está relacionada con el vertido de agua de desecho de origen doméstico a los cuerpos de agua al río Socabaya, tal el caso de origen domestico está representada por altos porcentajes de materia orgánica y microorganismos de origen fecal.

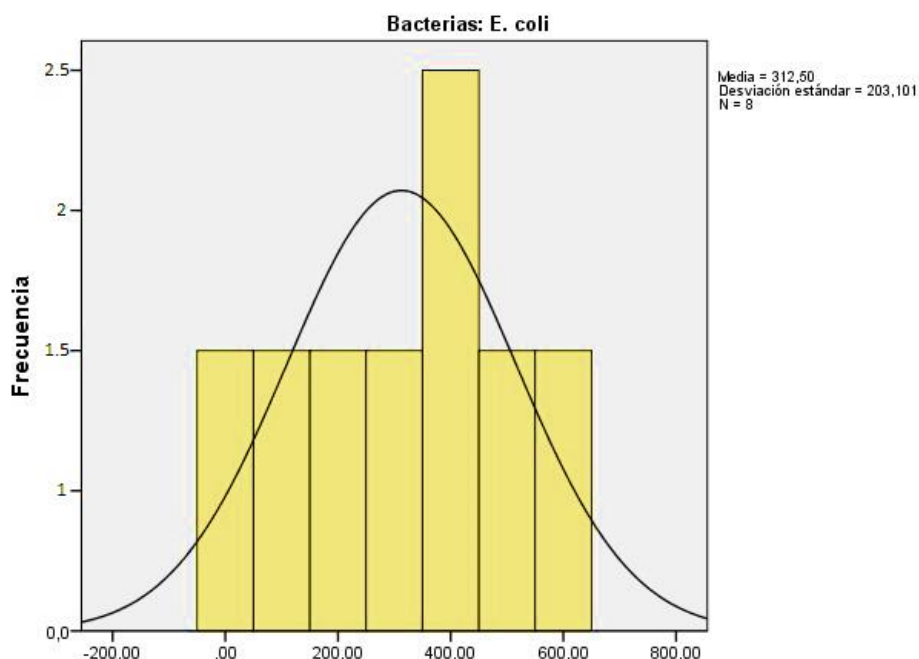
Tabla N° 3. Promedio estadísticos de *Escherichia coli* en agua del río de Socabaya, en diferentes fuentes de muestreo

Estadísticos	<i>Escherichia coli</i>	Limite
Media	313	0
Desviación estándar	203	0
Varianza	41250	0
Máximo	600	0
Mínimo	0	0
TAMAÑO	8	8

UFC: Unidad Formadora de Colonias

La Tabla N°. 3 Se muestra el promedio de la media aritmética, el promedio de la desviación estándar, el promedio de la varianza y el punto máximo y mínimo para *Escherichia coli* en el agua del río Socabaya, en diferentes fuentes de muestreo. Hallándose que el promedio de la media aritmética fue 313, el promedio de la desviación estándar fue 203, el promedio de la varianza fue 41250, se detalla también que el máximo punto de muestra fue 600 UFC/100 ml y el punto mínimo de muestra fue 0 UFC/100 ml.

Gráfico N° 3. Promedio estadísticos de *Escherichia coli* en agua del río Socabaya, en diferentes fuentes de muestreo



En el grafico N°. 3 Se representa el promedio de la media aritmética y de la desviación estándar de *Echerichia coli* presentes en todas las 8 muestras.

Realizando la comparación con los límites máximos permisibles de parámetros microbiológicos y parasitológicos, del Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano D.S N° 031- 2010-SA. Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA) MINSA. Nos indica que el límite microbiológico que separa la calidad aceptable de la rechazable para *Escherichia coli* es 0 UFC/100 ml, por lo tanto se puede inferir que los resultados obtenidos del análisis de las muestras superan el límite microbiológico aceptable.

Con respecto a la calidad bacteriológica se logró aislar *Escherichia coli* en 7 de 8 sitios muestreados, considerándose que es una bacteria muy importante a determinar, dada su condición de ser un principal indicador bacteriológico en el agua así como también ser un indicador fecal muy preciso.

Araujo (2017) en su investigación denominado, “Determinación del nivel de contaminación microbiológica en aguas de consumo humano en el sector Sequia Alta, Santa Bárbara, Huancavelica – 2017”. Determino la presencia de *Escherichia coli*, en 3 muestras de agua. Los resultados para la primera muestra fue de 1 UFC/100 ml, la segunda muestra fue de 1 UFC/100 ml y la tercera muestra fue de 1 UFC/100 ml. Todas las 3 muestras superan los límites máximos permisibles por el reglamento de calidad de agua para el consumo humano. Estos resultados concuerdan con los nuestros, evidenciando una fuerte contaminación de origen fecal, y por lo tanto se puede considerar que el agua del río de Socabaya son insalubres dadas las características de patogenicidad de *Escherichia coli*. Y a la vez podemos notar que hay un claro incremento en los valores de esta misma bacteria aguas abajo, esto es probable a que este último punto de muestreo recibe contaminación acumulada de los sectores altos y que el tipo de descarga de aguas residuales sea quienes les proporcionan valores de un agua de mala calidad.

Como es el caso del lugar de muestreo 8, que fue el punto donde se tuvo más prevalencia de *Escherichia coli*; Esta prevalencia probablemente se debe a que son comunidades de mayor densidad de población que carecen de desagües, cuyas letrinas se ubican en caños o acequias que descargan al río.

Por lo tanto se está aportando un riesgo para la salud pública a las personas que hacen uso de esta agua en tales sitios.

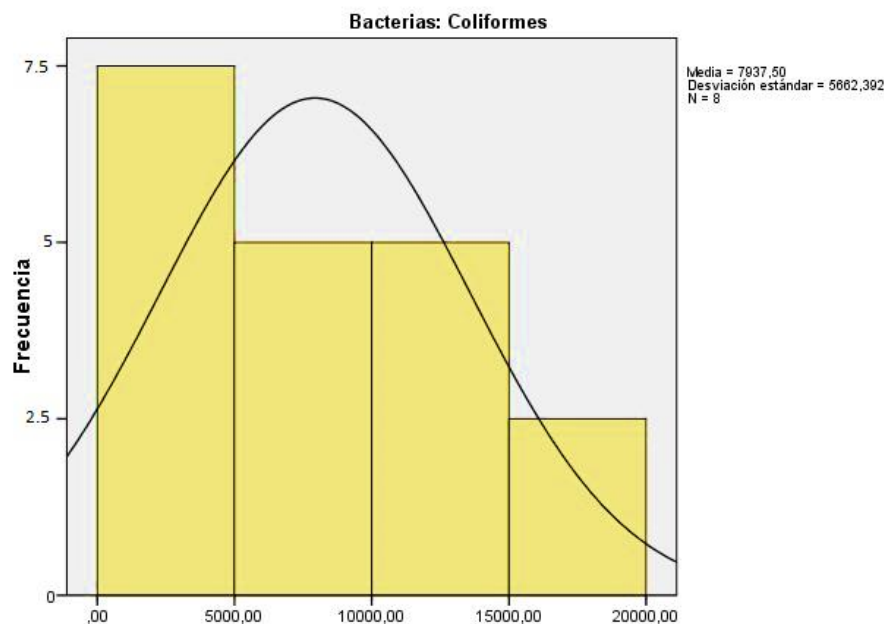
Tabla N° 4 Promedio estadísticos de Coliformes totales en agua del río de Socabaya, en diferentes fuentes de muestreo

Estadísticos	Coliformes totales	Limite
Media	7938	0
Desviación estándar	5662	0
Varianza	32062679	0
Máximo	18400	0
Mínimo	2000	0
TAMAÑO	8	8

UFC: Unidad Formadora de Colonias

La Tabla N°. 4 Se muestra el promedio de la media aritmética, el promedio de la desviación estándar, el promedio de la varianza y el punto máximo y mínimo para Coliformes totales en el agua del río Socabaya de diferentes fuentes de muestreo. Hallándose que el promedio de la media aritmética fue de 7938 UFC/100 ml, el promedio de la desviación estándar fue de 5662, el promedio de la varianza fue de 32062679, se detalla también que el máximo punto de muestra fue de 18400 UFC/100 ml y el punto mínimo de muestra fue de 2000 UFC/100 ml.

Gráfico N° 4. Promedio estadístico de Coliformes totales en agua del río Socabaya, en diferentes fuentes de muestreo



En el grafico N°. 4 Se representa el promedio de la media aritmética y de la desviación estándar de Coliformes totales presentes en todas las 8 muestras.

Realizando la comparación con los límites máximos permisibles de parámetros microbiológicos y parasitológicos, del Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano D.S N° 031- 2010-SA. Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA) MINSA. Nos indica que el límite microbiológico que separa la calidad aceptable de la rechazable para Coliformes totales es 0 UFC/100 ml, por lo tanto se puede inferir que los resultados obtenidos del análisis de las muestras superan el límite microbiológico aceptable.

Con respecto a la calidad bacteriológica se logró aislar Coliformes totales en todas las muestras de agua, considerándose un indicador muy importante puesto que estas bacterias presentes en agua pueden proceder de otros hábitats como (tracto gastrointestinal de animales de sangre caliente, excremento, superficies del entorno como vegetación, etc.)

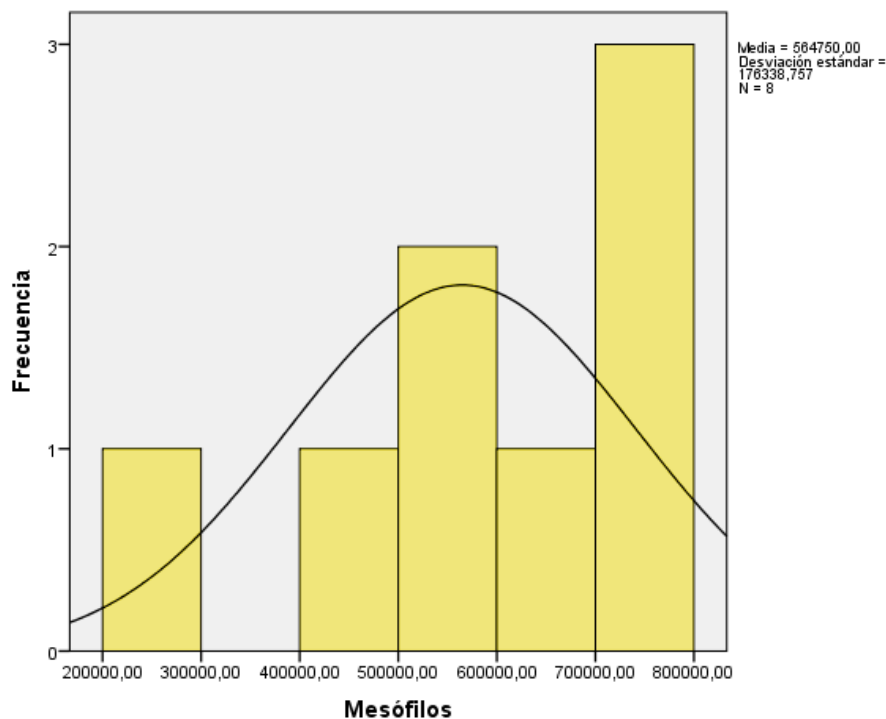
Tejada (2014) en su trabajo denominado, Análisis bacteriológico de la calidad del agua de consumo humano y regadío del distrito de Santa Rita de Siguan, provincia de Arequipa, setiembre del 2014. Determino que el 66.67% de las muestras que corresponden al agua sin tratar de la zona rural del distrito de Santa Rita de Siguan, superan el límite máximo permisible (LMP) ya que al observar el número más probable (NMP) para Coliformes totales, estas no aptas para consumo humano, pero si para riego de vegetales y bebida de animales por lo tanto guarda relación con los resultados encontrados por Marín (2013) en su estudio denominado “Evaluación de la calidad bacteriológica en agua y cultivos de vegetales de tallo bajo, en la margen derecha del río Chili, durante los meses de agosto – setiembre, Arequipa 2012”. Determinó que sus resultados superaron los parámetros establecidos 5000 NMP/100ml (Coliformes totales) y 1000 NMP/100ml (Coliformes termotolerantes), con valores promedio entre 104 – 107 NMP/100ml; dichos valores guardan relación con los valores encontrados en el río de Socabaya debido a que la contaminación por parte de la población de la ciudad de Arequipa está relacionada con el vertido de desecho de origen doméstico a los cuerpos de agua para ambos ríos, pudiendo causar enfermedades con diferentes niveles de gravedad, desde gastroenteritis simple hasta casos fatales de diarrea, disentería, hepatitis o fiebre tifoidea.

Tabla N° 5. Promedios estadísticos de Mesófilos aerobios totales en agua del río Socabaya, en diferentes fuentes de muestreo

Estadísticos	Mesófilos aerobios totales	Limite
Media	564750	500
Desviación estándar	176339	500
Varianza	31095357143	500
Máximo	761000	500
Mínimo	221000	500
TAMAÑO	8	8

En la Tabla N°. 5 Se muestra los promedios estadísticos de Mesófilos aeróbios totales en agua del río Socabaya en diferentes fuentes de muestreo. Hallándose que el promedio de la media aritmética fue de 564750, el promedio de la desviación estándar fue de 176339, y el promedio de la varianza fue de 31095357143, se detalla también que el máximo punto de muestra de Mesófilos aerobios totales fue de 761000 UFC/100 ml y el punto mínimo de muestra de Mesófilos aerobios totales fue de 221000 UFC/100 ml.

Gráfico N° 5. Promedios estadísticos Mesófilos aerobios totales en agua del río Socabaya, en diferentes fuentes de muestreo



En el grafico N°. 5 Se presenta gráficamente el promedio de la media aritmética y de la desviación estándar de Mesófilos aerobios totales presentes en todas las 8 muestras.

Realizando la comparación con los límites máximos permisibles de parámetros microbiológicos y parasitológicos, del Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano D.S N° 031- 2010-SA. Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA) MINSA. Nos indica que el límite microbiológico que separa la calidad aceptable de la rechazable para Mesófilos aerobios totales es 500 UFC/100 ml, por lo tanto se puede inferir que los resultados obtenidos del análisis de las muestras superan el límite microbiológico aceptable.

El valor máximo hallado fue de 761000 UFC/100 ml correspondiente al lugar de muestreo N° 1, siendo el punto más cercano al distrito de Socabaya, estos resultados funcionan como alerta de que ocurre contaminación en dicho lugar.

En relación de los resultados hallados de Mesófilos aerobios totales. Amado (2018) en su trabajo denominado “Determinación bacteriológica de la calidad del agua de consumo humano, regadío y bebida de animales del distrito de Majes, provincia de Caylloma, departamento de Arequipa. abril - mayo 2017”, realizó el recuento de bacterias heterótrofas, obteniendo resultados menores a 1 unidades formadoras de colonias (UFC/100ml) por punto de muestreo para las tres evaluaciones realizadas, obteniendo como valor mínimo 0.33 unidades formadoras de colonias (UFC/100ml) y como valor máximo 0.67 unidades formadoras de colonias (UFC/100ml), no superando el límite máximo permisible (LMP) del Reglamento de la Calidad del agua para Consumo Humano que tiene como límite máximo permisible (LMP) de 500 UFC/100ml. En comparación con nuestro resultado obtenido, existen muchas diferencias en el porcentaje y en relación con los resultados obtenidos, varían notoriamente la cantidad unidades formadoras de colonia encontradas, siendo no apta para consumo humano, puesto que es afectada por una variedad de microorganismos. Esto debido a que el agua del río Socabaya recibe la contaminación acumulada debido a la ganadería y aguas residuales sin tratamiento vertidos en diversas zonas de la trayectoria del río.

Tabla N° 6. Promedios estadísticos de *Escherichia coli* en agua del río Socabaya, en diferentes fuentes de muestreo

Estadísticos	Mesófilos aerobios Totales	Coliformes totales	<i>Escherichia coli</i>
Media	564750	7938	313
Desviación estándar	176339	5662	203
Varianza	31095357143	32062679	41250
Máximo	761000	18400	600
Mínimo	221000	2000	0
TAMAÑO	8	8	8

F=80.79

P=0.00

P<0.05

La Tabla N°. 6 Según el análisis de la varianza (F=80.79) se demostró que existe diferencia estadística significativa entre la carga bacteriana en diferentes fuentes del río Socabaya (P<0.05).

Asimismo se observa que la presencia promedio de la media aritmética, el promedio de la desviación estándar, el promedio de la varianza y el punto máximo y mínimo para de las bacterias analizadas como índice de calidad microbiológica en agua del río Socabaya, en diferentes fuentes de muestreo. Hallándose que para *Escherichia coli* el promedio de la media aritmética fue de 313, el promedio de la desviación estándar fue de 203, el promedio de la varianza fue de 41250, se detalla también que el máximo punto de muestra fue de 600 UFC/100 ml y el punto mínimo de muestra fue de 0 UFC/100 ml. Para Coliforme totales el promedio de la media aritmética fue de 7938 UFC/100 ml, el promedio de la desviación estándar fue de 5662, el promedio de la varianza fue de 32062679, se detalla también que el máximo punto de muestra fue de 18400 UFC/100 ml y el punto mínimo de muestra fue de 2000 UFC/100 ml. Y para Mesófilos aerobios totales el promedio de la media aritmética fue de 564750 UFC/100 ml, el promedio de la desviación estándar fue de 176339, el promedio de la varianza fue de 31095357143, se detalla también que el máximo punto de muestra fue de 761000 UFC/100 ml y el punto mínimo de muestra fue de 221000 UFC/100 ml.

Tabla N° 7. Comparaciones Múltiples Por Grupo

Grupos	Media	Tukey
<i>E. coli</i>	313	a
Coliformes totales	7938	a
Mesófilos aerobios totales	564750	b

Para determinar entre todas las fuentes analizadas se evidencia diferencias o semejanzas en cuanto a las UFC de las bacterias indicadoras de contaminación, realizando la prueba de Tukey para cada estudio se determinó que las UFC/100 ml de cada muestra está por encima de los límites máximos permisibles de parámetros microbiológicos y parasitológicos, del Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano DS N° 031-2010-SA.

Según la prueba de Tukey se muestra que la presencia de Mesófilos aerobios totales presenta mayor diferencia con respecto a las bacterias de *Escherichia coli* y Coliformes totales.

Araujo (2017) en su investigación denominado, “Determinación del nivel de contaminación microbiológica en aguas de consumo humano en el sector Sequia Alta, Santa Bárbara, Huancavelica – 2017”. Estuvo conformada por 3 muestras de agua para determinar bacterias Coliformes totales. Los resultados para la primera muestra fueron 4 UFC/100 ml, para la segunda muestra fueron 2 UFC/100 ml y para la tercera muestra fueron de 1 UFC/100 ml. Todas las muestras superan los límites máximos permisibles por el reglamento de calidad de agua para el consumo humano. Por el contrario Pinto (2018) en su trabajo denominado “Determinación de la calidad de agua superficial en el río Chili en los sectores de Sachaca, Jacobo Hunter, Tiabaya y Uchumayo para uso de riego de vegetales y bebida de animales en la provincia de Arequipa – 2018”. Realizó una metodología cualitativa y cuantitativa en temporada húmeda en los meses de enero, febrero, marzo y en temporada seca para los meses de julio, agosto, septiembre, donde sus resultados obtenidos para ambas temporadas están por debajo según indican en los Estándares de Calidad Ambiental de Agua.

5. CONCLUSIONES

1. Tras el análisis la parte experimental de laboratorio se identificó la presencia de *Escherichia coli* en unidades formadoras de colonia (U.F.C) en 7 de 8 lugares muestreados. El mayor recuento observado fue en el octavo punto de muestra con 600 UFC/100 ml, y siendo el de menor recuento el séptimo punto de muestra, con 0 UFC/100 ml, teniendo como promedio general 313 UFC/100 ml. A partir de estos resultados se puede concluir que 7 de 8 lugares muestreados existe una agua de mala calidad ya que estos puntos superan los límites máximos permisibles de parámetros microbiológicos y parasitológicos, en donde se establece que 0 UFC/100 ml es el límite máximo permisible para *Escherichia coli*
2. En el procedimiento experimental de laboratorio se encontró la presencia de Coliformes totales en unidades formadoras de colonia (U.F.C) en todos los ocho puntos muestreados, el mayor recuento observado fue en el primer punto de muestreo, con 18400 UFC/100 ml, y siendo de menor el recuento en la séptima muestra, con 2000 UFC/100 ml, teniendo como promedio general 7938 UFC/100 ml. A partir de estos resultados se puede concluir que todos los lugares de muestreo existe una agua de mala calidad ya que estos puntos superan los límites máximos permisibles de parámetros microbiológicos y parasitológicos, en donde se establece que 0 UFC/100 ml es el límite máximo permisible para Coliformes totales.
3. Tras el análisis de laboratorio se encontró la presencia de Mesófilos aerobios totales en unidades formadoras de colonia (U.F.C) en todos los 8 puntos muestreados, siendo mayor el recuento en el primer punto de muestra, con 761000 UFC/100 ml, y siendo menor el recuento en el séptimo punto de muestra, con 221000 UFC/100 ml, teniendo como promedio general 564750 UFC/100 ml. A partir de estos resultados se puede concluir que todos los lugares de muestreo existe una agua de mala calidad ya que estos puntos superan los límites máximos permisibles de parámetros microbiológicos y parasitológicos, en donde se establece que 500 UFC/100 ml es el límite máximo permisible para Mesófilos aerobios totales.

4. Tras el análisis estadístico, se llegó a la conclusión que entre los 8 lugares muestreados la presencia de Mesófilos aerobios totales fue superior con relación a las bacterias Coliformes totales y *Escherichia coli*. Este elevado recuento se debe por los restos de residuos desechados a la cuenca del río. Y así podemos concluir que estos puntos exceden el valor máximo, no cumpliendo con los estándares para ser destinada al riego de vegetales y para bebida de animales.



6. RECOMENDACIONES

1. De acuerdo a los resultados obtenidos en la investigación es necesario implementar planes y plantas de tratamiento de aguas residuales, para reducir las cargas bacterianas tanto de *Escherichia coli*, Coliformes totales y Mesófilos aerobios totales.
2. Se recomienda continuar con estudios de investigación relacionadas a la calidad de agua en otros recursos hídricos de la ciudad de Arequipa y en diferentes épocas del año.
3. Se recomienda que los efluentes descargados en los sectores de los distritos Socabaya y Jacobo Hunter deben de cesar, ya que son una fuente de contaminación para el río Socabaya
4. Se recomienda evitar el uso del agua del río Socabaya para regar plantas de tallo corto y para bebida de animales, ya que al encontrarse en mala calidad pueden ser causantes de infecciones en la población.
5. Se recomienda dar a conocer los resultados obtenidos de esta investigación a las diferentes identidades como a la municipalidad distrital de Socabaya, municipalidad distrital de Jacobo Hunter, municipalidad provincial de Arequipa, gobierno regional y promotores de la salud, con la finalidad de involucrar a tener una participación activa sobre la problemática ambiental que está incidiendo en la calidad de agua del río Socabaya.
6. Así mismo se recomienda fomentar más cuidado del río Socabaya, de modo tal que despierte una iniciativa de conciencia ambiental que permita identificarse con el problema y que se tenga la responsabilidad de cuidar este recurso hídrico

7. BIBLIOGRAFÍA

1. Avila de Navia SL, Estupiñán Torres SM. Calidad sanitaria del agua de la ciénaga Mata de Palma en el Departamento del Cesar, Colombia. Nova (Bogotá). 2009 Enero-Junio; VII(11).
2. Hidalgo Valdivia A. Características fisicoquímicas y microbiológicas del agua para abastecimiento del distrito de La Joya, Arequipa 2013. [Tesis doctoral] ed. Arequipa: Universidad Católica de Santa María; 2013.
3. Chong Renfigo A. Evaluación de la calidad del agua subterránea en el centro poblado menor La Libertad, distrito de San Rafael, provincia de Bellavista, región San Martín - Perú. [Tesis de maestría] ed. San Martín: Universidad Nacional de San Martín Tarapoto; 2010.
4. Amado Camargo M. Determinación bacteriológica de la calidad del agua de consumo humano, regadío y bebida a animales del distrito de Majes, provincia de Caylloma, departamento de Arequipa, abril - mayo 2017. [Tesis para título profesional] ed. Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa; 2017.
5. Perez A. Ciencias de la Tierra y Medio Ambientales. [Online].; 2015 [cited 2015 Mayo 20. Available from: <http://ctmalagunas.blogspot.com/2015/05/caracteristicas-de-un-rio.html>.
6. Machaca Villasante L. Determinación de los impactos ambientales producidos por las actividades extractivas de materiales no metálicos para la construcción en el río Socabaya, distrito de Socabaya, Arequipa, 2017. [Tesis para título profesional] ed. Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa; 2017.
7. Cayro Rios B. Niveles de contaminación bacteriana frente a Escherichia coli, coliformes totales y aerobios mesófilos totales en alimento balanceado para pollos de engorde expendido en los centros de venta feria del altiplano, Fátima Arequipa 2013. [Tesis para título profesional] ed. Arequipa: Universidad Católica de Santa María; 2013.
8. Díaz Delgado C. Agua potable para comunidades rurales, reúso y tratamientos avanzados de aguas residuales domésticas RIPDA-CYTED 2, editor. Estado de México: Red Iberoamericana de Potabilización y Depuración del Agua; 2003.
9. Villegas Jiménez V. Análisis físico - químico y microbiológico de aguas envasadas en funda consumidas masivamente en el Cantón Shushufindi, Provincia Sucumbíos variando las condiciones de almacenamiento. [Tesis para título profesional] ed. Quito: Universidad Central del Ecuador; 2013.
10. Olaechea Meneses JI. Calidad microbiológica del agua de consumo de bovinos en dos establos lecheros del distrito de Santa Rita de Sigwas, provincia de Arequipa,

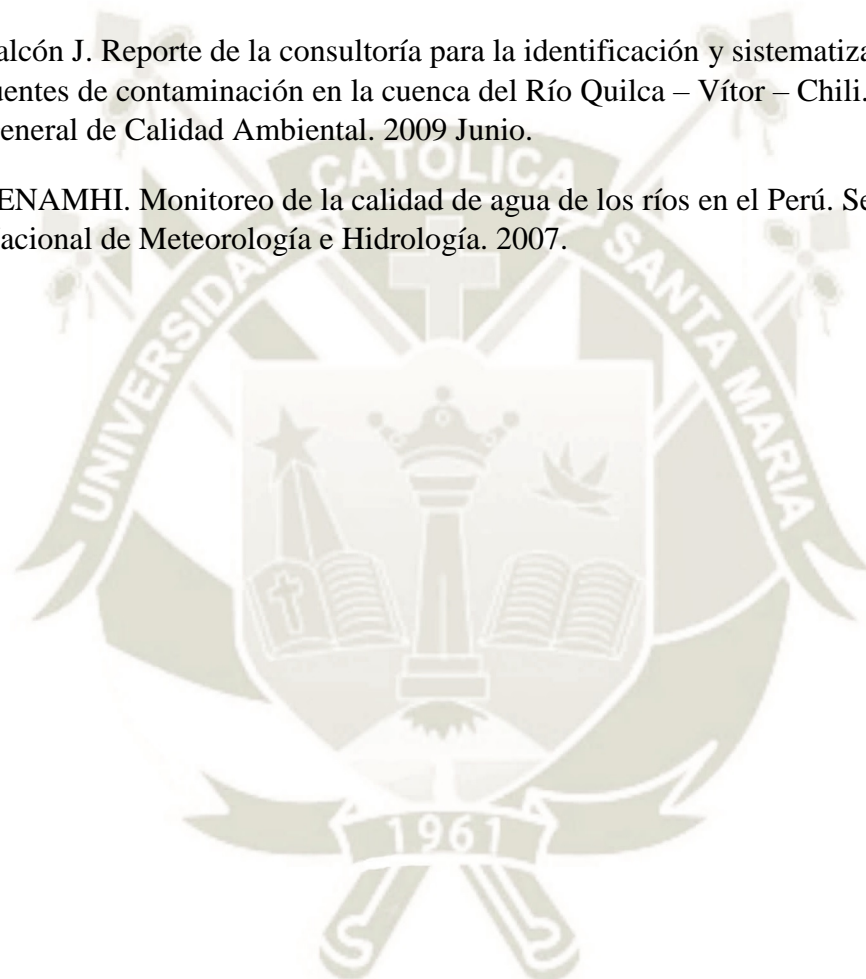
- departamento de Arequipa, 2015. [Tesis para título profesional] ed. Arequipa: Universidad Católica de Santa María; 2015.
11. Aza Paredes ME. Determinación de coliformes totales y fecales del agua potable, del distrito de Chuquibamba, provincia de Condesuyos, Arequipa, entre Abril y Junio del 2018. [Tesis para título profesional] ed. Arequipa: Universidad Católica de Santa María; 2018.
 12. Moposita Chiluiza A. Determinación de coliformes fecales en el agua de consumo humano y su relación con enfermedades diarreicas agudas en los hogares de la parroquia de pasa del Cantón Ambato en el período Diciembre 2014 - Mayo 2015. [Tesis para título profesional] ed. Ecuador: Universidad Técnica de Ambato; 2015.
 13. Málaga Carpio ML. Coliformes Fecales en fuentes de agua para consumo humano del distrito de La Joya. Arequipa, 2018. [Tesis para maestría] ed. Arequipa: Universidad Católica de Santa María; 2019.
 14. De Anda Cárdenas P. Química 2. Primera ed. Comparán Rizo JJ, editor. Jalisco Mexico: Umbral; 2005.
 15. Castro M, Almeida J, Ferrer J, Díaz D. Indicadores de la calidad del agua: evolución y tendencias a nivel global. [Online].; 2014 [cited 2014 Diciembre. Available from: <http://dx.doi.org/10.16925/in.v9i17.811>.
 16. Ríos S, Agudelo R, Gutiérrez L. Patógenos e indicadores microbiológicos de calidad del agua para consumo humano. [Online].; 2017 [cited 2017 Febrero. Available from: 10.17533/udea.rfnsp.v35n2a08.
 17. Compendio de estadísticas ambientales. Indicadores de calidad del agua. [Online].; 2010 [cited 2010. Available from: http://aplicaciones.semarnat.gob.mx/estadisticas/compendio2010/10.100.13.5_8080/ibi_apps/WFServlet28b9.html.
 18. Urgilés P, María C. Determinación del índice de calidad de agua ICA-NSF de los ríos Mazar y Pindilig. [Tesis para título profesional] ed. Cuenca: Universidad de Cuenca; 2016.
 19. Samboni N, Carvajal Y, Escobar J. Revisión de parámetros fisicoquímicos como indicadores de calidad y contaminación del agua. [Online].; 2007 [cited 2007 Diciembre. Available from: <http://www.scielo.org.co/pdf/iei/v27n3/v27n3a19.pdf>.
 20. Sánchez Ramos D. Calidad del agua y su control. [Online].; 2016 [cited 2016 Mayo 11. Available from: http://blog.uclm.es/davidsanchezramos/files/2016/05/11_Calidad-agua-y-control_v2015_resumen.pdf.
 21. Ministerio de Salud. Protocolo de monitoreo de la calidad sanitaria de los recursos hídricos superficiales. [Online].; 2007 [cited 2007 Setiembre 11. Available from:

- [http://www.digesa.minsa.gob.pe/depa/informes_tecnicos/Protocolo-Monitoreo-Calidad-Recursos-Hidricos-Superficiales-\(Continental\).pdf](http://www.digesa.minsa.gob.pe/depa/informes_tecnicos/Protocolo-Monitoreo-Calidad-Recursos-Hidricos-Superficiales-(Continental).pdf).
22. CELEC EP. Metodología procedimiento para la toma de muestras. [Online]. Available from: https://www.celec.gob.ec/transelectric/images/stories/baners_home/EIA/cap42_It_santo_domingo_esmeraldas.pdf.
 23. Machand Pajares EO. Microorganismos indicadores de la calidad del agua de consumo humano en lima metropolitana. [Tesis para título profesional] ed. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos; 2002.
 24. Universidad Nacional Autónoma de México. Tecnicas para la enumeracion de microorganismos. [Online].; 2018 [cited 2018. Available from: http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/P7CuantificacionDeMicroorganismos_21746.pdf.
 25. Sotomayor Cobos JP. Análisis de la concentración de microorganismos en el agua para consumo humano, en San Cristóbal, Provincia de Galápagos - Ecuador. [Tesis para título profesional] ed. Quito: Universidad San Francisco de Quito; 2014.
 26. Quinn PJ, Markey BK, Leonard FC, FitzPatrick ES, Fanning S, Hartigan PJ. Microbiología y enfermedades infecciosas veterinarias. Segunda ed. Zaragoza España: Acribia; 2005.
 27. Gutiérrez M, Sánchez C. Detección y caracterización de Escherichia coli patógeno en carne de pollo por reacción en cadena de la polimerasa. [Tesis para título profesional] ed. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos; 2017.
 28. Benvenuto Vargas VP. Determinación de Escherichia coli enteropatógena (ECEP) en agua de mar del Circuito de Playas de la (ECEP) en agua de mar del Circuito de Playas de la Costa Verde. [Tesis para título profesional] ed. Lima: Universidad Ricardo Palma; 2017.
 29. Forsythe S. Alimentos Seguros Microbiología. Primera ed. Malaga España: Acribia, S.A.; 2003.
 30. Quinn P, Markey B, Leonard F, Fitzpatrick E, Fanning S, Hartigan P. Microbiología y enfermedades infecciosas veterinarias. Segunda ed. Chichester: Acrabia, S.A.; 2018.
 31. Troncoso Vargas HA. Valoración del cultivo de Bixa orellana (Achiote) evaluando su actividad antibacteriana, concentración bactericida mínima in vitro de los extractos acuoso y etanolico de hojas y corteza frente al crecimiento de Escherichia coli, Klebsiella. Arequipa 2013. [Tesis para título profesional] ed. Arequipa: Universidad Católica de Santa María; 2013.
 32. Navarro R, Maria O. Determinación de Escherichia coli y Coliformes totales en agua por el método de filtración por membrana en agar Chromocult. [Online].;

- 2007 [cited 2007 Agosto 30. Available from:
<http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/Coliformes+totales+y+E.+coli+en+Agua+Filtraci%C3%B3n+por+Membrana.pdf/5414795c-370e-48ef-9818-ec54a0f01174>.
33. Astuvilca Cupe CR. Detección de Escherichia coli O157:H7 en canales bovinas de camales de Lima. [Tesis para título profesional] ed. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos; 2015.
34. Avila K, Ramos A. Evaluación de la calidad microbiológica de las vísceras (hígado y pulmón) de bovino para consumo, expendidos en el mercado modelo de Huancayo. [Tesis para título profesional] ed. Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Perú; 2013.
35. Camacho A, Giles M, Ortegón A, Palao M, Serrano B, Velázquez O. Método para la determinación de bacterias coliformes, coliformes fecales y Escherichia coli por la técnica de diluciones en tubo múltiple (número más probable o NMP). [Online].; 2009 [cited 2009. Available from:
http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/TecnicBasicas-Colif-tot-fecales-Ecoli-NMP_6529.pdf.
36. Choquenaira Quispe KY. Determinación cuantitativa de Escherichia coli, Coliformes Totales y Enterobacterias como indicadores de la calidad microbiológica en chorizo expedido en los centros de abastos El Palomar, San Camilo y el mercado mayorista de Río Seco Alexander Mobba. [Tesis para título profesional] ed. Arequipa: Universidad Católica de Santa María; 2017.
37. Vilca Vargas LK. Evaluación de la presencia de coliformes en el agua de las botellas en unidades dentales utilizada por alumnos del décimo semestre en la clínica de la U.C.S.M 2014. [Tesis para título profesional] ed. Arequipa: Universidad Católica de Santa María; 2015.
38. CYTED. Indicadores de contaminación fecal en aguas. [Online].; 2013 [cited 2013. Available from: <https://revista.cnic.edu.cu/revistaCB/articulos/bacterias-indicadoras-de-contaminaci%C3%B3n-fecal-en-la-evaluaci%C3%B3n-de-la-calidad-de-las-aguas>.
39. Comblence LL. Alimentos y bebidas: sanidad e higiene en su servicio. Primera ed. Mexico: Compañía editorial continental; 1992.
40. Carrillo E, Lozano A. Validación del método de detección de coliformes totales y fecales en agua potable utilizando agar chromocult. [Tesis para título profesional] ed. Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana; 2008.
41. Orellana Meza AP. Evaluación de la calidad microbiológica de la hamburguesa elaborada con carne de pollo distribuida en supermercados, Arequipa - 2013. [Tesis para título profesional] ed. Arequipa: Universidad Católica de Santa María; 2013.

42. Paredes Peralta AP. Implementación del protocolo para la determinación de coliformes totales y E. coli en agar Chromocult para la asociación municipal de acueductos comunitarios AMAC. [Tesis de para título profesional] ed. Pereira: Universidad Tecnológica de Pereira; 2014.
43. Gorostiaga E. Interacción del suplemento selectivo E. coli/coliformes con filtros de membrana. [Online].; 2019 [cited 2019. Available from: <https://www.ielab.es/sites/default/files/Gipuzkoa>.
44. Instituto de Hidrología MyEA. Determinación de Escherichia coli y Coliformes totales en agua por el método de filtración por membrana en agar Chromocult. [Online].; 2007 [cited 2007 Agosto 30. Available from: <http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/Coliformes+totales+y+E.+coli+en+Agua+Filtraci%C3%B3n+por+Membrana.pdf/5414795c-370e-48ef-9818-ec54a0f01174>.
45. Millipore M. Chromocult agar para coliformes. [Online].; 2014 [cited 2014. Available from: http://www.merckmillipore.com/PE/es/product/Coliform-Agar,MDA_CHEM-110426.
46. Britania. Nutritivo Agar. [Online].; 2015 [cited 2015 Noviembre. Available from: https://www.britanialab.com/back/public/upload/productos/upl_5a28446b169d8.pdf.
47. Hernández Peñaranda A, Alfaro Álvarez L, Arrieta Calvo R. Microbiología industrial. Primera ed. San José Costa Rica: Universidad Estatal a Distancia; 2003.
48. Reyes D. Agar Nutritivo. Fundación Universitaria de Popayán. 2014 Junio.
49. González C, Torrico G, Medina M. Medios de cultivo en un laboratorio de Microbiología. [Online].; 2012 [cited 2012. Available from: <https://libroslaboratorio.files.wordpress.com/2012/09/medios-de-cultivo-en-un-laboratorio-de-microbiologc3ada.pdf>.
50. Pinto Paredes MA. Calidad de agua superficial en el Rio Chili – en los sectores de Sachaca, Jacobo Hunter, Tiabaya y Uchumayo para uso de riego de vegetales y bebida de animales en la provincia de Arequipa. [Tesis para título profesional] ed. Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa; 2018.
51. Velarde Paz BG. Índice de calidad de agua superficial del rio Chili en el sector de Sachaca – Tiabaya – Huayco. [Tesis para título profesional] ed. Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa; 2016.
52. Arroyo Aguilar EY. Determinación de la calidad bacteriológica de las aguas del rio Chili, durante los meses de marzo-mayo, Arequipa 2019. [Tesis para título profesional] ed. Arequipa: Universidad Nacional San Agustín de Arequipa; 2019.
53. Tejada Pacheco FS. Análisis bacteriológico de la calidad del agua de consumo humano y regadío del distrito de Santa Rita de Siguan, provinciade Arequipa,

- Setiembre del 2014. [Tesis para título profesional] ed. Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa; 2014.
54. Araujo Cahuana R. Nivel de contaminación microbiológica en agua de consumo humano en el sector sequia alta, santa bárbara, Huancavelica - 2017. [Tesis para título profesional] ed. Huancavelica: Universidad Nacional de Huancavelica; 2017.
55. Fernández de Vizcardo I. Contaminación del río Chili, en Arequipa, durante los años 1972 a 1982 y 1999 a 2004. Universidad Alas Peruanas. 2006 Diciembre; VII.
56. Falcón J. Reporte de la consultoría para la identificación y sistematización de fuentes de contaminación en la cuenca del Río Quilca – Vítor – Chili. Dirección General de Calidad Ambiental. 2009 Junio.
57. SENAMHI. Monitoreo de la calidad de agua de los ríos en el Perú. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología. 2007.



8. ANEXOS

ANEXO N°1: UBICACIÓN DE LAS ZONAS DE ESTUDIO



Fuente: Google Mapas, 2019



ANEXO N° 2: TRAYECTORIA DEL RÍO SOCABAYA



Fuente: repositorio.unsa.edu.pe

**ANEXO N° 3: LABORATORIO DEL FUNDO LA BANDA - HUASACAHE DE
LA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA**



Fuente: Google Mapas, 2019



ANEXO N° 4: FOTOGRAFÍAS DE RECOLECCIÓN DE MUESTRAS



FOTO N° 01:

Recolección de muestra de agua de río en el punto de muestreo 01.

FOTO N° 02:

Trasvasado del contenido de agua del río al primer frasco estéril de pyrex de 1000 ml.



FOTO N° 03:

Rotulado de la muestra N°1, para su posterior análisis de laboratorio.

FOTO N° 04:

Recolección de muestra de
agua en el punto de muestreo
N° 02.



FOTO N° 05:

Trasvasado del contenido de
agua del río al segundo frasco
estéril de pyrex de 1000 ml.

FOTO N° 06:

Rotulado de la muestra N°2
para su posterior análisis de
laboratorio.





FOTO N° 07:

Recolección de muestra de agua en el punto de muestreo N° 03.

FOTO N° 08:

Trasvasado del contenido de agua del río al tercer frasco estéril de pyrex de 1000 ml.



FOTO N° 09:

Rotulado de la muestra N°3 para su posterior análisis de laboratorio.

FOTO N° 10:

Recolección de muestra
de agua en el punto de
muestreo N° 04.



FOTO N° 11:

Trasvasado del contenido de
agua del río al cuarto frasco
estéril de pyrex de 1000 ml.

FOTO N° 12:

Rotulado de la muestra N°4
para su posterior análisis de
laboratorio.





FOTO N° 13:

Recolección de muestra de agua en el punto de muestreo N° 05.

FOTO N° 14:

Trasvasado del contenido de agua del río al quinto frasco estéril de pyrex de 1000 ml.



FOTO N° 15:

Rotulado de la muestra N°5 para su posterior análisis de laboratorio.

FOTO N° 16:

Recolección de muestra de agua en el punto de muestreo N° 06.



FOTO N° 17:

Trasvasado del contenido de agua del río al sexto frasco estéril de pyrex de 1000 ml.

FOTO N° 18:

Rotulado de la muestra N°6 para su posterior análisis de laboratorio.





FOTO N° 19:

Recolección de muestra de agua en el punto de muestreo N° 07.

FOTO N° 20:

Trasvasado del contenido de agua del río al séptimo frasco estéril de pyrex de 1000 ml.



FOTO N° 21:

Rotulado de la muestra N°7 para su posterior análisis de laboratorio.

FOTO N° 22:

Recolección de muestra de
agua en el punto de muestreo
N° 08.



FOTO N° 23:

Trasvasado del contenido de
agua del río al octavo frasco
estéril de pyrex de 1000 ml.

FOTO N° 24:

Rotulado de la muestra N°8
para su posterior análisis de
laboratorio.



FOTO N° 25:

Punto medio de la recolección de muestras. Fue el puente del Fundo de Huasacache, de la Universidad Católica de Santa María.



FOTO N° 26:

Como materiales de campo utilizamos una caja térmica para todas las muestras colectadas se almacén refrigeradas a una temperatura de $6^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$.

FOTO N° 26:

Como materiales de campo utilizamos gel refrigerante. Para la conservación de las muestras de agua.



ANEXO N°5: FOTOGRAFÍAS DEL SEMBRADO DE LAS BACTERIAS



FOTO N° 27

Desinfección de la mesa de laboratorio.

FOTO N° 28

Materiales de laboratorio:

Medios Chromocult coliforme ES, agar nutritivo, micropipeta de 1000 ul, tips azules de 1 ml, tubos de falcon de 15 ml, agua estéril, alcohol al 70% y muestras de agua de río.



FOTO N° 29:

Acople la punta de pipeta (tips azul) a la micropipeta de 1000 ul.

FOTO N° 30:

Transferencia de 1ml de agua
al agar.



FOTO N° 31:

Distribución del inocuo en
toda la superficie del agar.



FOTO N° 32:

Dilución de la muestra de agua
de río en agua estéril.





FOTO N° 33:

Mezclado de la muestra de agua de río en agua estéril.

FOTO N° 34:

Pipeteado de las muestras en los tubos de falcon de 15 ml.



FOTO N° 35:

Transferencia de 1 ml de la muestra diluida al agar.



FOTO N° 36:

Distribución del inocuo en
toda la superficie del agar.



FOTO N° 37:

Placas en forma invertida para
su posterior incubación en la
estufa.

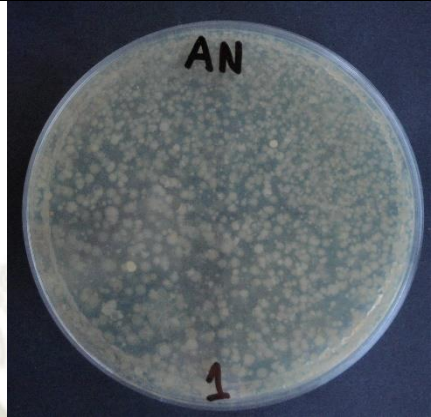
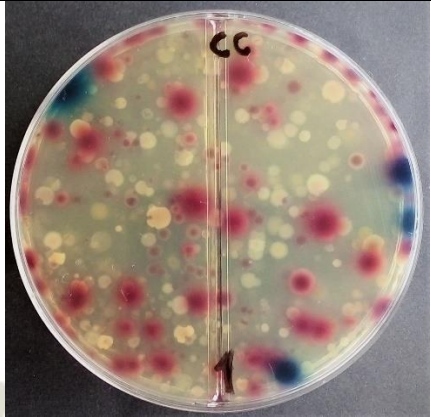
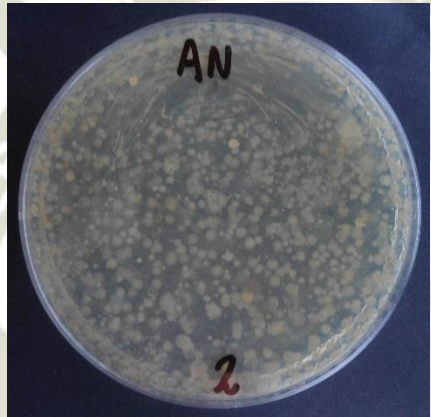
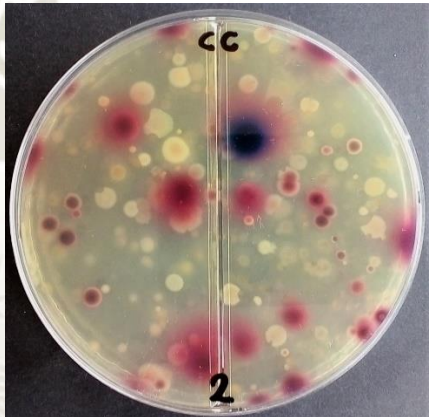
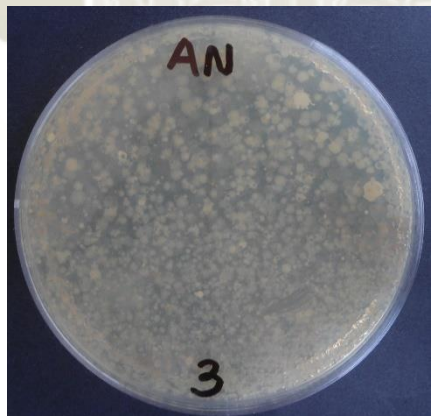
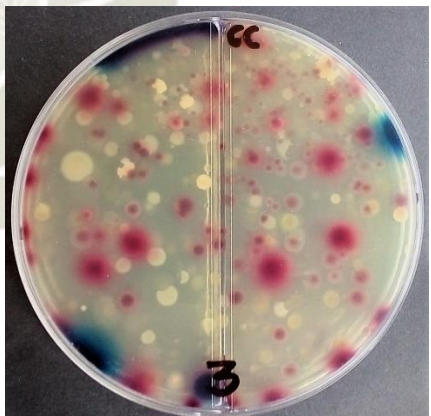
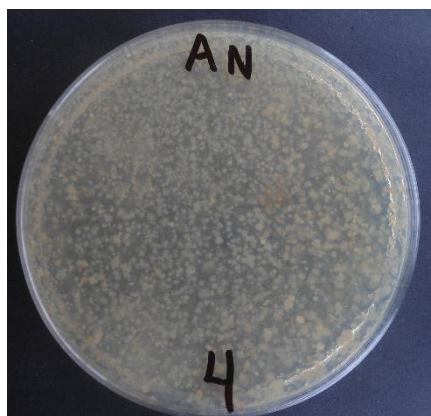
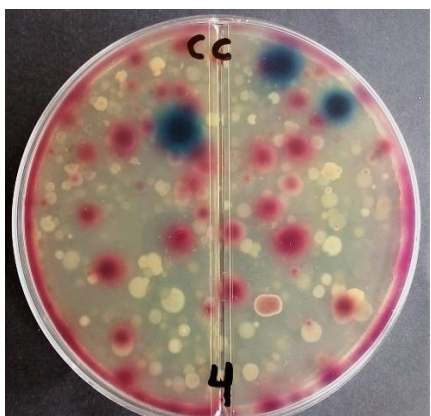


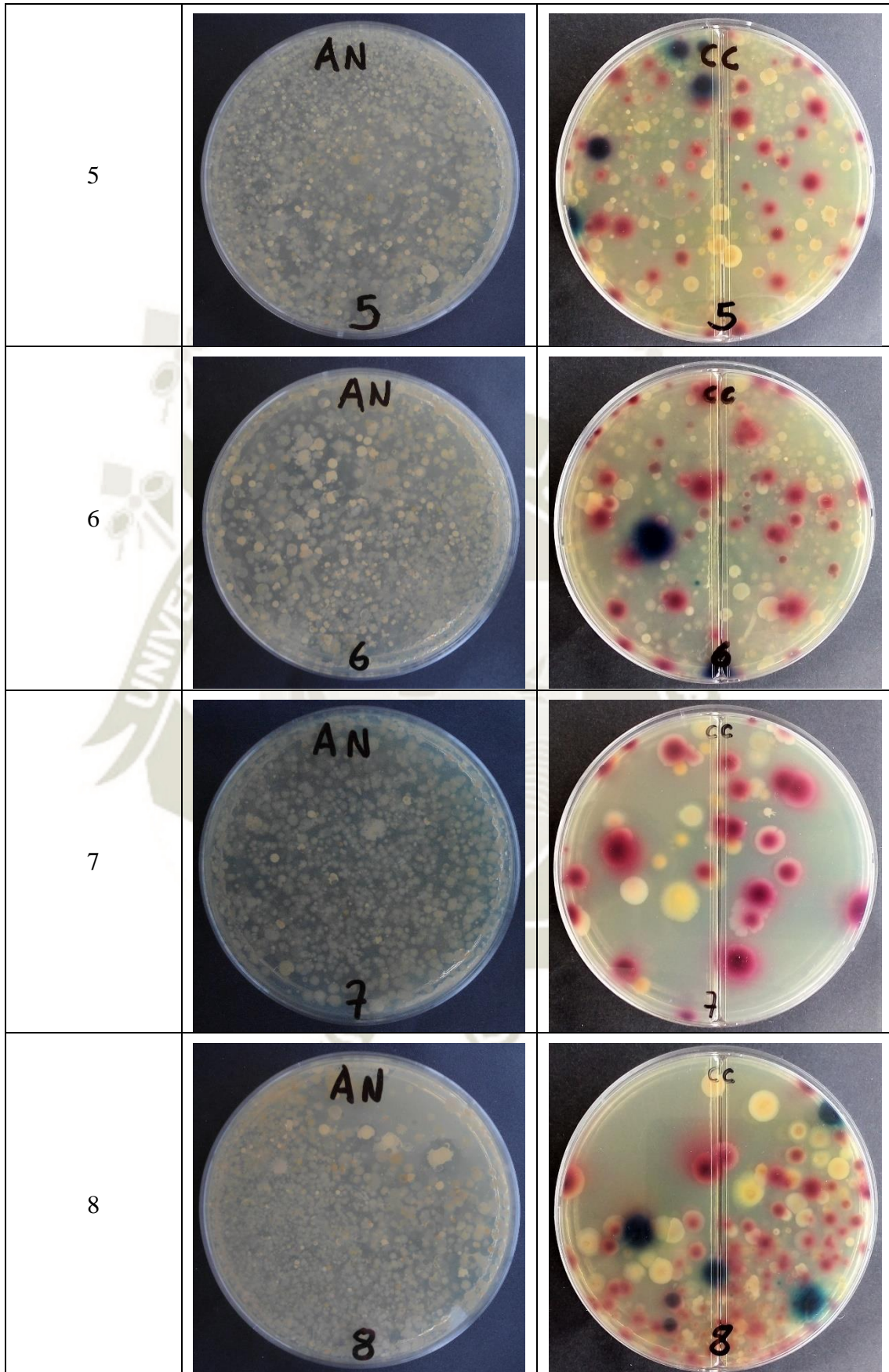
FOTO N° 38:


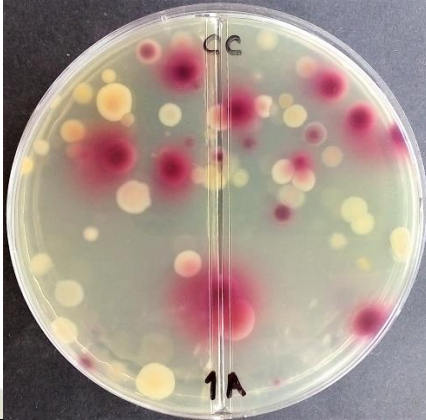
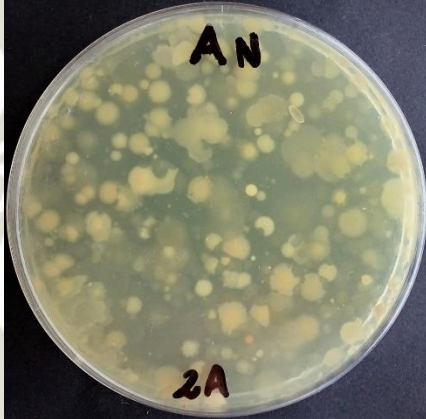

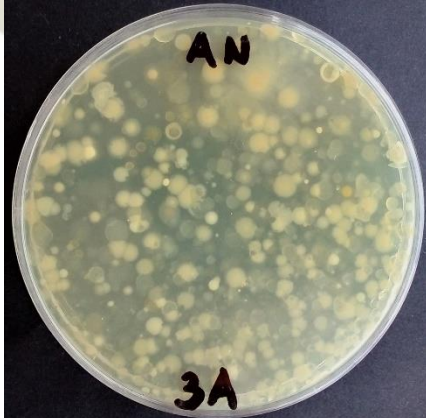
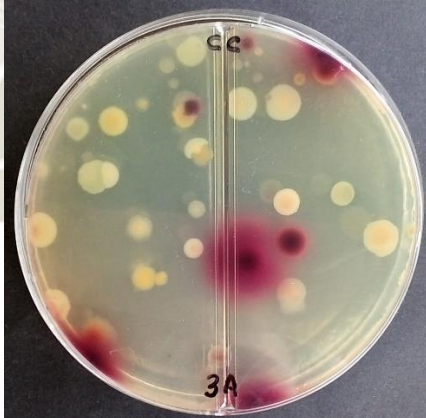
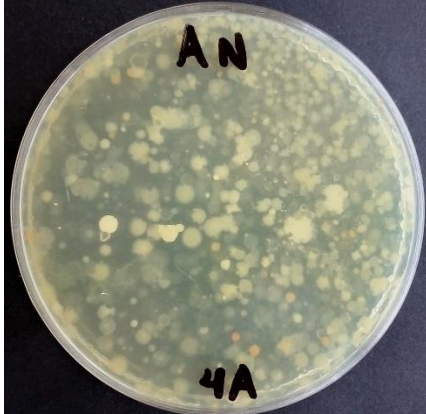
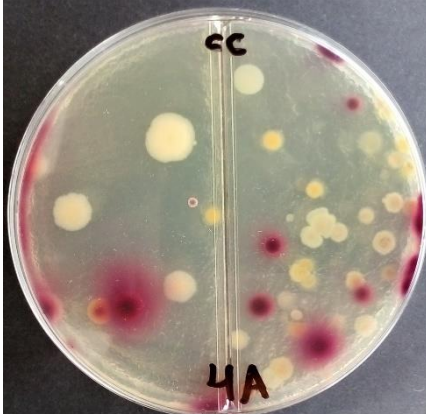
Secado de las placas e
incubación en la estufa por
24 horas.

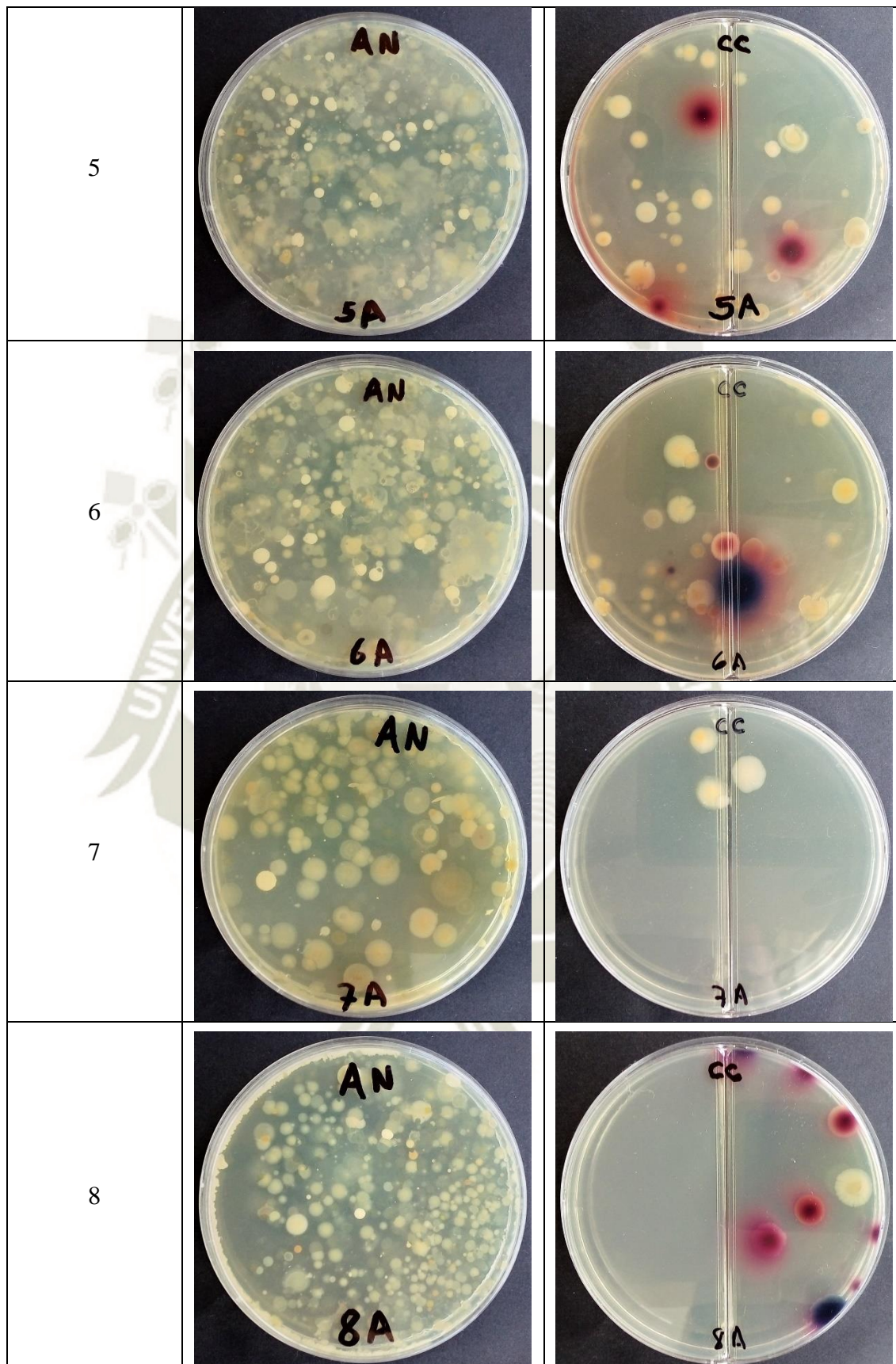


ANEXO 6: FOTOGRAFÍAS DE UNIDADES FORMADORAS DE COLONIAS

Lugar de muestreo	Medios de cultivo	
	Agar nutritivo	Chromocult coliforme ES
1		
2		
3		
4		



Lugar de muestreo	Medios de cultivo diluidos	
	Agar nutritivo	Chromocult coliforme ES
1		
2		
3		
4		



ANEXO N° 7: ORDEN DE USO DE LABORATORIO



Universidad Católica
de Santa María

AREQUIPA-PERÚ

(51 54) 382038 <http://www.ucsm.edu.pe> [facebook.com/ucsm.edu.pe/](https://www.facebook.com/ucsm.edu.pe/)

ORDEN DE USO DE LABORATORIO

UCSM-COORD.LAB N° : 049-COOR. LAB. – 2019

EXPEDIENTE : s/n

CORNEJO GUTIERREZ JOSE LBERTO

Arequipa, 2019 octubre 30

Pase a los Asistentes de Laboratorio:

Srta. Mónica Galvez P.

Se autoriza el uso del Laboratorio, L-1,
Al señor indicado, a fin de que desarrolle su proyecto de investigación titulado
"CALIDAD MICROBIOLÓGICA DEL AGUA DEL RIO SOCABAYA MEDIANTE EL
RECUENTO DE Escherichia coli, COLIFORMES TOTALES Y MESOFILOS
AEROBIOS TOTALES, EN LOS DISTRITOS DE SOCABAYA Y JACOBO
HUNTER AREQUIPA 2019" previa coordinación de horario.

Desde 06. 11. 2019 Hasta 07- 11- 2019

Horario: de 07:00 - 14:00 Horas

Atentamente,

GVC/C (e) LyG
Rtr

P. Gladys Valdivia C.
Dra. JESÚS MARÍA ZAMBRANO SALAS DE CALLE
COORDINADORA DE LABORATORIOS
Y CABINETES
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA